

**Gestão da Energia Elétrica numa Unidade Hoteleira
de 5 Estrelas da Cidade de Lisboa**

Daniel Velez Ventura

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão da Energia

Orientador: Prof. Carlos Augusto Santos Silva

Júri

Presidente: Prof. José Manuel Costa Dias de Figueiredo

Orientador: Prof. Carlos Augusto Santos Silva

Vogal: Dr. Armando Teófilo dos Santos Pinto

Junho 2018

Abstract

The buildings sector in Europe is the largest primary energy-consuming sector (40%) and an equally important source of CO₂ emissions (32%) in Europe. The main focus of European Union is to improve energy efficiency in hole sector: residential buildings, public administration, offices and commercial buildings. Within all categories of buildings, hotel industry presents 12% of energy consumption. The goal of this study is to provide efficient energy managing strategies to a five-star hotel unit located in Lisbon without influencing the comfort and service quality.

All the data was provided by hotel unit and used for forecasting, in order to predict the following day energy consumption necessity. Data includes daily energy consumption, hourly temperature in the city of Lisbon and monthly occupancy, from 2013 to 2017, which results in 1.795 observations for each variable. All this data is optimized to provide the study more precision.

Through MatLab software, are developed four forecast models: ARIMA, MLR, kNN and SVR which estimated consumption values for the following day and month. For the next, the MLR model unexpectedly had greater accuracy and less error.

Keywords: Energy management in hospitality; Forecasting for energy consumption;

Resumo

Um dos sectores nos quais a União Europeia (EU) foca mais a sua atenção é o sector dos edifícios, pois o conjunto de todo o sector (edifícios residenciais, administração pública, escritórios e comerciais) representa uma grande percentagem do consumo de energia primária (40%) e das emissões de CO₂ (36%). Dentro de todas as categorias de edifícios, a indústria hoteleira representa 12% do consumo energético. O objetivo principal deste estudo é fornecer estratégias de gestão de energia eficientes ao hotel de cinco estrelas da cidade de Lisboa, sem influenciar a qualidade do serviço nem conforto dos hóspedes.

Todos os dados foram fornecidos pela unidade hoteleira em estudo e utilizados para a previsão de consumos elétricos do dia seguinte. São estudados dados diários de consumos elétricos, temperatura hora a hora da cidade de Lisboa e ocupação mensal, de 2013 até 2017, o que resulta em 1.795 observações para cada variável. Toda esta informação é otimizada para uma maior precisão dos modelos de previsão.

Através do software MatLab, são desenvolvidos quatro modelos de previsão: ARIMA, MLR, kNN e SVR que estimam o consumo para o dia seguinte e o mês seguinte. Para o dia seguinte, o modelo MLR obteve inesperadamente a maior precisão e menor erro.

Palavras chave: Gestão de energia elétrica nos hotéis; previsão de consumos de energia;

Índice

1	Introdução	1
1.1	Contexto	1
1.2	Unidade Hoteleira em Estudo	2
1.3	Objetivos e Âmbito	2
1.4	Metodologia	3
1.5	Estrutura do Documento	4
2	Energia no sector hoteleiro	5
2.1	Classificação e Características do sector hoteleiro	5
2.2	A Energia na Indústria Hoteleira	6
2.3	Padrão energético dos hotéis de Lisboa.....	7
2.3.1	Certificação energética	9
2.3.2	Sistemas Energéticos	10
2.3.3	Parâmetros que influenciam a escolha de sistemas energéticos.....	11
2.4	Gestão da energia no sector da hotelaria.....	12
2.4.1	Redução das necessidades térmicas	12
2.4.2	Eficiência de equipamentos	13
2.4.3	Eficiência do sistema de gestão	13
2.4.4	Energias renováveis.....	14
2.4.5	Previsão de consumos.....	15
3	Previsão de Consumo Elétrico em Edifícios.....	16
3.1	Modelo de Consumo de Energia em Hotel Hipotético.....	16
3.2	Modelo de previsão baseado na exploração de dados	20
3.2.1	Algoritmos de previsão.....	21
3.2.2	Essemble Learning.....	22
3.2.3	Índices de avaliação de desempenho.....	23
3.2.4	Resultados dos modelos.....	24
3.3	Estudo alargado de modelos de previsão.....	25
3.3.1	ARIMA	25

3.3.2	MLR	26
3.3.3	kNN.....	26
3.3.4	SVR	27
4	Análise ao Hotel em Estudo.....	30
4.1	Descrição do Hotel	30
4.2	Equipamentos	32
4.2.1	Ramo de AVAC	32
4.2.2	Ramo da Restauração	34
4.2.3	Ramo da Lavandaria	36
4.2.4	Ramo da Iluminação	36
4.3	Análise de Faturas Elétricas	39
4.4	Ocupação da Unidade Hoteleira	41
4.5	Perfil Diário de Consumo	44
5	Modelo de Previsão	53
5.1	Tratamento de dados	53
5.2	Otimização dos modelos.....	53
5.3	Resultados	55
6	Conclusões.....	58
7	Referências	59
	Anexo I - Desenvolvimento e Implementação do Inquérito.....	65
7.1	Método Delphi	66
7.2	Escala de Likert.....	70
7.3	Formulação dos Questionários	70
7.3.1	Google Forms.....	71
7.3.2	Welphi.....	73
	Anexo II - Apresentação de Resultados.....	77
7.4	Google Forms.....	77
7.5	Welphi.....	79
7.5.1	Ronda 1	80
1)	Certificação energética – Área 1.....	80
2)	Sistemas energéticos – Área 2	81

3) Parâmetros – Área 3	82
7.5.2 Ronda 2.....	84
1) Certificação energética – Área 1.....	84
2) Sistemas energéticos – Área 2.....	84
3) Parâmetros – Área 3.....	85
Anexo III – Conclusões.....	86

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Consumo de energia nos quartos, áreas comuns e total.....	20
Gráfico 2 - Parâmetros do SVR.....	28
Gráfico 3 - Peso de cada ramo em relação às potências	38
Gráfico 4 - Consumos elétricos mensais por ano em estudo	40
Gráfico 5 - Consumo total anual.....	41
Gráfico 6 – Total mensal de quartos ocupados Gráfico 7 – Total mensal de hóspedes	41
Gráfico 8 - Consumo mensal e ocupação mensal de todos os anos.....	42
Gráfico 9 - Consumo anual de energia elétrica e ocupação anual por hóspede	43
Gráfico 10 - Consumo elétrico diário total e do chiller	45
Gráfico 11-Consumo elétrico diário da cozinha e lavanderia.....	46
Gráfico 12 - Consumo elétrico diário do piso -1 e piso 0	51
Gráfico 13- Consumo elétrico real Vs as previsões dos modelos no ano 2017	57
Gráfico 14- Classificação dos hotéis	77
Gráfico 15- Materiais reciclados	78
Gráfico 16- Energias alternativas usadas	79
Gráfico 17 - Certificação de eficiência energética.....	80
Gráfico 18 - Importância do fator eficiência para a poupança energética	82
Gráfico 19 - Importância do fator preço para a poupança energética	82
Gráfico 20 - Importância do fator taxa de retorno para a poupança energética	83
Gráfico 21 - Importância do fator preservação do ambiente para a poupança energética ..	83
Gráfico 22 - Concordância com a redução de custos dos sistemas de eficiência.....	84

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização Hotel Real Palácio	30
Figura 2 - Demonstração do questionário apresentado aos participantes, parte 1/3	71
Figura 3 - Demonstração do questionário apresentado aos participantes, parte 2/3	72
Figura 4 - Demonstração do questionário apresentado aos participantes, parte 3/3	73
Figura 5 - Página de criação do processo.....	75
Figura 6 - Página de gestão de ronda.....	76

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Questões inquérito	8
Tabela 2 - Certificação energética.....	9
Tabela 3 – Performance dos modelos de previsão consumo no dia seguinte.	24
Tabela 4 – Performance dos modelos de previsão procura de pico de ener. no dia seg.....	25
Tabela 5 - Pesos dos modelos base	25
Tabela 6- Áreas de pavimento e pé-direito do hotel	31
Tabela 7 - Características técnicas do chiller.....	32
Tabela 8 - Características técnicas das UTAN/UTA	33
Tabela 9 - Características técnicas dos VC's.....	33
Tabela 10 - Características técnicas das unidades do tipo "split".....	34
Tabela 11 - Caudais de ar novo e extração por zonas	34
Tabela 12 – Eletrodomésticos, zona de restauração	35
Tabela 13 - Equipamentos do Show Cooking	35
Tabela 14 - Equipamentos de conservação de alimentos confeccionados.....	35
Tabela 15 - Características técnicas das máq. de lavar loiça.....	36
Tabela 16 - Características técnicas dos equipamentos da lavandaria.....	36
Tabela 17 - Iluminação exterior	37
Tabela 18 - Iluminação interior	37
Tabela 19 – Horários de ciclo semanal opcional.....	39
Tabela 20 - Média dos consumos por quarto e pessoa	43
Tabela 21 - Avaliação da previsão para 30% dos dados de entrada	55
Tabela 22 - Avaliação da previsão para 1 dia seguinte	56
Tabela 23- Avaliação da previsão para o mês seguinte	56
Tabela 24 - Sistemas energéticos ronda 1	81
Tabela 25 - Certificação de eficiência energética	84
Tabela 26 - Sistemas energéticos ronda 2.....	84
Tabela 27 - Parâmetros	85
Tabela 28 – Conclusão certificação energética	86
Tabela 29 - Conclusão sistemas energéticos	87

Lista de Acrónimos

PIB - Produto Interno Bruto

NZEB - *Nearly Zero Energy Buildings* (edifícios com necessidades quase nulas de energia)

EU - União Europeia

GEE - Gases de Efeito de Estufa

PANEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNAER - Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

ADENE - Agência Nacional de Energia

AQS - Águas Quentes Sanitárias

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

AC - Ar Condicionado

VC - Ventiloinvectores

VAV - Volume de Ar Variável

UTAN - Unidades de Tratamento de Ar Novo

UTA - Unidades de Tratamento de Ar

CCHP - *Combiend Cooling, Haetingh and Power*

CHP - *Combiend Haetingh and Power*

ER - Energias Renováveis

MPC - *Model Predictive Control*

DR - *Demand Response*

EWKM - *Entropy-Weighted k-Means*

GESD - *Generalized Extreme Studentized Deviate*

RFE - *Recursive Feature Elimination*

LGOCV - *Leave-Group-Out Cross-Validation*

GA - *Genetic Algorithm*

MLR - *Multiple Linear Regression*

ARIMA - *Autoregressive Integrated Moving Average*

SVR - *Support Vector Regression*

RF - *Random Forests*

MLP - *Multi-Layer Perceptron*

BT - *Boosting Tree*

MARS - *Multivariate Adaptive Regression Splines*

KNN - *k-Nearest Neighbors*

RMSE - *Root Mean Square Error*

MAE - *Mean Absolute Error*

MAPE - *Mean Absolute Percentage Error*

ACF - *Autocorrelation Function*

PACF - *Partial Autocorrelation Function*

EDP - *Energias de Portugal*

1 Introdução

1.1 Contexto

Com o crescimento demográfico e intensificação tecnológica, os níveis de consumo energético têm crescido exponencialmente. Tornou-se insustentável o uso excessivo das fontes primárias, maioritariamente de origem fóssil, para obter energia necessária, criando problemas ambientais e económicos. Porém, nos dias de hoje, com a consciencialização e conhecimento deste problema, existe uma forte pressão no sentido da sua resolução.

Os últimos anos ditaram uma forte evolução tecnológica focada em proteger os interesses ambientais, mas com elevados custos de investimento e rendimentos insuficientes para satisfazer todas as necessidades. Para além disso, as novas tecnologias não impedem os níveis elevados de uso de combustíveis fósseis. A solução não passa só pelo desenvolvimento de novas tecnologias de produção, como também pelo desenvolvimento e interiorização de novas práticas e regras para a utilização da energia, de forma a reduzir os elevados consumos e a dependência de recurso naturais de origem fóssil.

Cada vez mais, um dos grandes problemas com que as empresas se deparam são as elevadas despesas energéticas. Independentemente de conseguirem aplicar uma gestão razoável da energia, as oscilações do preço do petróleo e o conseqüente aumento do custo da energia, provocam o aumento dos custos energéticos. Um dos objetivos das empresas e organizações em geral tem sido implementar uma boa gestão de energia de forma a aumentar a eficiência energética. Dessa forma, alcançam planos energéticos mais baixos aumentando assim, o nível de competitividade no mercado através da redução de custos.

Em Portugal, a atividade do sector turístico representa cerca de 5,8% do produto interno bruto (PIB), o que está acima da média Europeia, que é de 3,1%, e da média mundial que é de 2,9% (World Travel & Tourism Council, 2015). Este facto demonstra que o turismo é um sector muito importante na economia nacional. Apesar da importância face ao PIB, este sector tem demonstrado algumas dificuldades em suportar os elevados custos energéticos, que impedem a obtenção de maiores lucros.

1.2 Unidade Hoteleira em Estudo

O Grupo Hotéis Real foi fundado em 1994 por um grupo de profissionais liderados por João Bernardino, com uma forte aposta na Portugalidade (defesa e enaltecimento dos valores portugueses) e na excelência. Abriram a sua primeira unidade hoteleira no centro de Lisboa (Hotel Real Parque) e atualmente o grupo conta com 9 unidades localizadas entre Lisboa e o Algarve:

- Hotel Real Parque (Lisboa) - 10 de janeiro 1994
- Real Residência (Lisboa) - 25 de março 1997
- Real Bellavista Hotel & Spa (Albufeira, Algarve) - 13 de abril 2002
- Hotel Real Oeiras (Paço de Arcos) - 25 agosto de 2003
- Hotel Real Palácio (Lisboa) - 28 de abril de 2003
- Grande Real Santa Eulália Resort & Hotel Spa (Albufeira, Algarve) - 20 de abril de 2004
- Grande Real Villa Itália Hotel & Spa (Cascais) - 01 de março de 2007
- Real Marina Hotel & Spa (Olhão, Algarve) - 04 de junho de 2010

Para a realização do estudo, sem prejuízo de um levantamento considerável de informação nas diferentes unidades hoteleiras, foi escolhida a unidade Hotel Real Palácio, situada no centro de Lisboa como recetor de todas as conclusões e recomendações. Trata-se de uma unidade hoteleira com duas partes distintas, porém ligadas entre si. A parte mais antiga é um palacete restaurado e adaptado do Século XVII, com 12 quartos; a outra parte é moderna e foi concebida de raiz para o hotel, com 135 quartos. O conjunto perfaz um total de 147 quartos.

1.3 Objetivos e Âmbito

A exigência em padrões de qualidade elevados para os hotéis conduz a um enorme esforço energético, tendo como consequência elevados gastos de energia. Há interesse por parte do Grupo Hotéis Real em alterar este aspeto, através de uma maior eficiência e racionalização do modelo de exploração energética. Atendendo a vários fatores - situação económica mundial, inflação nos preços da energia e a preocupação com o meio ambiente - há que estudar a situação, e conceber uma abordagem sistémica mais sustentável.

Adotar uma gestão mais adequada, como o eliminar desperdícios, alterar comportamentos ou cultivar uma cultura de preservação energética, são vertentes do processo que têm como intuito melhorar a eficiência no Hotel, elevando-o para um patamar de maior maturidade energética e de sustentabilidade.

Assim, o objetivo desta investigação é desenvolver uma ferramenta de apoio à gestão da energia, com base em modelos de previsão de consumos elétricos, para criar possíveis

soluções que elevem a eficiência energética do hotel. Desta forma, é possível dar resposta aos tarifários impostos pela operadora e identificar possíveis problemas no sistema elétrico.

1.4 Metodologia

O primeiro passo consiste na revisão da literatura, na qual examinaram-se vários artigos de modo a compreender o estado da arte ao nível mundial, no que diz respeito à problemática da eficiência energética na hotelaria. As principais palavras-chave utilizadas para a identificação dos artigos foram: “*hotel energy efficiency*”, “*energy management*”, “*NZEB hotels*”, “*model predictive control*”, “*forecasting energy consumption*” e “*hotel sustainability*”, entre outros. Esta pesquisa foi efetuada na internet focando em bases de dados científicas específicas, como Scopus e *Web of Science*. Após a leitura e análise dos artigos, os mesmos foram divididos consoante o interesse e centralidade face à questão de investigação.

Em paralelo, como segundo passo, realizou-se uma pesquisa descritiva, através de inquérito por questionário a 17 hotéis de quatro e cinco estrelas de Lisboa. Esta investigação foi metodologicamente guiada pela utilização de uma ferramenta nova (ainda em desenvolvimento e Beta teste) que implementa o método Delphi, EnoEnergi Welphi. Deste modo foi possível enquadrar e contextualizar o hotel em estudo num padrão de consciencialização energética, que torna possível a definição de procedimentos e políticas adequadas para o mesmo. E foi com base na bibliografia consultada, organizada e filtrada, que se extraiu a informação necessária para orientar um levantamento por inquérito, seguido de algumas entrevistas.

Na terceira etapa, foram analisados dados internos fornecidos pela unidade hoteleira, incluindo faturas de consumos elétricos, a ocupação mensal, levantamento de equipamentos, plantas técnicas e dados de consumo de energia total diária.

A quarta etapa consiste no tratamento dos dados recebidos de forma a desenvolver um método de previsão do consumo energético do dia seguinte.

1.5 Estrutura do Documento

Este trabalho encontra-se assim estruturado em 7 capítulos, sendo o presente capítulo (capítulo 1) a introdução ao tema, ao contexto, aos objetivos e à metodologia do presente projeto.

A revisão de literatura do tema “Eficiência energética nas unidades hoteleiras” abrange os capítulos 2 e 3. No capítulo 2 encontra-se o enquadramento ao setor hoteleiro, as suas características e a classificação das categorias, com o objetivo de esclarecer as exigências impostas aos hotéis, quer por parte da legislação, quer por parte dos consumidores. Realiza-se também uma análise de literatura sobre a energia na indústria hoteleira que inclui vários estudos sobre o tema.

Ainda no capítulo 2 é efetuada a análise dos padrões energéticos dos hotéis de 4 e 5 estrelas da cidade de Lisboa. Esta secção está focada no desenvolvimento e implementação do inquérito por questionário às unidades hoteleiras, com o objetivo de enquadrar a unidade hoteleira em estudo no panorama energético dos hotéis. Refere-se a importância da aplicação Welphi para a realização dos inquéritos utilizando o método Delphi.

Analisa-se também no mesmo capítulo, literatura específica sobre a eficiência energética dos hotéis, referindo a redução das necessidades térmicas, a eficácia de equipamentos e sistemas, tal como, as energias renováveis.

O capítulo 3 inclui a investigação dos métodos de previsão dos consumos de energia em edifícios.

Toda a informação interna fornecida pelo Real Palácio é analisada no capítulo 4. É descrito o levantamento feito aos equipamentos, à análise das faturas de eletricidade e à ocupação mensal. Por fim, é apresentado o perfil diário de consumo total, bem como das áreas/equipamentos mais influentes.

No capítulo 5 é sugerido um modelo de previsão com base na investigação do capítulo 3. Em primeiro lugar os dados são tratados com auxílio das ferramentas Excel e Matlab. De seguida são desenvolvidos vários modelos de previsão no software Matlab que serão classificados através dos parâmetros “Erro” e “Precisão”.

As conclusões e as respetivas limitações, bem como as sugestões para os futuros estudos, estão apresentadas no capítulo 6.

Toda a bibliografia incluída na investigação, encontra-se no capítulo 7.

2 Energia no sector hoteleiro

Um dos sectores nos quais a União Europeia (EU) foca mais a sua atenção é o sector dos edifícios, pois o conjunto de todo o sector (edifícios residenciais, administração pública, escritórios e comerciais) representa uma grande percentagem do consumo de energia (40%) e das emissões de CO₂ (36%). É indispensável melhorar a eficiência energética dos edifícios de forma a ser possível atingir as metas impostas para 2020 e a longo prazo para 2050. Com esse objetivo, a UE desenvolveu a Diretiva 2002/91/CE posteriormente atualizada para a Diretiva 2010/31/EU relativa à eficiência energética do sector edificado. Na altura, a comissão tinha como expectativa o prazo limite de 31 de dezembro de 2020 para que todos os edifícios novos fossem “edifícios com necessidades quase nulas de energia” ou “*nearly zero-energy buildings*” (NZEB) e após 31 de dezembro de 2018, para que todos os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas fossem também eles edifícios NZEB. Estava também previsto o estabelecimento de objetivos e incentivos por parte dos Estados-Membros na transformação dos edifícios remodelados em edifícios NEZB (European Commission, 2013).

Pesquisas realizadas na Europa, mostram que do sector edificado os hotéis e restaurantes representa 11% desse sector, sendo que o uso de energia final representa 12% do total, com um consumo específico de 280 kWh/m² no ano de 2009 (Economidou et al., 2011). Citado por Tsoutsos et al. (2013), três quartos da energia consumida num hotel é referente ao aquecimento dos espaços, produção de água quente, ar condicionado, ventilação e iluminação.

2.1 Classificação e Características do sector hoteleiro

Os hotéis são classificados nas categorias de 1 a 5 estrelas, atendendo a um conjunto de fatores normalmente relacionados com a qualidade do serviço e das instalações. Em Portugal, a classificação é feita de acordo com os requisitos definidos no Anexo I da Portaria n.º 309/2015 de 25 de setembro, através de auditorias realizadas pelo Turismo de Portugal, I.P. aos hotéis. O sistema rege-se por um sistema de pontuação e seguindo requisitos impostos pela legislação e, atribui-se assim uma classificação relacionada com a qualidade da infraestrutura e serviço que esta pode oferecer.

No setor hoteleiro existe uma grande atenção dirigida para a qualidade e o conforto, por razões diretas (satisfação do cliente) e por razões indiretas (obtenção de uma boa classificação). As exigências impostas nestes aspetos, juntamente com a capacidade do edifício, traduz-se, na maior parte das vezes, em grandes consumos de energia, por vezes excessivos e com grandes desperdícios (Wang, 2012).

De acordo com a legislação, o Hotel Real Palácio cumpre todos os requisitos necessários na obtenção da classificação de cinco estrelas na capital portuguesa, que tem atualmente uma grande procura de turismo (Turismo de Lisboa, 2016). Desta forma, as exigências para uma extrema qualidade de serviço e conforto são bastante elevadas. Consequentemente, o hotel em estudo encontra-se dentro da categoria de hotéis com consumos de energia excessivos, segundo o estudo realizado por Wang (2012).

2.2 A Energia na Indústria Hoteleira

De acordo com Mardani et al. (2016), os parâmetros que influenciam os consumos de energia nos hotéis são vários: a geometria do hotel (área útil), o coeficiente de transmissão de calor da estrutura do edifício, a idade, a localização geográfica (condições climáticas), a taxa de ocupação, os serviços prestados, o tipo e a eficiência dos equipamentos (aquecimento, refrigeração, água quente, sistemas de AVAC, cozinha e outros). Para além dos fatores referidos, outro fator a ter em conta está relacionado com as condições que são oferecidas aos hóspedes do hotel.

Segundo Neto (2015), no estudo realizado em hotéis de 4 e 5 estrelas em Portugal, verificou-se que os desempenhos energéticos estão fortemente relacionados com os parâmetros: área útil e taxa de ocupação. Realça no estudo a importância da iluminação e do aquecimento no padrão de consumo energético dos hotéis. A estimativa de quanto o hotel tem de disponibilizar de energia elétrica por cada hóspede é de 32,27 kWh/hóspede, refere o autor.

De um ponto de vista geral, a distribuição do uso de energia típica, em hotéis, é de 31% no aquecimento e 15% no arrefecimento, sendo que estes vetores representam perto de metade do consumo total. Posto isto, os sistemas de AVAC requerem um controlo cuidado no que diz respeito ao calor, frio e ventilação (Mardani et al., 2016). No estudo feito o autor refere que na maioria dos hotéis de 5 estrelas os custos de energia são a segunda maior despesa, a seguir aos salários.

Com níveis elevados de consumo de energia por parte dos hotéis a nível mundial, inerentes às suas atividades operacionais, são levantadas preocupações a nível ambiental. Perante esse problema, vários investigadores analisaram o desempenho dos hotéis em relação ao uso de energia e as respetivas consequências ambientais. Estes estudos têm sido indispensáveis para melhorar os desempenhos energéticos dos hotéis, aplicando práticas operacionais responsáveis e apropriadas.

Önüt & Soner (2008), com base num exame minucioso a 32 hotéis de 5 estrelas na região de Antalya, Turquia, determinaram que o consumo de energia está relacionado com a ocupação. Nessa região, apenas 8 dos 32 hotéis apresentavam consumos eficientes de energia.

Um estudo feito sobre a capacidade de poupança energética nos hotéis da Tunísia, por Khemiri & Hassairi (2005), focando somente nos aspetos inerentes à poupança de energia, indicam a possibilidade de os hotéis tunisianos reduzirem os consumos de energia com a aplicação de apenas duas medidas de conservação, com base em dados recolhidos em 1967, 1996 e 2002: o controlo diário de consumos (eletricidade/água) e controlo dos horários do funcionamento da ventilação através de um sistema centralizado computacional.

No caso de instalações hoteleiras, em que o uso de energia térmica e elétrica representa o maior consumo na realização dos serviços essenciais, a gestão da energia é crucial para atenuar problemas ambientais, diminuir os consumos energéticos e aumentar o crescimento da sustentabilidade nos hotéis. (Mardani et al., 2016)

Em Portugal, o consumo de energia primária nos hotéis varia entre 99 a 445 kWh/m², com um valor médio de 296 kWh/m²/ano valores referentes ao ano de 2001 (Bohdanowicz & Martinac, 2007). Para hotéis de 4 e 5 estrelas o consumo médio de eletricidade foi de 220 e 229 kWh/m²/ano em 1999 (Mather & Ogilvy, 2003). Resultados obtidos mais recentemente, num estudo a 13 unidades hoteleiras de 4 e 5 estrelas, os valores de consumo médio foram de 196 kWh/m²/ano para 5 estrelas e para 4 estrelas de 165,9 kWh/m²/ano. Ainda é referido que, em média os gastos em energia elétrica são de 64% dos consumos totais faturados (Neto, 2015).

2.3 Padrão energético dos hotéis de Lisboa

Para enquadrar a unidade hoteleira em estudo no panorama energético dos hotéis de quatro e cinco estrelas da cidade de Lisboa, foi criada uma análise estruturada que investiga o padrão de comportamento, os valores e as motivações relacionados com eficiência energética. Mais precisamente, os hotéis analisados encontram-se nas mesmas circunstâncias geográficas, climáticas e socioeconómicas do hotel em estudo.

A pesquisa feita neste sentido consistiu na recolha de dados primários através de um inquérito por questionário eletrónico. Este ocorreu especificamente para uma amostra de 17 participantes, compostos por diretores de manutenção ou gestores de energia dos hotéis de quatro e cinco estrelas da cidade de Lisboa.

A angariação dos participantes foi efetuada por meio de três vias: via presencial, telefónica e e-mail. A estrutura do inquérito foi dividida em duas partes distintas. Em primeiro lugar, através da plataforma Google Forms, construiu-se um inquérito com apenas 4 perguntas e no final solicitaram-se os dados do hotel, nome do inquirido e o respetivo contacto. Esta etapa teve como objetivo validar os requisitos básicos dos intervenientes.

Atendendo à necessidade de recolher informação de diversos hotéis e identificar um padrão de comportamento entre os mesmos, recorreu-se à plataforma online Welphi. A aplicação ainda se encontra em desenvolvimento, sendo que no estudo foi utilizada a versão Beta. As principais vantagens desta plataforma é a implementação do método Delphi e permitir criar questionários a vários participantes, que por sua vez, de forma cómoda e acessível, conseguem responder e comunicar, independentemente da sua localização e agenda.

Utilizou-se o método Delphi no decorrer da pesquisa por ser bastante usado e aceite pela a comunidade científica na recolha de dados, através de questionários estruturados com base em escolha múltipla (escala Likert). A técnica Delphi estrutura-se em rondas consecutivas, com o intuito de convergir para um razoável consenso entre os questionados. É um método útil para determinar erros e inconsistências, assim como tendências, de uma forma cientificamente controlada (Ab Latif, Mohamed, Dahlan, & Mat Nor, 2016).

Foram realizadas múltiplas rondas de questões aos participantes até ser atingido um consenso nas respostas. No final de cada uma destas rondas, os participantes recebem notificação dos resultados (de todas as respostas), mas de forma anónima para não existir pressão por influência de outros participantes. Na ronda seguinte, as questões mantêm-se iguais e os participantes têm a possibilidade de alterar as suas respostas anteriores.

As perguntas foram divididas em três categorias, certificação energética, sistemas energéticos e parâmetros que influenciam a escolha de sistemas energéticos. A escala de resposta varia entre 1 - “Concordo totalmente”, 2 - “Concordo”, 3 - “Indiferente”, 4 - “Discordo”, 5 - “Discordo totalmente” e 6 - “Não sei/Não pretendo responder”.

Tabela 1 - Questões inquérito

1. Certificação Energética	1	2	3	4	5	6
1.1. O certificado de eficiência energética é útil para melhorar a imagem do hotel?						
2. Sistemas Energéticos						
2.1. Contribuição dos seguintes sistemas no aumento da eficiência energética do hotel						
Reciclagem						
Sistemas de poupança de água						
Sistemas de poupança de energia						
2.2. Importância de utilização dos seguintes sistemas para poupar água						
Autoclismos inteligentes/especiais						
Torneiras inteligentes/especiais						

Medidores de consumo de água individualizados						
Recolha de águas pluviais						
2.3. Importância de utilização dos seguintes sistemas para poupar elétrica						
Cartão a ativar/desativar a energia no quarto						
Lâmpadas de baixo consumo						
Termostatos						
Sistemas de controlo de iluminação						
Política para tratamento de toalhas e lençóis						
Monitorização do consumo de energia						
3. Parâmetros						
3.1. Importância dos seguintes fatores na escolha de um sistema de poupança energética:						
Eficiência						
Preço						
Taxa de retorno						
Preservação do ambiente						
3.2. Concorda que a utilização desses sistemas pode reduzir os custos variáveis do hotel?						

2.3.1 Certificação energética

A procura de turismo sustentável está em crescimento, pois os clientes atribuem cada vez mais importância à eficiência energética no momento de escolha do seu hotel ideal. Assim sendo, a certificação fornece credibilidade e aumenta a confiança no hotel (Mohd Suki & Mohd Suki, 2015).

Tabela 2 - Certificação energética

Indicador	Concordo totalmente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo totalmente	Não sei/Não pretendo responder
Ronda 1						
O certificado de eficiência energética é útil para melhorar a imagem do Hotel?	30%	50%	10%			10%
Ronda 2						
O certificado de eficiência energética é útil para melhorar a imagem do Hotel?	100%					

A certificação energética é um fator que contribui para a sustentabilidade de um edifício. Os inquiridos inicialmente tinham opiniões divergentes, no entanto, na segunda ronda ocorreu um consenso total (Tabela 2). Conclui-se que concordam totalmente que a certificação de eficiência energética é útil para melhorar a imagem do hotel. Possivelmente no período entre 1ª e 2ª ronda, os participantes tinham investigado mais informações sobre essa temática.

Relativamente ao enquadramento da unidade hoteleira em estudo, esta tem interesse em melhorar o seu desempenho energético de modo a obter um certificado emitido pela ADENE (Agência Nacional de Energia). Apenas 40% dos inquiridos possuem certificados emitidos por esta entidade, sendo que as classes energéticas variam entre A, B e C. Apenas uma unidade hoteleira preencheu os requisitos para atingir a classificação A, o que significa que apenas esse hotel cumpre realmente o desafio da eficiência. Sendo a classificação máxima A+, ainda assim existem melhorias a executar por parte do mesmo.

No final do estudo, verifica-se que todos os inquiridos concordam com a importância deste aspeto, mas que 60% não possui certificação. Possivelmente o facto de ser um processo dispendioso e de não haver uma garantia de um resultado ideal (no caso de ser C ou inferior, é obrigatório implementar as medidas para atingir o nível B-), leva os hotéis a optar por certificados alternativos, mas que transmitem uma imagem verde e socialmente responsável ao consumidor final.

2.3.2 Sistemas Energéticos

A eficiência energética de um edifício engloba o desempenho de diversos sistemas energéticos. No presente estudo, analisou-se a importância atribuída aos sistemas de poupança de água e de energia.

De um modo geral, os inquiridos chegaram a consenso em todos os indicadores deste grupo (Tabela 24 – Anexo II), pois consideram importantes os sistemas de poupança de água e de energia elétrica.

Dentro dos sistemas de poupança de água, os medidores de consumo de água individualizados, inicialmente eram considerados relevantes por 80% da amostra. Na segunda ronda verifica-se uma convergência total para o nível “Indiferente” de importância destes dispositivos para o controlo e monitorização da água. A possível razão para a mudança na opinião dos especialistas, é o desempenho pouco eficaz na redução de consumos de água, sendo um equipamento passivo, utilizado apenas em casos de problemas técnicos. Potencialmente esse é o motivo pelo qual os participantes não consideram esse indicador relevante.

Em suma, de acordo com os resultados obtidos nesta área, os especialistas concordam totalmente com a importância dos sistemas de poupança de água e de energia elétrica para a eficiência energética. Porém, através do primeiro questionário, verificou-se que 64,7% dos hotéis não possuem qualquer sistema de energias alternativas (Gráfico 16- Energias alternativas usadas – Anexo II). O que revela que apesar da importância atribuída, existem motivos pelos quais estes hotéis não adotam tecnologias de energias alternativas para melhorar a sua eficiência, possivelmente devido ao custo elevado ou por não existirem condições para implementar de uma forma viável o projeto.

No caso do hotel em estudo, não é utilizada qualquer energia alternativa, sendo que um dos principais motivos é a disposição e a estrutura inadequados do edifício, que não torna exequível projetos cuja principal fonte é a energia solar. A energia solar é a solução de energia alternativa adotada por 30% dos hotéis inquiridos.

2.3.3 Parâmetros que influenciam a escolha de sistemas energéticos

Analisaram-se também as principais motivações na escolha de um sistema de poupança energética e verificou-se que a importância atribuída aos indicadores eficiência, preço e taxa de retorno convergiu na totalidade para a “Concordância total”. Significa que são estes os indicadores que os inquiridos avaliam com maior profundidade no momento de escolha. Relativamente à preservação do ambiente, 100% concorda que é importante ter este fator em conta.

Os especialistas concordam totalmente que os sistemas de poupança energética contribuem para a diminuição de custos variáveis. Visto que nenhuma unidade hoteleira possui qualquer equipamento de poupança energética, mas considera que é importante ter, ou os parâmetros (eficiência, preço e taxa de retorno) não foram cumpridos, ou ocorreram limitações fora do alcance deste estudo que não são possíveis de averiguar.

De forma a posicionar o hotel em estudo em relação à concorrência, conclui-se que a estratégia de eficiência energética segue a tendência da maioria dos hotéis. Não é considerado o hotel mais eficiente da região, mas dentro das limitações, procura encontrar soluções para melhorar a sua eficiência energética. Os responsáveis pela gestão e manutenção do hotel em estudo, estão em sintonia com o desenvolvimento de novas formas de desempenho da eficiência, acreditando que será uma vantagem competitiva num futuro próximo.

Com base na recolha de informação de vários especialistas sobre poupança de energia na indústria hoteleira e a análise feita aos hotéis de Lisboa, são identificados para o estudo cinco indicadores relevantes para o sucesso da investigação. A gestão da energia, redução das necessidades térmicas, eficiência de equipamentos, eficiência do sistema, energias renováveis

e previsão de consumos, que articulam a gestão da eficiência energética na hotelaria e serão o foco principal.

2.4 Gestão da energia no sector da hotelaria

A gestão de energia é importante para melhorar a sustentabilidade e a eficiência energética. Permite tomar decisões com base em dados quantitativos dos consumos recolhidos em tempo real pelas tecnologias e sistemas de informação. Estes dados identificam os consumos energéticos dos diferentes setores como refrigeração, aquecimento, iluminação, sistemas de ventilação e qualidade de ar, AQS, entre outros (Thollander, Backlund, Trianni, & Cagno, 2013).

A gestão da energia consciente, representa uma visão de gestão a longo prazo que pode ser efetivamente muito lucrativa no futuro. Reduções no consumo de energia, conseqüente diminuição nos custos e melhoria na imagem da empresa quanto às suas preocupações ambientais representam as possíveis vantagens competitivas (Hannan, Azidin, & Mohamed, 2012).

Mardani et al. (2016), fez um levantamento de procedimentos utilizados em hotéis focados na gestão da energia, onde analisa modelos dinâmicos aplicados em sistemas de qualidade e controlo de ar, como o “Variable Air Volume” para aquecimento, ventilação e ar condicionado (VAV-HVAC), sendo este controlo representativo de poupanças de energia até 17%. Outro procedimento é a aplicação de algoritmos estatísticos e físicos para fazer previsões de carga necessária para o funcionamento do edifício. Esta técnica permite identificar lacunas ou problemas nos sistemas usados, o que facilita a rapidez de resposta e de adaptação a cada problema. Os fatores climáticos são elementos relevantes na avaliação dos sistemas energéticos dos edifícios, pois permitem reduzir a incerteza nas previsões de consumos e aumentar as poupanças energéticas.

O autor defende ainda que a melhor opção para alcançar o maior proveito da gestão de energia é de realizar a monitorização dos consumos e de fazer auditorias energéticas, bem como formar os empregados e informar os hóspedes sobre comportamentos a ter em conta no sentido de obter uma maior eficiência energética e preservação do meio ambiente.

2.4.1 Redução das necessidades térmicas

O sistema de trigeração (CCHP) “Combiend Cooling, Haetinhg and Power”, pode reduzir radicalmente o consumo principal e aumentar a eficiência energética. Este sistema tem a capacidade de reduzir as necessidades de arrefecimento e aquecimento do edifício, regulando

de forma direta e automática o consumo de energia elétrica, diminuindo a sua utilização (Cho, Smith, & Mago, 2014).

Os aspetos importantes na reabilitação de hotéis, que permitem diminuir variações de cargas térmicas (kW) são, um bom isolamento térmico da envolvente do edifício, o uso de caudais de ar controlado e instalação de dispositivos de proteção solar ou outras obras externas (Mardani et al., 2016).

2.4.2 Eficiência de equipamentos

Para além da eficiência energética das operações nos hotéis e de redução das necessidades de aquecimento e arrefecimento, os equipamentos de alta eficiência energética são também muito importantes. Todos estes aspetos são determinantes na melhoria da eficiência energética e na poupança de energia, especialmente nos edifícios residenciais e em toda a sociedade (Lopes, Hokoi, Miura, & Shuheji, 2005).

Apesar de ser complexa a implementação de uma estratégia de eficiência energética bem organizada, devido aos variados fatores a ter em conta, esta estratégia representa um dos meios mais rentáveis e poderosos na satisfação das necessidades de desenvolvimento sustentável (Sebitosi, 2008).

Os principais equipamentos em termos de eficiência energética podem ser: caldeiras de alta eficiência e equipamentos de refrigeração, micro refrigeração, cogeração (CHP) e trigeração (CCHP), sistema de recuperação de calor nas unidades de tratamento de ar, motores eficientes em termos energéticos, medidas para reduzir o consumo de água quente doméstica e respetiva redução em consumo de energia. São também relevantes para a eficiência, os equipamentos de energias renováveis.

A tecnologia mais prática de aplicar é a das lâmpadas economizadoras de energia, que reduz o consumo de energia sem comprometer a qualidade do funcionamento (Mardani et al., 2016).

Gago et al. (2015) desenvolvem um estudo sobre as tecnologias de controlo de iluminação natural em edifícios, com o objetivo de proteger os ocupantes e aumentar a penetração de luz natural, reduzindo assim o uso de iluminação artificial.

2.4.3 Eficiência do sistema de gestão

Mardani et al., (2016) cita que de modo geral os gastos em energia na indústria são muitas vezes inferiores a 5% dos custos totais de produção a nível industrial. Isto torna-se uma barreira no que diz respeito aos incentivos ao investimento para aumentar a eficiência energética. Porém,

perante a legislação cada vez mais exigente, a eficiência energética tem vindo a aumentar e a tornar-se numa prioridade.

Sola et al. (2011), indicam ainda que o uso de equipamentos energeticamente eficientes nos hotéis não dá garantias que os sistemas funcionem de forma correta e eficiente. Também considera que de acordo com as características específicas dos hotéis, só uma boa gestão sistemática permite encontrar e melhorar a eficiência dos sistemas. A aplicação de medidas viáveis tanto economicamente, como tecnicamente, pode contribuir consideravelmente para a redução dos custos.

No caso das unidades hoteleiras, os sistemas principais a ter em conta são os sistemas de iluminação, AQS, aquecimento e arrefecimento.

No sistema de iluminação as principais soluções partem de ter um controlo da iluminação e o uso de cartão-chave nos quartos, para cortar a energia quando os espaços estão desocupados.

Os hotéis têm grandes necessidades do uso de águas quentes sanitárias e o aproveitamento do calor gerado na refrigeração (chillers, máquinas frigoríficas) pode pré-aquecer a água, melhorando a eficiência do sistema. Para além disso, o sistema de refrigeração pode funcionar de forma livre, diminuindo desta forma a necessidade do uso de energia em ambos os sistemas (Mardani et al., 2016).

No sistema de aquecimento e arrefecimento é importante fazer uma regulação dos espaços (especialmente nos quartos).

2.4.4 Energias renováveis

As energias renováveis (ER) têm vindo a conquistar uma maior relevância a nível global. A possibilidade de produzir energia utilizando apenas recursos disponíveis nos locais é a opção ideal em sítios isolados. No caso de áreas remotas o sistema em maior expansão devido à sua fiabilidade é o sistema híbrido de energia renovável (Fadaee & Radzi, 2012).

No caso dos hotéis, são usados os recursos energéticos convencionais conhecidos, como o sol, biomassa, mar e a água. Sendo esta produção de energia usada maioritariamente nas unidades hoteleiras no aquecimento, refrigeração, AQS e iluminação (Mardani et al., 2016).

Estas fontes de energia renovável, são responsáveis pela produção de energia limpa, garantido assim sustentabilidade e uma diminuição do consumo de energia primária. Os principais equipamentos responsáveis pela a produção de energia renovável nos hotéis são: 1) bombas de calor; 2) painéis solares e fotovoltaicos; 3) chillers de absorção de energia solar; 4) caldeiras de biomassa e 5) microprodução de energia hídrica.

2.4.5 Previsão de consumos

A previsão dos consumos de acordo com a escala de tempo, pode ser classificada em três categorias, curto prazo (até uma semana), a médio prazo (de uma semana a um ano) e previsões de longo prazo (com mais de um ano de antecedência). A previsão de curto prazo representa o maior foco, devido à sua direta ligação com as operações do dia-a-dia. Esta categoria, concentra-se principalmente nas previsões da procura elétrica diária de pico, consumo diário de energia e perfis de carga diários. O desenvolvimento de modelos de previsão mais comuns inclui os métodos de engenharia, modelo caixa-cinza (*grey-box*), *Machine Learning* e métodos de inteligência artificial (Hahn, Meyer-Nieberg, & Pickl, 2009).

Objetivos específicos como aumentar e melhorar o desempenho energético, através de uma gestão de procura inteligente e capacidade para diagnosticar e detetar falhas, são dois fatores principais numa previsão dos consumos elétricos (Fan, Xiao, & Wang, 2014).

Demand response (DR), técnica que permite controlar o uso de energia de acordo com a procura. Desta forma, dá resposta à variação de preços praticados pelas produtoras. No caso dos sistemas elétricos dos edifícios, é um incentivo para os consumidores finais adotarem medidas para o uso energético mais eficiente (Rahimi & Ipakchi, 2010). O autor considera que uma forma bastante eficaz para reduzir a procura num período de pico é o armazenamento térmico de um edifício. Bem como, um MPC que aplica um pré-arrefecimento e diminui a carga no horário de pico.

Técnicas de controlo estão em constante evolução e facilitam a transição do nível de DR de manual para semiautomático ou totalmente automatizado (Kiliccote, Piette, & Hansen, 2006).

Sob um esquema de tarifa em tempo real, programar o uso de certos equipamentos ou serviços para períodos de tarifas mais baixas, garante poupanças económicas significativas, com ou sem uso de unidades de energia renovável no edifício (Georgievski et al., 2012). O autor defende que, o resultado obtido no laboratório, em ambiente de vida real, teve em conta o conforto dos ocupantes.

3 Previsão de Consumo Elétrico em Edifícios

Uma das estratégias atualmente utilizadas em gestão de energia é o controle baseado em modelo, denominado em inglês pelo termo específico é “*model predictive control*” (MPC). O MPC é usado com o intuito de antecipar eventos futuros e tomar medidas de controle, para otimizar o uso final de energia. É uma ferramenta, que permite controlar acontecimentos em tempo real, tendo em conta reduções de custos (Ma, Qin, Salsbury, & Xu, 2012). Para tal, é essencial ter um modelo de previsão de consumos.

Alguns métodos de previsão não dependem de um modelo e podem suporta-se apenas de dados. Contudo, estes requerem uma vasta quantidade de informação específica do edifício (Liu & Henze, 2007). Krarti (2003), fez um resumo de métodos de inteligência artificial em sistemas elétricos de edifícios, composto por “*fuzzy logic*”, “*genetic algorithm*” e “*neural networks*”.

3.1 Modelo de Consumo de Energia em Hotel Hipotético

Nos hotéis, alguns tipos de cargas são dependentes do número de quartos que se encontram ocupados. A ocupação é um dos critérios a ter em conta na caracterização das cargas no hotel. Ou seja, o número de hóspedes está diretamente ligado ao consumo de energia. Por outro lado, há serviços fixos ligados ao normal funcionamento da infraestrutura do hotel, onde as cargas são independentes da ocupação. Além disso, a temperatura exterior, variações sazonais, etc. são variáveis que também influenciam o funcionamento da unidade hoteleira, ou seja as cargas impostas (Tarasak, Chai, Kwok, & Oh, 2014).

O autor especifica que há cargas que podem ser programadas pelas datas ou períodos específicos e outras que não o podem ser, devido as exigências de conforto e qualidade obrigatórias. Desta forma, juntamente com a ocupação, o autor faz uma caracterização através de quatro categorias que se seguem.

1) Independente da ocupação e possível calendarização

Nesta categoria as cargas são flexíveis e é improvável que tenham um forte impacto no conforto dos hóspedes.

- a) Luzes em zonas comuns ou de serviços;
- b) Bombas de água e luzes de jardim;
- c) Sets de ar condicionado em zonas comuns;
- d) Etc.

2) Programável e dependente da ocupação

As cargas desta categoria estão diretamente relacionadas com as atividades dos hóspedes flexíveis, o suficiente para serem deslocadas.

- a) Lavandaria;
- b) Serviços de limpeza;
- c) Atividades de cozinha (lavagem de loiça);
- d) Etc.

3) Não programável e independente da ocupação

Este tipo de carga é fixo pela a infraestrutura do hotel (carga base).

- a) Unidades de HVAC instaladas nas zonas comuns;
- b) Máquinas de venda automática;
- c) Computadores;
- d) Redes de equipamentos IT;
- e) Sistemas de segurança;
- f) Sala de controlo;
- g) Iluminação;
- h) Etc.

4) Não programável e dependente da ocupação

Para não comprometer o conforto dos hóspedes, não deve haver calendarização nos quartos e serviços ligados às exigências básicas (cozinha, piscinas, etc.).

- a) Elevadores;
- b) Atividades de confeção de comida;
- c) Ar-condicionado (AC) no quarto;
- d) Frigorífico;
- e) Iluminação no quarto;
- f) Etc.

Tarasak et al., (2014), desenvolve um MPC para um hotel hipotético, nos Estados Unidos da América. No estudo feito, o consumo da energia é considerado no intervalo de tempo de uma hora. O consumo/hora depende fortemente da presença dos hóspedes no quarto. Devido a esse motivo, os horários de entrada (check-in) e de saída (check-out) dos quartos, são levados em consideração.

Com o objetivo de identificar o uso de energia nas diferentes atividades da infraestrutura, o estudo foi dividido em duas partes: consumo de energia nos quartos dos hóspedes e consumo de energia nas áreas comuns. Algumas das variáveis usadas na metodologia são t tempo em horas,

i número de quartos, $n_{\text{guest}}(i)$ número de hóspedes no quarto, N_{room} número de quartos ocupados e a constante de energia dos aparelhos geralmente em [kWh/hora].

A. Consumo de Energia nos Quartos de Hóspedes

O autor refere que hotéis de 5 estrelas permitem total uso de energia por parte dos hóspedes nos seus quartos. Porém quando os quartos estão desocupados, todos os equipamentos podem ser desligados (luzes, televisão, etc.) e os set-points de temperaturas dos AC podem ser regulados. Para efeito deste estudo, é assumido que o uso de energia ocorre entre o intervalo de tempo do período de Check-in até ao check-out (do presente dia ao dia seguinte). Este modelo é usado para todos os quartos e contabiliza os seguintes parâmetros:

1. Ar-condicionado
2. Sistema de aquecimento de água (AQS)
3. Frigorífico
4. Máquina de café
5. Diversos (luzes, televisão, aparelhos pessoais)

O consumo total de energia nos quartos é dado por:

$$\chi_{\text{guest}}(t) = \sum_{i=1}^{N_{\text{room}}} (\chi_{\text{aircon}}(i, t) + \chi_{\text{AQS}}(i, t) + \chi_{\text{frigo}}(i, t) + \chi_{\text{café}}(i, t) + \chi_{\text{diversos}}(i, t)) \quad (1)$$

B. Consumo de Energia nas Áreas Comuns

As áreas comuns são consideradas todos os espaços de apoio às operações do hotel, como entradas (corredores), restaurante, lavanderia, etc. Estas zonas revelam o menor impacto na satisfação do cliente, sendo por isso indicadas como as potenciais áreas que os gestores podem tirar partido para uma calendarização de cargas, para reduzir consumos em determinados períodos. São estruturados os seguintes parâmetros e áreas comuns:

1. Ar-condicionado
2. Iluminação

3. Cargas base
4. Jardins
5. Cozinha
6. Lavandaria
7. Elevador
8. Diversos

Em suma, o consumo elétrico final da área comum é:

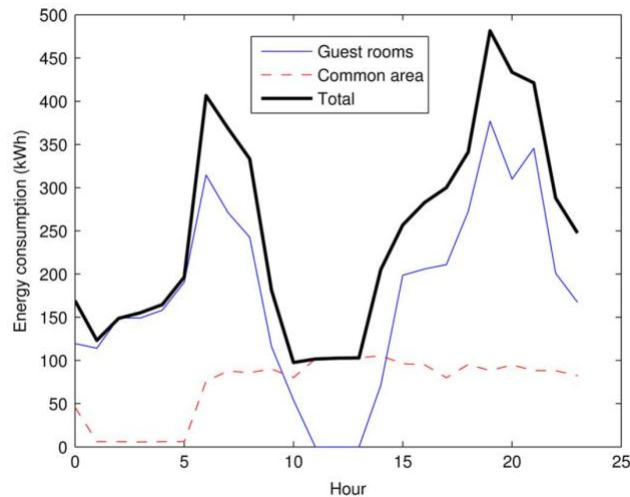
$$\chi_{common}(t) = \chi_{aircon}^{common}(t) + \chi_{itum}(t) + \chi_{base}(t) + \chi_{jardim}(t) + \chi_{cozinha}(t) + \chi_{lavandaria}(t) + \chi_{elevador}(t) + \chi_{diversos}^{common}(t) \quad (2)$$

Assim, o consumo final de todo o hotel é dado por:

$$\chi_{hotel}(t) = \chi_{guest}(t) + \chi_{common}(t) \quad (3)$$

C. Resultados

Tarasak et al. (2014), considera que o hotel hipotético possui 100 quartos. O número de hóspedes por quarto é uma variável aleatória com o perfil de probabilidade $p_{guest} = [0.3 \ 0.4 \ 0.2 \ 0.1]$, onde $p_{guest}(n)$ é a probabilidade de o quarto ter n hóspedes. O autor usou a função *ksdensity* do software MATLAB, para efetuar dez mil simulações e assim obter uma distribuição empírica do consumo de energia elétrica do hotel. Criando assim o perfil diário do consumo elétrico (Gráfico 1).



3.2 Modelo de previsão baseado na exploração de dados

Atualmente, as operações geram uma grande quantidade de dados envolvidos no funcionamento básico dos edifícios. O acesso ao armazenamento desta informação permite a criação de modelos de previsão complexos e não lineares, porém, processar dados em larga escala pode revelar-se demorado e exaustivo.

Com o foco na previsão energética a curto prazo, Fan et al. (2014) pretendem, em primeiro lugar, melhorar lacunas presentes na qualidade dos dados de consumo energético em edifícios. Desta forma, são desenvolvidos métodos adequados para aumentar a precisão do tratamento de dados. Em segundo lugar, é proposto um processo de seleção de entradas *data driven* (impulsionado por dados) para não influenciar negativamente com erros no uso de conhecimentos técnicos ou métodos de filtragem convencionais. Por último, uma técnica avançada de *data mining* (exploração de dados), integra um conjunto de modelos cujo objetivo é melhorar a precisão e estabilidade da previsão. São analisados dados de um ano de consumos elétricos do edifício mais alto de Hong Kong, recolhidos em intervalos de 15 em 15 minutos.

Neste estudo foram desenvolvidos dois tipos de modelos, um para prever o consumo de energia no dia seguinte e outro para prever a procura na hora de pico de energia. Esses modelos são designados por "-1" e "-2", respetivamente. Cada um deles utiliza oito algoritmos de previsão individuais. E, para uma maior precisão de resultados, os oito modelos são agrupados num só modelo.

Em primeiro lugar é realizada a preparação de dados que contém três fases principais, a transformação de dados, a extração de parâmetros e a criação de um candidato de entrada pool.

De seguida, através do algoritmo EWKM (*entropy-weighted k-means*), os dados são agrupados em clusters com características semelhantes (Ruppert, 2004). O respetivo método é usado para identificar o perfil de consumo elétrico padrão do edifício. O algoritmo GESD (*generalized extreme studentized deviate*) permite detetar os outliers (valores atípicos) existentes nos clusters. Esses valores podem surgir devido a diversos motivos como, erro humano, erro do instrumento ou alteração do comportamento do sistema. Entre outros algoritmos o GESD é altamente recomendado por ser flexível em várias condições (Crosby, 1994; Rosner, 1983; Li, Bowers, & Schnier, 2010).

Após a normalização dos dados, são desenvolvidos oito modelos base com algoritmos preditivos comuns. É aplicado o algoritmo de introdução seletiva *data-driven* RFE (*recursive feature elimination*), aplicado para identificar dados de entrada para cada um dos oito modelos base. O RFE usa uma técnica de seleção no sentido oposto do desenvolvimento. Em primeiro lugar, determina-se o algoritmo de aprendizagem. De seguida, é desenvolvido um modelo

considerando todas as variáveis possíveis. Tanto a classificação das variáveis como o desempenho do modelo, são armazenados para a seleção final da variável. A variável com menor classificação é removida. Este subconjunto de variáveis de entrada é atualizado para o próximo ciclo de desenvolvimento. O procedimento é composto por diversas interações e termina quando não existir mais nenhuma variável a ser removida (Guyon & Elisseeff, 2003).

Os parâmetros de todos os modelos são otimizados através da validação cruzada, LGOCV (leave-group-out).

O processo é finalizado através do algoritmo genético (GA - *genetic algorithm*). Este atribui os pesos para cada um dos oito modelos base para um conjunto final mais preciso.

3.2.1 Algoritmos de previsão

No estudo, são utilizados oito algoritmos preditivos: *multiple linear regression* (MLR); *autoregressive integrated moving average* (ARIMA); *support vector regression* (SVR); *random forests* (RF); *multi-layer perceptron* (MLP); *boosting tree* (BT); *multivariate adaptive regression splines* (MARS); e *k-nearest neighbours* (kNN) com o objetivo de identificar a relação entre input e output de dados. Todos estes algoritmos representam um conjunto amplo de desempenhos positivos, no que diz respeito à resolução de problemas complexos de modelos de previsão. Para além disso, a sua seleção foi feita para maximizar a diversidade do conjunto, e consequentemente favorecer o desempenho do mesmo (Fan et al., 2014).

Cada algoritmo de previsão selecionado possui vantagens específicas. Por exemplo, o método ARIMA é eficaz no levantamento do relacionamento linear, enquanto o SVR é bem conhecido por ter a capacidade de identificar a não-linearidade.

Os dois primeiros métodos lineares, MLR e ARIMA são selecionados como referências de desempenho. A MLR é um dos métodos mais utilizados na análise de regressão linear, enquanto o ARIMA é a técnica mais geral para prever dados de séries cronológicas. Um modelo ARIMA é normalmente definido por três parâmetros, a ordem (número de defasagens) do modelo autorregressivo p , o grau de diferenciação d e a ordem do modelo de média móvel q (Song, 2017).

O SVR foi desenvolvido em 1995 por Vapnik para lidar com problemas de regressão. Usa uma função *kernel* para resolver problemas não lineares de forma mais eficiente. Neste estudo, a função de base radial gaussiana é adotada como função *kernel* (Dong, Cao, & Lee, 2005).

O RF foi desenvolvido por Breiman em 2001, para problemas de classificação e regressão. Usa normalmente duas estratégias de aleatoriedade. Na primeira, cada árvore é criada considerando um subconjunto aleatório de observações. No caso da segunda, um subconjunto aleatório de variáveis é considerado para dividir cada nó da árvore. Este algoritmo é

especialmente útil no tratamento de problemas de alta dimensão e o desempenho de conceptualização é muito competitivo (Breiman, 2001).

O MLP é o primeiro e mais simples tipo de rede neural artificial, geralmente designada por *Artificial Neural Networks* (ANN) que é capaz de resolver problemas lineares e não-lineares. Normalmente consiste em vários nós organizados em várias camadas. Os pesos de cada nó são ajustados através da técnica de retro propagação (back-propagation). É amplamente utilizado no reconhecimento de padrões, previsão e aproximação de funções (Ruppert, 2004).

O Boosting Tree (BT) integra o uso de métodos de boosting com árvores de regressão para resolver problemas de classificação ou previsão. Uma sequência de modelos de árvores simples é desenvolvida de modo a que cada árvore sucessiva adapte os resíduos da árvore anterior. O modelo final pode ser considerado como um modelo aditivo ponderado de árvore binária (Elith, Leathwick, & Hastie, 2008).

O MARS é um método de regressão não paramétrico adaptativo. Normalmente divide o espaço de entrada em várias sub-regiões e desenvolve modelos separados de acordo com as mesmas (Friedman, 1991).

O kNN é um algoritmo de aprendizagem não paramétrico usado para classificação ou previsão. As pontuações finais dos dados em teste, são geradas pela proximidade dos dados de entradas vizinhas e os dados de saída correspondentes. O parâmetro k , que define o número de observações vizinhas consideradas, deve ser determinado antes da pontuação. O kNN é considerado como um dos algoritmos de aprendizagem mais simples, mas o seu desempenho em aplicações práticas é considerado satisfatório (Ruppert, 2004).

3.2.2 Ensemble Learning

A combinação dos modelos básicos de *machine learning* num modelo apenas, visa melhorar a precisão e estabilidade da previsão. A abordagem de *ensemble learning* (aprendizagem de conjunto) engloba meta-algoritmos que combinam várias técnicas de machine learning em apenas um modelo preditivo. É garantido um melhor desempenho pela maior diversidade de dados, correção das imperfeições de cada um dos modelos base ao agrupar e exatidão da função alvo gerada, sendo esta mais próxima da realidade (Fan et al., 2014).

O autor propõe a divisão da aprendizagem de conjunto em duas etapas. A primeira etapa visa o desenvolvimento de modelos base e a segunda utiliza os modelos base formulados para a criação da previsão final. Os modelos base podem ser desenvolvidos de uma forma paralela ou sequencial. A conexão entre modelos desenvolvidos de forma paralela é reduzida, enquanto a conexão gerada pela forma sequencial é elevada (o modelo base influencia a geração do

modelo seguinte). Concluída esta etapa, é necessário recorrer a esquemas de combinação, como os métodos de votação majoritária ou média ponderada para criar a função final.

Para construir bons modelos de conjuntos, é necessário ter em consideração, o desempenho muito preciso dos modelos base e a diversidade dos recetores de informação base. A diversidade pode ser introduzida de várias maneiras, como a manipulação de amostras de formação, a manipulação de variáveis de entrada e de saída, introdução de aleatoriedade no algoritmo e adoção de múltiplos algoritmos de aprendizagem (Fan et al., 2014).

3.2.3 Índices de avaliação de desempenho

Neste estudo, são usados dois conjuntos de índices de desempenho. O primeiro usa RMSE (*root mean square error*) e R^2 para a seleção de inputs e otimização dos parâmetros do modelo. O RMSE (erro quadrático médio) é uma métrica baseada em dados em escala e representa uma medida do desvio das previsões em relação ao valor efetivo (calculada como a raiz quadrada do desvio quadrático médio). R^2 é o coeficiente de determinação, que varia de 0 a 1 (indica, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados), quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo, melhor se ajusta ao estudo. As definições dos dois índices são mostradas nas Eqs. (4) e (5).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (4)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2} \quad (5)$$

O segundo conjunto de índices adota RMSE, MAE (*mean absolute error*) e MAPE (*mean absolute percentage error*) para avaliar as precisões de previsão. O MAE, erro médio absoluto, é um índice baseado em dados em escala, reflete o erro de previsão (desvio médio das previsões em relação aos valores efetivos). O MAPE, percentagem do erro médio absoluto, é um indicador independente da escala, oferece uma maneira direta de descrever a precisão. As definições dessas duas medidas são mostradas nas Eqs. (6) e (7).

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} \quad (6)$$

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{Y_i} \quad (7)$$

3.2.4 Resultados dos modelos

Os dois modelos de previsão, SVR e RF obtiveram os resultados mais precisos (Tabela 3 e Tabela 4). Estas duas técnicas têm sido amplamente aplicadas devido à sua eficácia na identificação de relações não-lineares complexas. Os resultados mostram que são eficazes na previsão do consumo de energia no edifício.

O ARIMA, como esperado, obteve o pior desempenho, visto que este modelo usa apenas os dados históricos do consumo de energia como entrada. Dessa forma negligencia a influência das condições climatéricas e do número de ocupantes nos consumos de energia. Ambos os modelos ARIMA e MLR são lineares. O uso de múltiplas variáveis de entrada influentes, pode melhorar a precisão da previsão, como mostrado nos resultados dos modelos MLR.

O método MARS, que amplia a capacidade de MLR na modelagem de não-linearidade, fornece previsões mais precisas. Assim, demonstra a não linearidade existe nos dados de consumo de energia do edifício, e que por isso os métodos lineares dificilmente podem produzir resultados exatos.

O método MLP, que tem sido usado com sucesso em muitos outros campos, não apresenta bom desempenho neste estudo. Os modelos MLP resultam no segundo pior desempenho em ambos os casos. Um possível motivo pode ser o *overfitting* dos modelos de rede neural. Estes modelos neurais apresentam o mais elevado número de inputs.

Os outros três algoritmos preditivos, BT, kNN e MARS, proporcionam um bom desempenho similar. Os resultados da pesquisa mostram que os modelos de conjuntos podem alcançar o melhor desempenho, com MAPEs de 2,32% e 2,83% para prever o consumo de energia no próximo dia e a procura de pico de carga, respetivamente.

Tabela 3 – Performance dos modelos de previsão para o consumo de energia no dia seguinte (Fan et al., 2014).

Models	RMSE	MAE	MAPE (%)
MLR-1	5585.47	4406.95	4.23
ARIMA-1	6090.31	5131.32	5.45
SVR-1	4196.01	3016.83	3.11
RF-1	4254.19	3163.64	3.17
MLP-1	5846.25	4840.10	4.75
BT-1	5167.15	4192.59	4.07
MARS-1	4951.90	4084.19	3.97
kNN-1	5046.06	4131.47	4.01
Ensemble-1	3393.27	2231.32	2.32

Tabela 4 – Performance dos modelos de previsão para a procura de pico de energia no dia seguinte (Fan et al., 2014).

Models	RMSE	MAE	MAPE (%)
MLR-2	407.77	327.13	6.08
ARIMA-2	441.52	390.40	8.74
SVR-2	282.80	207.19	3.34
RF-2	295.69	216.35	3.63
MLP-2	431.04	338.39	6.46
BT-2	398.42	305.89	5.61
MARS-2	407.29	311.74	5.94
kNN-2	415.23	309.22	5.77
Ensemble-2	215.76	163.29	2.85

Os resultados apresentados na Tabela 3 e Tabela 4, mostram uma boa consistência com os resultados apresentados na Tabela 5. Conclui-se que, os modelos com as maiores precisões tendem a contribuir mais para o modelo final de conjunto.

Por exemplo, os modelos RF e SVR são os mais precisos e, portanto, são atribuídos os maiores pesos a ambos. Em contraste, os modelos ARIMA com menor precisão obtém o menor peso. No entanto, não é recomendado excluir os modelos com resultados menos encorajadores do modelo conjunto.

A maior vantagem dos *Ensemble Models* é reunir os pontos mais fortes dos modelos básicos e com isso alcançar resultados mais precisos. Além disso, os erros dos modelos base provavelmente não são correlacionados e podem ser retirados do modelo conjunto. Um modelo conjunto pode atingir um bom desempenho, pese embora o desempenho de seus modelos individuais não seja muito positivo. Os algoritmos de previsão individuais têm vantagens próprias. A atribuição dos pesos determinada pelo o uso do algoritmo genético (GA) está representado na Tabela 5.

Tabela 5 - Pesos dos modelos base (Fan et al., 2014).

Base models	Model-1	Model-2
MLR	0.087	0.109
ARIMA	0.008	0.060
SVR	0.315	0.217
RF	0.404	0.381
MLP	0.076	0.076
BT	0.066	0.047
MARS	0.023	0.046
kNN	0.021	0.064

3.3 Estudo alargado de modelos de previsão

3.3.1 ARIMA

Este modelo matemático é usado em problemas de séries temporais. Conhecido como a metodologia de Box e Jenkins, trata-se de um modelo amplamente usado em previsões. No modelo é assumido que o valor futuro de uma série temporal é uma função de múltiplos valores da série original e erros aleatórios. O formato matemático da série temporal $\{y_1, y_2, \dots\}$ é composto por:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d y_t = (1 + \theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q) \omega_t \quad (8)$$

onde o p é o número de termos autorregressivos, d número de diferenciação, q a ordem de modelo de média móvel, ω_t processo de ruído com média zero e variância σ_t^2 , B é o operador definido por $B^k y_t = y_{t-k}$, ϕ_1, \dots, ϕ_p , e $\theta_1, \dots, \theta_q$ (Ding, Duan, Zhang, Wu, & Yu, 2018).

Se a série de dados temporais for estacionária então $d = 0$, o modelo passa a ser ARMA. Se $q = 0$ o modelo torna-se AR em ordem p , caso $p = 0$ o modelo fica MA em ordem q (Nichiforov, Stamatescu, & Ioana, n.d.).

3.3.2 MLR

O MLR é um método usado para analisar a relação entre uma variável de resposta (variável dependente) com duas ou mais variáveis de controlo (variáveis independentes) e cria uma função ajustada que permite determinar uma nova variável dependente (Oliveira et al., 2017). A forma geral deste método é composta por:

$$y = c + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \varepsilon \quad (9)$$

onde c é o termo de interceção, a_i , ($i = 1, 2, \dots, n$) são os coeficientes de regressão, x_i , ($i = 1, 2, \dots, n$) corresponde às variáveis explicativas, ε é o erro residual e y a variável de resposta (dependente) (Moustris, Nastos, Larissi, & Paliatsos, 2012).

3.3.3 kNN

Trata-se de um algoritmo poderoso não paramétrico de classificação e regressão, que reconhece padrões. Este algoritmo funciona através da classificação de dados teste, que é criada pela a proximidade dos dados de entrada e os dados de saída. O parâmetro k , define o número de observações vizinhas consideradas.

O procedimento geral do kNN é usar um conjunto de dados $T = \{x_n \in R^d\}_{n=1}^N$ indicados para treino com M classes provenientes de N amostras de treino no espaço de características definido, com uma classe de conjunto x_n .

Depois de definido o ponto de consulta o kNN funciona da seguinte maneira:

Procura k vizinhos mais próximos do conjunto T para um ponto de consulta desconhecido x , e deixa $T = \{(x_i^{NN}, c_i^{NN})\}_{i=1}^k$ indicar o conjunto de k vizinhos mais próximos de x . A distância entre x e do vizinho x_i^{NN} é medida por *Euclidean distance metric*:

$$d(x, x_i^{NN}) = \sqrt{(x - x_i^{NN})^T (x - x_i^{NN})} \quad (10)$$

O rotulo da classe do ponto de consulta x é previsto pela a maioria dos votos dos seus vizinhos:

$$c' = \arg \max_c \sum_{(x_i^{NN}, c_i^{NN}) \in \bar{T}} \delta(c = c_i^{NN}) \quad (11)$$

onde c é o rotulo da classe e c_i^{NN} indica o rotulo de classe para i mais proximos entre k de vizinhança. $\delta(c = c_i^{NN})$ é uma função que indicadora, que assume o valor da classe c_i^{NN} da vizinhança x_i^{NN} (Huang, Lin, Huang, & Xing, 2017).

3.3.4 SVR

O SVR é baseado no princípio indutivo de minimização de risco estrutural, através da soma do erro de treino e nível de confiança. Trata-se de uma técnica de rede neural (*neural network*) amplamente usada na classificação, previsão e regressão. Outra característica fundamental é que o treino feito no modelo SVR é equivalente a resolver problemas quadráticos limitados linearmente, o que resulta em soluções únicas e geralmente ótimas. A solução de problemas com o SVR depende apenas do subconjunto de dados usados no treino do modelo, que são os referidos vetores de suporte. Uma desvantagem do modelo SVR é as escalas de tempo de treino que se encontram em problemas quadráticos e cúbicos, em relação ao número de amostras usadas para o treino. Assim uma grande quantidade de dados reflete numa grande quantidade de tempo de cálculo (Cao & Tay, 2003).

Para um certo conjunto de dados, com um certo número de dados para treino, o SVR aproxima os dados através da seguinte equação:

$$f(x) = \omega \cdot \phi(x) + b \quad (12)$$

onde $\phi(x)$ representa a alta dimensionalidade entre os parâmetros que são identificados linearmente através do espaço de entrada x . Os coeficientes ω e b são estimados pela a minimização da função de risco regularizado:

$$\frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \frac{1}{l} \times \sum_{i=1}^l L_{\varepsilon}(y_i, f(x_i)) \quad (13)$$

O primeiro termo $\|\omega\|^2$ é denominado de termo regularizado. Minimizar $\|\omega\|^2$ controla a capacidade da função e torna a mais baixa possível. O segundo termo $\frac{1}{l} \times \sum_{i=1}^l L_{\varepsilon}(y_i, f(x_i))$ é o erro empírico medido pela função ε de perda insensível. Definida por:

$$L_{\varepsilon}(y_i, f(x_i)) = \begin{cases} |y_i - f(x_i)| - \varepsilon, & |y_i - f(x_i)| \geq \varepsilon \\ 0 & |y_i - f(x_i)| < \varepsilon \end{cases} \quad (14)$$

Assim ε define um intervalo de valores (Gráfico 2) de modo que se o valor previsto estiver dentro do intervalo a perda é zero, enquanto que se o ponto previsto estiver fora, a perda é magnitude da diferença entre o valor previsto e o raio do intervalo. C é chamado de constante de regularização. Ambos são determinados pelos usuários.

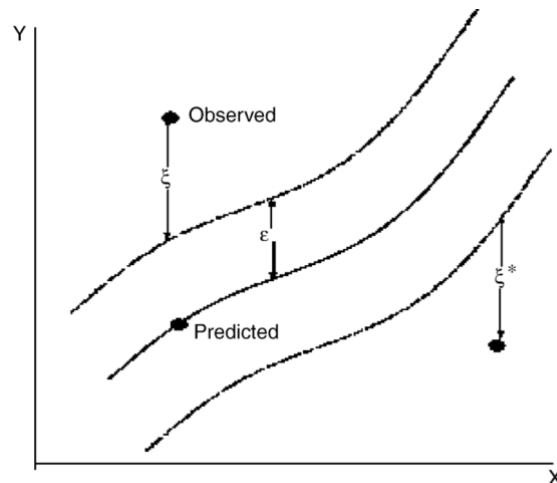


Gráfico 2 - Parâmetros do SVR

Para obter a estimativa dos coeficientes ω e b a eq.x2 é transformada na função objetivo pela a introdução das variáveis de folga ξ_i e ξ_i^* . Que para otimizar é feita a minimização da seguinte função:

$$\frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \frac{1}{l} \times \sum_{i=1}^l (\xi_i - \xi_i^*) \quad (15)$$

A otimização pode ser resolvida mais facilmente através de uma formulação dupla:

$$\begin{aligned}
L &= \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \frac{1}{l} \\
&\times \sum_{i=1}^l (\xi_i - \xi_i^*) - \sum_{i=1}^l (\eta_i \xi_i - \eta_i^* \xi_i^*) \\
&- \sum_{i=1}^l a_i (\varepsilon + \xi_i - y_i + \omega \cdot \phi(x) + b) \\
&- \sum_{i=1}^l a_i^* (\varepsilon + \xi_i^* - y_i + \omega \cdot \phi(x) + b)
\end{aligned} \tag{16}$$

onde L Lagrangiana e η_i, η_i^*, a_i e a_i^* são múltiplos de Lagrange. Assim, as variáveis duplas têm de satisfazer restrições positivas.

Por fim é obtida a equação otimizada de:

$$f(x) = \sum_{i=1}^l (a_i - a_i^*) \phi(x_i) \cdot \phi(x) + b \tag{17}$$

Com a introdução da função kernel pode ser rescrita da seguinte forma:

$$f(x) = \sum_{i=1}^l (a_i - a_i^*) K(x_i, x) + b \tag{18}$$

Existem 3 funções principais de kernel: linear $K(x_i, x_j) = x_i \cdot x_j$; polinomial $K(x_i, x_j) = (x_i \cdot x_j + 1)^d$; e função de base radial $K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2)$, $\gamma > 0$, onde d e γ são os parâmetros do kernel.

Quanto maior for o ε e menor o número de vetores de suporte, mais escassa é a representação da solução, por outras palavras mais precisa. Porém, um ε muito elevado pode depreciar a precisão de aproximação dos pontos em treino. Sendo assim um *trade-off* entre a dispersão e a proximidade dos dados (Dong et al., 2005).

4 Análise ao Hotel em Estudo

De forma a garantir a precisão do método de auxílio à gestão da energia no Hotel Real Palácio, é necessário, em primeira instância, analisar todo o funcionamento da unidade hoteleira. Os principais aspetos a estudar são as necessidades energéticas dos serviços prestados, dos equipamentos eletrónicos e das características do edifício, bem como, analisar a influência da ocupação e da temperatura exterior ao longo do ano na cidade de Lisboa. Esta análise é essencial num cenário de criação de um modelo hipotético. Onde é realmente importante identificar os consumos dos equipamentos do hotel por forma a determinar os consumos base do edifício, independente de ocupação e os consumos que são dependentes de ocupação.

Os dados internos necessários para a elaboração desta análise foram recolhidos junto do responsável pela gestão da energia e manutenção do hotel. Devido a uma complexidade inerente ao estudo, os dados disponibilizados não respondiam a todas as questões exigidas. Consequentemente, foram necessárias diversas visitas presenciais à unidade hoteleira em estudo, que permitiram aprofundar o conhecimento do funcionamento do edifício e gestão do mesmo.

4.1 Descrição do Hotel

A unidade hoteleira de 5 estrelas (Real Palácio) está localizada no centro da cidade de Lisboa, na rua Tomás Ribeiro, n.º 115 (Figura 1).

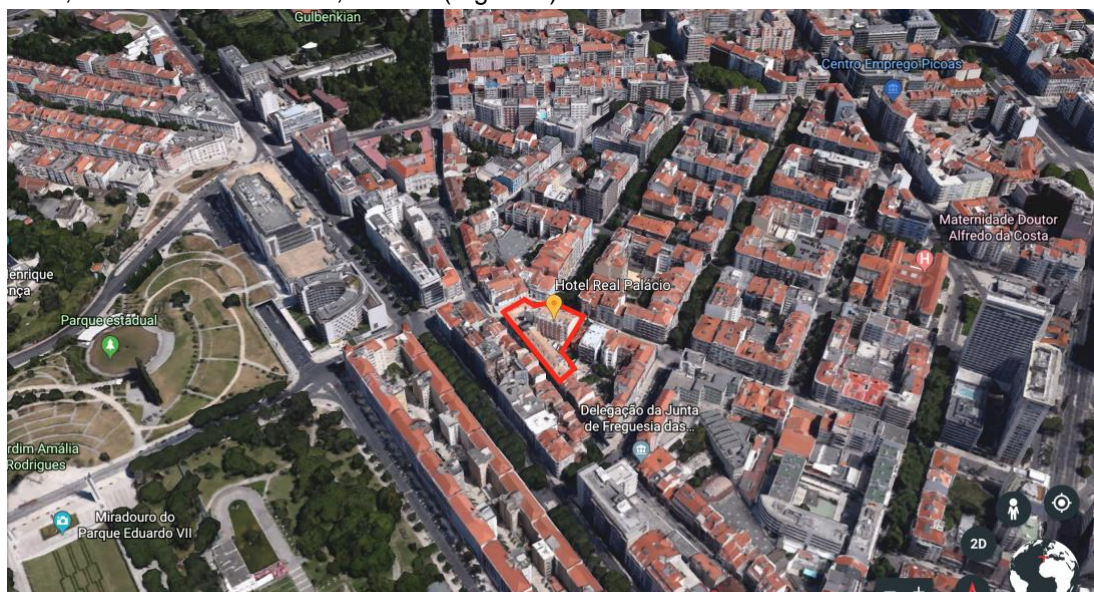


Figura 1 - Localização Hotel Real Palácio

A ligação entre um palacete restaurado do Séc. XVII, com uma parte moderna e atual concebida de raiz para o Real Palácio, formam harmoniosamente apenas um corpo de edifício.

Num total de 147 quartos (12 no palacete e 135 posteriormente construídos), o edifício ocupa uma área de pavimento total de 13 311 m² e possui 12 andares.

Tabela 6- Áreas de pavimento e pé-direito do hotel

Zona	Área [m ²]	Pé-direito
Zona de acesso aos hóspedes e quartos	7944	2,53
Estacionamento	4075	2,34
Armazéns	1019	2,4
Cozinhas	155	2,75
Lavandaria	118	2,91

Os pisos inferiores (-5, -4, -3, -2) encontram-se subterrados, o piso -1 apenas está parcialmente abaixo do solo, sendo que existem 7 pisos térreos (6 é o piso superior).

- Piso -5 e -4: garagem, arrumos, zonas técnicas;
- Piso -3: garagem, arrumos, zonas técnicas, balneários de staff;
- Piso -2: garagem, spa, balneários, lavandaria, preparação e frio, economato, gabinetes, arrumos e zonas técnicas;
- Piso -1: restaurante, cozinha, instalações sanitárias, salas de reuniões, zona administrativa e arrumos;
- Piso 0: receção, restaurante, instalações sanitárias, "winebar", copas, pátio, quartos, arrumos e zonas técnicas;
- Pisos 1 a 6: copas de piso, quartos e instalações sanitárias.

O hotel possui 8 elevadores, dos quais, apenas 3 percorrem todos os pisos e situam-se junto à zona da receção. Destes, dois destinam-se maioritariamente para o uso dos hóspedes e o terceiro está isolado numa área de serviços unicamente para o uso do staff. O quarto elevador opera na área do palacete percorrendo apenas três pisos (0, 1 e 2). O quinto, situado numa das extremidades do hotel, percorre desde o piso 3 até ao -5. O sexto elevador, que apenas liga o piso -1 ao -2, localiza-se na zona central do hotel. Os dois restantes são de dimensões reduzidas e destinam-se apenas ao transporte de catering entre a cozinha, no piso -1 e o restaurante, no piso 0.

A climatização do edifício é garantida, na sua maioria, por um sistema centralizado de quatro tubos. Constituído por um chiller/bomba-de-calor que produz as necessidades de energia térmica nas unidades terminais, mais especificamente, ventiloconvectores (VC) e unidades de tratamento de ar (UTAN/UTA). Em certos espaços, nomeadamente nos pisos -3, -2 e -1, a climatização é efetuada através de unidades de expansão direta do tipo "split".

Ventiladores de insuflação e extração, bem como, 10 UTAN e 2 UTA, são responsáveis pela renovação de ar de toda a área do hotel.

A produção de água quente sanitária (AQS) é realizada por uma caldeira a gás natural. Contém um sistema de recuperação de calor proveniente do chiller/bomba-de-calor, desta forma, reduz o consumo de energia. Porém, sendo a caldeira a gás natural, não tem qualquer impacto neste estudo, pois a análise é focada apenas nos consumos de energia elétrica.

4.2 Equipamentos

O hotel é composto por um elevado número de equipamentos, que na sua maioria são alimentados eletricamente. A necessidade de energia elétrica depende das exigências energéticas dos equipamentos. Contudo, uns representam um peso muito maior nos consumos que outros, existindo alguns praticamente irrelevantes.

Os equipamentos são divididos em ramos, de acordo com a sua natureza de utilização. Atendendo às grandes dimensões do edifício, bem como às exigências de conforto e qualidade, os ramos de AVAC, restauração, lavandaria e iluminação são as áreas que mais influenciam o consumo energético (Thollander et al., 2013).

4.2.1 Ramo de AVAC

Este ramo é o mais complexo e expectavelmente também o mais exigente nos consumos de energia. Aquecimento, arrefecimento e ventilação são garantidos através de um conjunto de equipamentos (chiller, UTA, ventiladores, etc.) dependentes entre si, porém com funções e características diferentes.

A climatização no hotel é feita por um sistema centralizado e algumas unidades individuais. O chiller é a unidade que fornece energia térmica às baterias dos sistemas de VC, UTAN e UTA, de acordo com necessidades de aquecimento ou arrefecimento. Transversalmente fornece água quente através de um recuperador calor para sistema de AQS (caldeira). Algumas das especificações desta unidade são demonstradas na Tabela 7.

Tabela 7 - Características técnicas do chiller

Equipamento	Marca	Modelo	Potência Term. Arref. [kW]	Potência Term. Aquec. [kW]	Potência Elétrica [kW]	Líquido Refrigerante
Chiller	Climaveneta	SRAQ-2004-SL	525	536	195,6/193,2	R 407-C

O hotel dispõe, para a renovação de ar, de 10 UTAN, 2 UTA e 171 VC. E tem o reforço de 80 ventiladores na extração de ar, que aumenta a eficácia deste processo. O conjunto de 80 ventiladores perfaz uma potência total de cerca de 156 kW. No que diz respeito à qualidade de

ar, as UTAN/UTA introduzem ao sistema ar novo, desempenhando um papel crucial no controlo do ar insuflado no interior do edifício. Desta forma, reduz-se o risco de problemas de saúde e aumenta o conforto térmico dos hóspedes, através da manipulação da temperatura do ar ao passar pelo permutador proveniente do chiller.

Tabela 8 - Características técnicas das UTAN/UTA

Equipamento	Marca	Modelo	Caudal Insuflado [m ³ /h]	Potência Elétrica [kW]
UTA	CLEVER	MC 040	4000	1,01
UTAN	CLEVER	MC 030	3000	0,73
UTAN	CLEVER	MC 030	2900	0,65
UTAN	CLEVER	MC 030	3300	0,81
UTAN	CLEVER	MC 080	7000	1,07/0,37
UTAN	CLEVER	MC 040	3500	0,81
UTAN	CLEVER	MC 030	2900	0,72
UTAN	CLEVER	MC 040	3750	1,19
UTAN	CLEVER	MC 050	5500	1,66
UTAN	CLEVER	MC 025	2600	0,79
UTAN	CLEVER	MC 080	7800	2,62
UTA	CLEVER	MC 060	6200	1,89

Os VC são utilizados nos quartos e outros espaços de pequenas dimensões. Normalmente, estes dispositivos são acionados pelos hóspedes, não tendo um funcionamento passivo. Porém, podem ser controlados e programados para funcionar dentro de uma gama de temperaturas e, assim, evitar cargas demasiado elevadas no sistema.

Tabela 9 - Características técnicas dos VC's

Marca	Modelo	Nº Total	Caudal [m ³ /h]	Potência Elétrica [W]
Blue Box	IOF-06-DX-3-B1	137	510	104
Blue Box	IOF-09-DX-3-B1	1	730	132
Blue Box	IO-06-SX-3-B1	13	437	104
Blue Box	SOFFIO-61-MED(3+2)+FAS4/5-SLS	1	2350	450
Blue Box	SOFFIO-81-MED(4+2)+FAS4/5-SLS	2	2970	600
Blue Box	SOFFIO-36-MED(4+2)+FASE4/5-SLS	2	1650	350
IMI	CWC 875-95	6	1332	-
IMI	CWC 600-45	7	526	-
Blue Box	IO-08-DX-3-B1	1	550	123
Blue Box	IO-12-SX-3-PMS-COIB	1	872	165

Em algumas zonas, existem unidades de expansão direta, do tipo "split", como é o caso do gabinete da manutenção do piso -3, da sala de controlo/segurança do piso -2 e da zona administrativa do piso -1.

Tabela 10 - Características técnicas das unidades do tipo "split"

Marca	Modelo	Potência Term. Aquec. [kW]	Potência Term. Arref. [kW]	Potência Elétrica [kW]	Líquido Refrigerante
Mitsubishi	MUH-09-RV	3,2	2,55	0,970/0,875	R 407-C
Mitsubishi	MUH-07-RV	2,5	2,2	0,720/0,750	R 407-C
Sanyo	SAP-CMRV1936EH	7,3	5,4	1,735/1,350	R 407-C

Todo o conjunto de equipamentos, especificado no ramo de AVAC, garante um caudal de insuflação de ar de 68 825 m³/h e um caudal de ar extraído de 76 265 m³/h.

Tabela 11 - Caudais de ar novo e extração por zonas

Zona	Caudal Ar Novo [m ³ /h]	Caudal Extração [m ³ /h]
Zona de acesso aos hóspedes e quartos	48 075	47 155
Armazéns	2 200	6 650
Cozinhas	12 000	20 210
Lavandaria	6 550	2 250
Total	68 825	76 265

4.2.2 Ramo da Restauração

Este grupo subdivide-se em equipamentos específicos para a confeção de comida, equipamentos de controlo de temperatura dos produtos confeccionados e, por fim, limpeza e higienização.

Os eletrodomésticos e robôs de cozinha, utilizados na confeção de alimentos, são especificados na Tabela 12. Relativamente as placas de fogão e fornos, são todos alimentados a gás. Apenas no piso -4, utilizados esporadicamente em eventos, existem placas de vitrocerâmica, forno e micro-ondas elétricos (Tabela 13).

Tabela 12 – Eletrodomésticos, zona de restauração

Equipamento	Marca	Potência [W]
Torradeira	Fiamma	2750
Torradeira	Fiamma	2200
Torradeira	Fiamma	2200
Torradeira	Dualite	2200
Torradeira	Dualite	2200
Micro-ondas	Becken	700
Micro-ondas	Becken	700
Micro-ondas	Kunft	700
Micro-ondas	Hobart	2800
Batedeira	Felino	2200
Batedeira	KitchenAid	300
Laminadora de massas	Ferneto	550
Varinha magica	Robot Coupe	350
Máquina de vacuo	VAC STAR	1600
Fiambreira	Sammic	300
Cutter	Robot Coupe	1000

Tabela 13 - Equipamentos do Show Cooking

Equipamento	Marca	Modelo	Potência (W)
Placa vitrocerâmica	Ariston	KBT 6114DIX	6600
Placa vitrocerâmica	Ariston	3EB800L	6800
Forno	Balay	HM77348	3580
Micro-ondas	Balay	Professional 609	1120

No que diz respeito à conservação dos alimentos confeccionados, o objetivo é manter as condições ideais para serem servidos. A Tabela 14 mostra as especificações dos equipamentos utilizados nesse processo.

Tabela 14 - Equipamentos de conservação de alimentos confeccionados

Equipamento	Marca	Modelo	Potência [W]
Carro regeneração quente	Rieber	BWK KF 1x2/1 GN	2250
Estufa	Sopaco	Est.base	1200

A limpeza e higienização representam uma área muito sensível devido ao elevado número de operações e regras de higiene minuciosas. De todos os equipamentos, estes são os mais relevantes (Tabela 15), com base no elevado consumo. Trata-se de máquinas de limpeza de loiça industriais.

Tabela 15 - Características técnicas das máq. de lavar loiça

Equipamento	Marca	Modelo	Potência [kW]
Máquina lavar loiça	Hobart	UX-30B	13,2
Máquina lavar loiça em túnel	Hobart	CNR-EA150+CDS	19,0

4.2.3 Ramo da Lavandaria

Na área da lavandaria os equipamentos são diversos, compostos por vários tipos de máquinas de lavar roupa, uma calandra grande que seca e dobra a roupa, máquinas de passar a roupa (vaporetas) e uma máquina de costura para necessidades excepcionais. Esta zona dispõe de uma caldeira a gás que pré-aquece a água fornecida às máquinas de lavar roupa, desta forma reduzindo as necessidades de aquecimento elétrico destes equipamentos. O funcionamento de uma calandra passa por utilizar vapor a altas temperaturas para secar, engomar e dobrar a roupa. Não foi possível aceder às especificações técnicas deste equipamento.

Tabela 16 - Características técnicas dos equipamentos da lavandaria

Equipamento	Marca	Modelo	Potência [kW]	Capacidade
Máquina de secar	Miele	T 6251 G	14,3	10 Kg
Máquina de secar	Miele	T 6751 G	38	30 Kg
Máquina de secar	Miele	T 6751 G	38	30 Kg
Máquina de secar	Miele	WS 5101 EL	12,4	10Kg
Máquina de secar	Miele	WS 5320 EL	31	32 Kg
Máquina de secar	Miele	WS 5320 EL	31	32 Kg
Máquina de secar	Miele	WS 5320 EL	31	32 Kg
Máquina de secar	Miele	WS 5320 EL	31	32 Kg
Máquina de secar	LG	F1281T	2,1	8Kg
Calandra	Miele	D800-3300 (4230Kg)	-	-
Vaporeta	Trevil	2501	5,7	-
Vaporeta	Karcher	DE 4002	2,3	2 Lt
Máquina de costura	Unicorn	DB2-H510	0,4	-

4.2.4 Ramo da Iluminação

O sistema de iluminação, não representa uma percentagem muito elevada do consumo total de energia elétrica da unidade hoteleira. Contudo, atendendo ao consumo elétrico elevado devido as dimensões do edifício, uma redução da quantia elétrica utilizada, pode revelar-se numa redução significativa dos custos.

A iluminação existente no hotel é bastante variada e com características de controlo diferentes. A iluminação exterior é gerida pelo horário que varia apenas de verão para o inverno. No período de verão o horário é das 20:00 às 06:00 e no período de inverno é das 17:00 às 08:00.

Tabela 17 - Iluminação exterior

Zona	Tipo de lâmpadas	Nº lâmpadas	Potência Total [kW]
Fachada	Fluorescente Compacta	3	0,15
	LED	40	0,2
	Halogéneo	15	0,95
Estacionamento	Fluorescente	2	0,15
Outros	Fluorescente Compacta	8	0,11

A iluminação interior é controlada por interruptores, juntamente com detetores de movimento/temporizadores em múltiplos locais, tais como o estacionamento, áreas de serviço, instalações sanitárias entre outros espaços comuns. A iluminação interior representa a carga elétrica significativamente elevada, com uma potência total de 74,14 kW face a 1,56 kW do exterior. A iluminação total é de 75,7 kW.

Tabela 18 - Iluminação interior

Zona	Tipo de lâmpadas	Nº lâmpadas	Potência Total [kW]
Armazéns	Fluorescente	118	6,88
	Fluorescente Compacta	19	0,33
	LED	1	0,01
	Halogéneo	8	0,22
Cozinhas	Fluorescente	47	2,09
	LED	5	0,03
Zona de acesso aos hóspedes e quartos	Incandescente	10	0,35
	Fluorescente	340	17,66
	Fluorescente Compacta	488	9,47
	LED	1341	7,54
Estacionamento	Halogéneo	537	19,14
	Fluorescente	131	9,33
Lavandaria	Fluorescente	22	0,99
	Fluorescente Compacta	4	0,1

Após o levantamento feito aos equipamentos conclui-se que no ponto de vista da potência, o ramo de AVAC representa a maior percentagem 64%, muito superior aos restantes ramos, como é possível verificar no Gráfico 3.

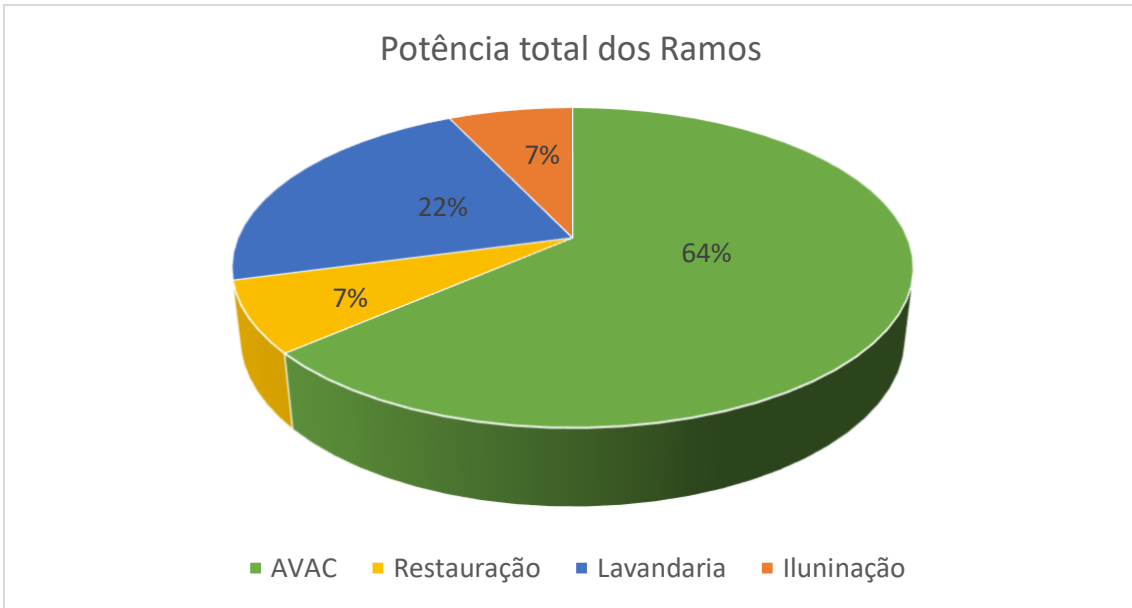


Gráfico 3 - Peso de cada ramo em relação às potências

4.3 Análise de Faturas Elétricas

A análise das faturas elétricas é fundamental para determinar a utilização de energia em períodos de tempo específicos, como também, verificar os respetivos custos consoante o tarifário contratado. As faturas servem também para verificar se existe consumo de energia reactiva ou não e saber a potência contratada.

Estes documentos em formato digital (.pdf), facultados pelo responsável de gestão da energia e manutenção do hotel, correspondem a um período de tempo específico, de 2013 a 2017. Com base nestes registos, tornou-se possível a representação do consumo anual de energia elétrica, como também, a análise dos consumos nos diferentes períodos de tempo abrangidos pelo horário do tarifário.

A unidade hoteleira tem um contrato de média tensão, horário opcional com feriados e uma potência contratada de 405 kW. Os horários do ciclo semanal opcional com feriados estão representados na Tabela 19. O período de horário de inverno decorre entre 1 de outubro até 31 de março, o período de verão ocorre de 1 de abril até 30 de setembro.

Tabela 19 – Horários de ciclo semanal opcional

	Horário de Inverno	Horário de Verão
	Segunda a sexta	
Horas ponta	das 17:00 às 22:00	das 14:00 às 17:00
Horas cheias	das 00:00 às 00:30	das 00:00 às 00:30
	das 07:30 às 17:00	das 07:30 às 14:00
	das 22:00 às 24:00	das 17:00 às 24:00
Horas vazio	das 00:30 às 02:00	das 00:30 às 02:00
	das 06:00 às 07:30	das 06:00 às 07:30
Horas supervazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00
Sábados		
Horas cheias	das 10:30 às 12:30	das 10:00 às 13:30
	das 17:30 às 22:30	das 19:30 às 23:00
Horas vazio	das 00:00 às 03:00	das 00:00 às 03:30
	das 07:00 às 10:30	das 07:30 às 10:00
	das 12:30 às 17:30	das 13:30 às 19:30
	das 22:30 às 24:00	das 23:00 às 24:00
Horas supervazio	das 03:00 às 07:00	das 03:30 às 07:30
Domingos e feriados		
Horas vazio	das 00:00 às 04:00	das 00:00 às 04:00
	das 08:00 às 24:00	das 08:00 às 24:00
Horas supervazio	das 04:00 às 08:00	das 04:00 às 08:00

Relativamente ao valor monetário de cada um dos períodos, conclui-se que o “horas ponta” é o mais dispendioso, seguido de “horas cheias”. O período “horas vazio” é o segundo mais barato, sendo “horas supervazio” o menos dispendioso dos quatro.

Com base nas faturas foi possível criar perfis de consumo elétrico anual do hotel para os anos 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017. O Gráfico 4 apresenta os consumos mensais nos vários períodos tarifários em cada ano.

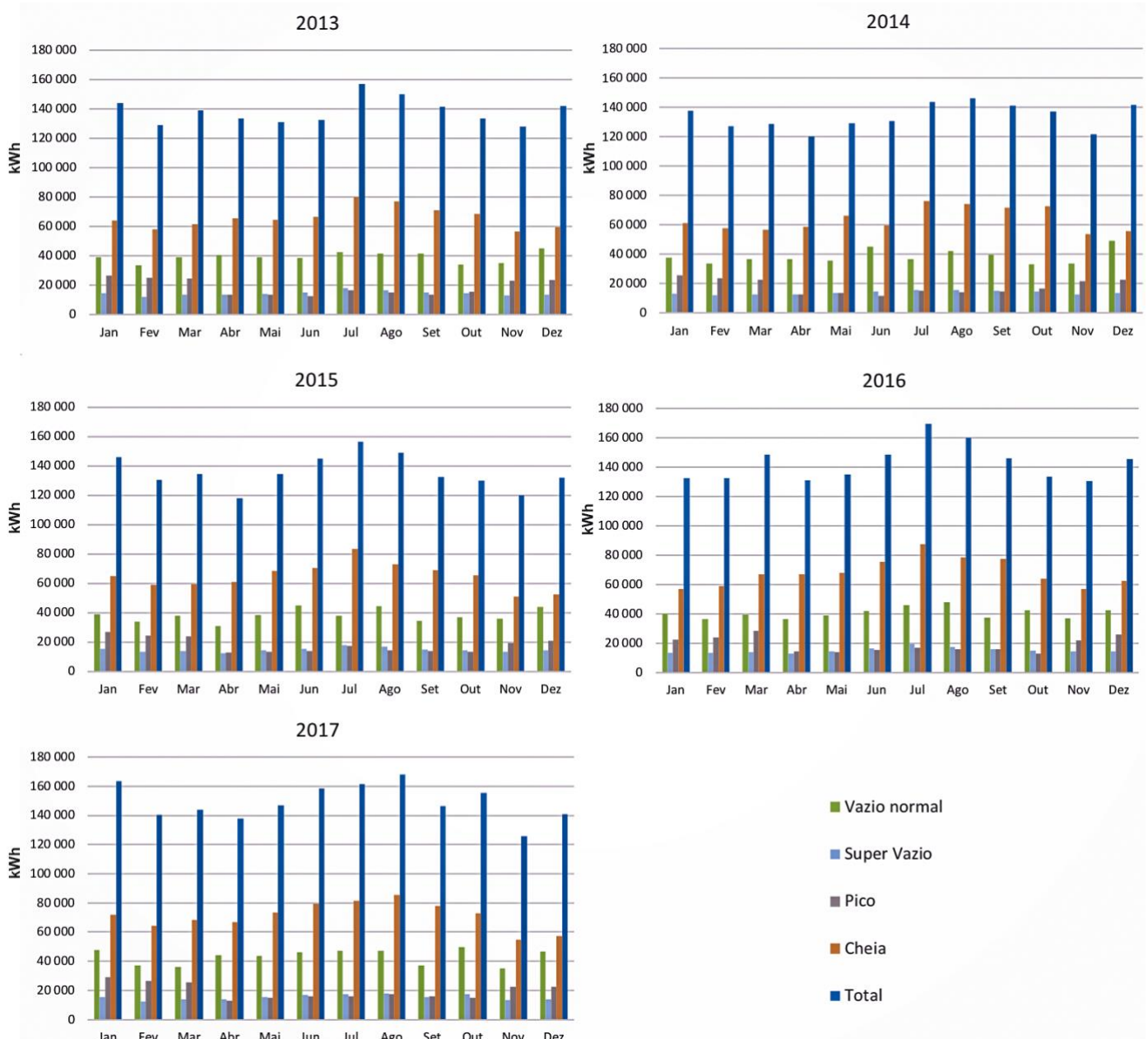


Gráfico 4 - Consumos elétricos mensais por ano em estudo

Numa visão geral, o Gráfico 5 apresenta a variação dos consumos totais ao longo dos anos. Tendencialmente há um aumento do consumo total, nomeadamente nos últimos dois anos, o

que vem de encontro com a tendência de aumento do turismo na cidade de Lisboa. Em média com os 5 anos o hotel tem um consumo de 126,12kWh/m²/ano, relativamente a baixo do valor médio de 296kWh/m²/ano valores referentes ao ano de 2001 (Bohdanowicz & Martinac, 2007). E também a baixo dos valores de consumo médio de 196kWh/m²/ano para 5 estrelas e para 4 estrelas de 165,9kWh/m²/ano no estudo realizado por (Neto, 2015).

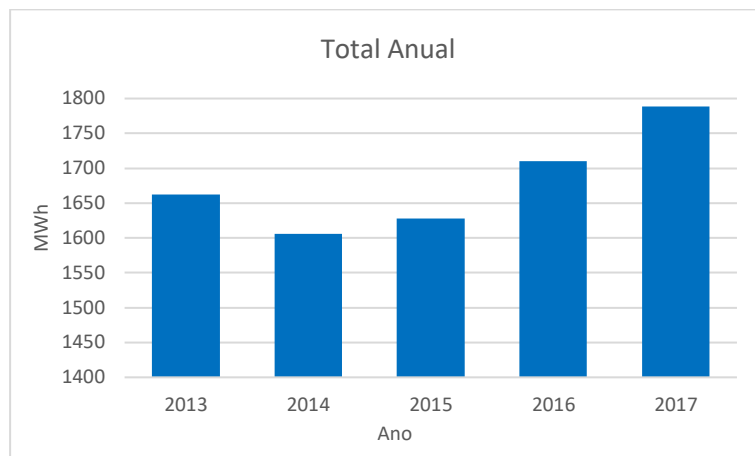


Gráfico 5 - Consumo total anual

Através das faturas, foi possível verificar que o consumo de energia reactiva é nulo ou insignificante, posto isto, a energia ativa é a única a ter em conta.

4.4 Ocupação da Unidade Hoteleira

A média anual de ocupação do hotel, durante os cinco anos em estudo, é cerca de 85%, o que equivale a 45 491 quartos/ano e cerca de 82 446 pessoas. A ocupação é determinante no consumo final de energia do hotel (Önüt & Soner, 2008).

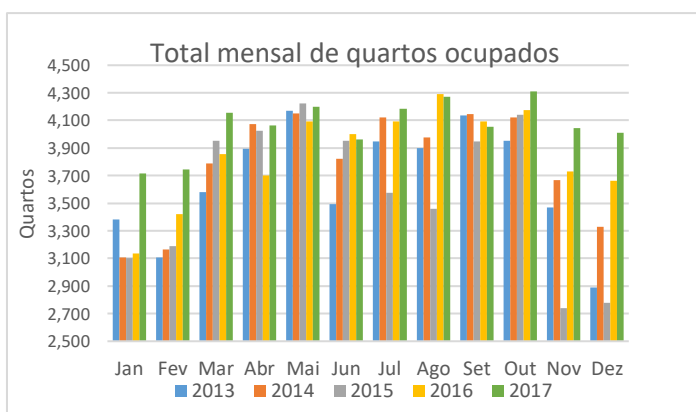


Gráfico 6 – Total mensal de quartos ocupados

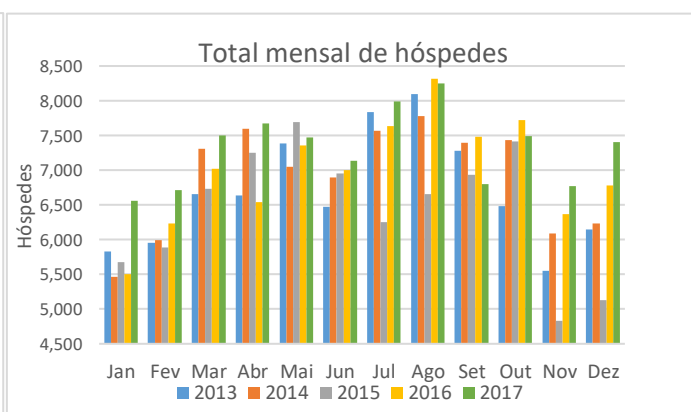


Gráfico 7 – Total mensal de hóspedes

Os gráficos acima apresentados (

e Total mensal de quartos ocupados

Gráfico 7) mostram a evolução da

ocupação dos quartos e do número de pessoas ao longo dos meses. Pode-se verificar que os

meses de maior ocupação ocorrem geralmente no período de verão (julho e agosto) e de menor nos meses de janeiro, novembro e dezembro.

Verifica-se que ambos os indicadores estão fortemente relacionados entre si: coeficiente de correlação 0,893. O que significa que influenciam equivalentemente os consumos energéticos. De seguida demonstra-se a relação do consumo mensal com número de hóspedes (Gráfico 8).

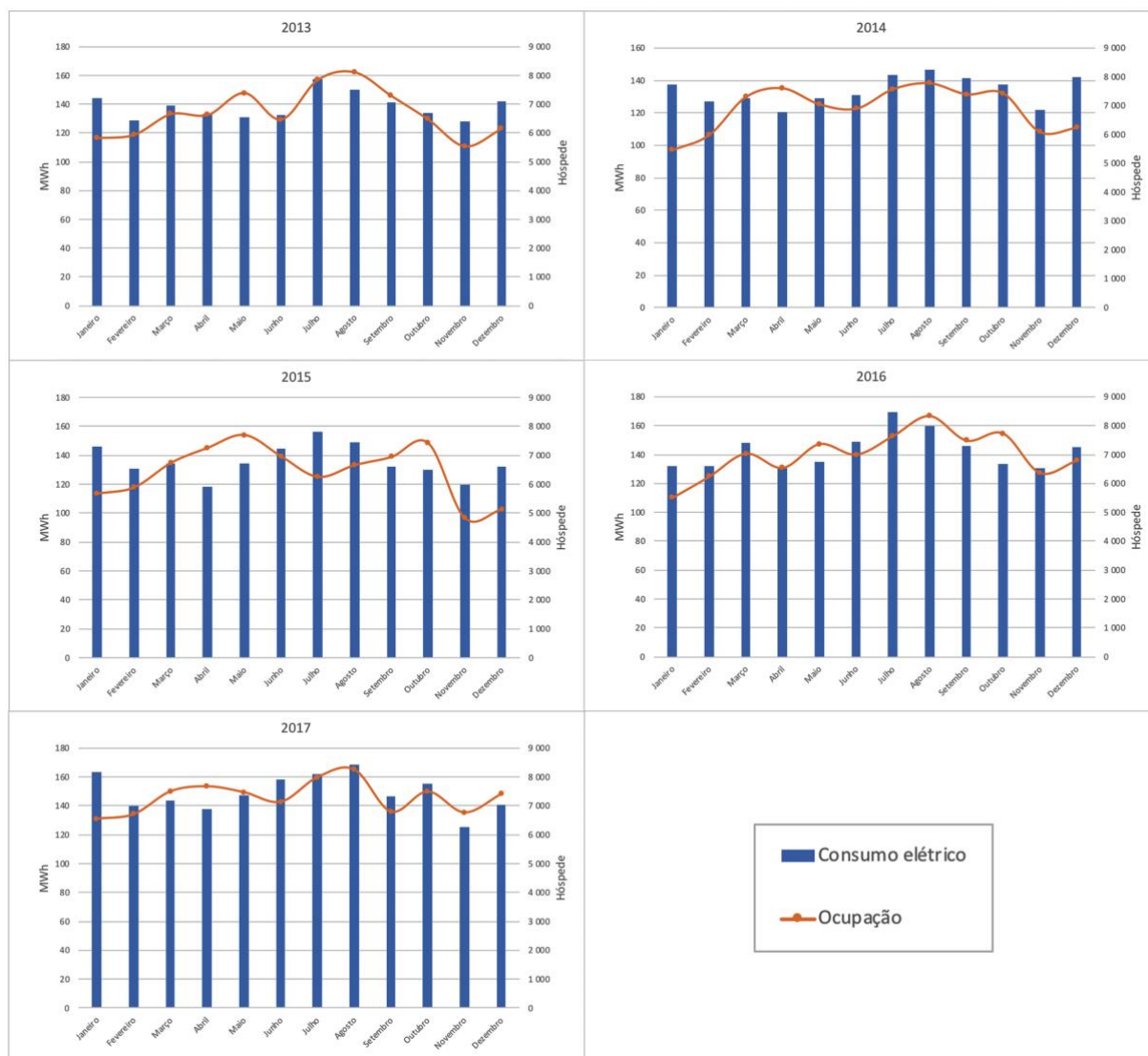


Gráfico 8 - Consumo mensal e ocupação mensal de todos os anos

Ao longo dos anos os consumos tomam uma evolução diferente em relação à ocupação. Por exemplo, no período de verão do ano 2015 a ocupação é mais baixa em relação aos outros períodos do mesmo ano, contudo os consumos são os mais altos. Pode-se concluir que, durante o verão, para além do fator ocupação, os consumos fixos possuem extrema importância. Como também, a exigente necessidade de arrefecimento nesse período pode justificar esse aumento nos consumos. Tendencialmente, o aumento da ocupação reflete o aumento do consumo elétrico como é visível de forma mais clara no gráfico seguinte (Gráfico 9).

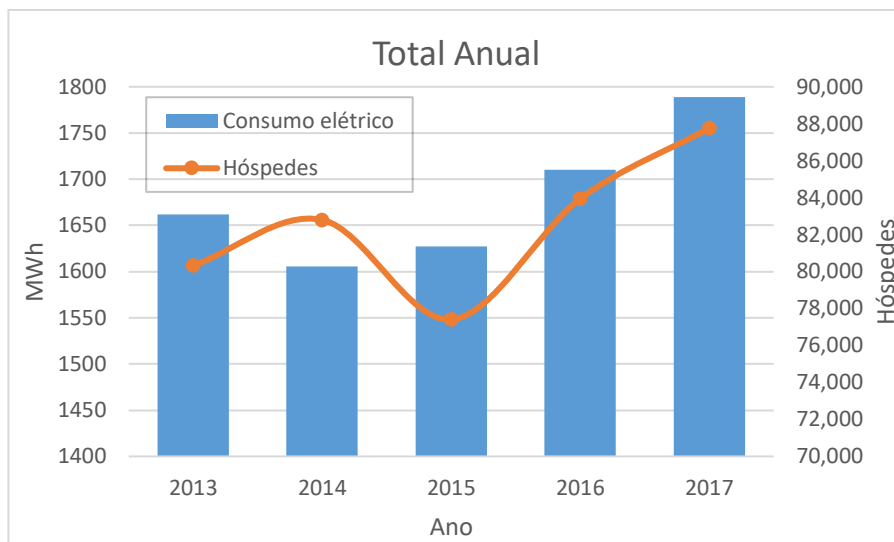


Gráfico 9 - Consumo anual de energia elétrica e ocupação anual por hóspede

Com os dados apresentados é possível fazer uma análise da média de consumo de eletricidade do total de quartos, por quarto ocupado e por pessoa. Com o objetivo de identificar as variações no consumo de energia durante os diferentes períodos do ano. Esta média é dividida pelas estações do ano, logo, uma média relativa a todos os anos em estudo. O inverno é referente aos meses de janeiro, fevereiro e dezembro, primavera de março a maio, verão são os meses de junho a agosto e, por fim, o outono de setembro a novembro.

Tabela 20 - Média dos consumos por quarto e pessoa

Estação do ano	Consumo médio [KWh]	Taxa média de ocupação	Consumo por: [kWh]		
			Quarto	Quarto ocupado	Pessoas
Inverno	138980,73	75%	31,51	41,92	22,78
Primavera	134035,20	89%	29,73	33,54	18,64
Verão	151772,33	87%	33,67	38,56	20,54
Outono	134816,67	88%	30,23	34,44	19,82

A Tabela 20 permite relacionar as diferenças nos consumos consoante a ocupação e condições climáticas típicas das estações do ano. Os meses de inverno e verão, como espectável, são os que atingem consumos mais elevados.

No período de inverno existe uma quebra de cerca de 12% na ocupação em relação ao verão, no entanto, o consumo médio apenas reduz em 8%. Conclui-se que a redução da taxa de ocupação reflete num aumento de consumo por pessoa, pois os consumos fixos são repartidos por menos ocupantes. Um fator que pode influenciar os consumos fixos do hotel, no inverno é a necessidade de aquecimento. No caso da primavera, a taxa de ocupação é a mais elevada, porém os consumos elétricos são os mais baixos. Pode-se dever ao facto de as temperaturas serem mais amenas.

Em média, ao longo do ano um hóspede exige 20,45 kWh/hóspede de energia ao hotel. O pior período registado é referente ao inverno de 2015 com uma taxa de ocupação de 69% e um

consumo por cliente de 24,47 kWh/hóspede. Este consumo mais elevado coincide com a taxa mais baixa de ocupação reforçando a conclusão acima referente aos consumos fixos.

Neto (2015), na sua investigação de indicadores de desempenho energético nos hotéis de 4 e 5 estrelas em Portugal, caracteriza o “Cliente Tipo”, que exige, em média, 32,27kWh/hóspede de energia. Comparativamente com o presente estudo, este valor é cerca de 37% superior, o que revela que o Hotel Real Palácio é beneficiado pelas suas taxas de ocupação elevadas, sendo que os custos fixos são divididos por um maior número de hóspedes.

No mesmo estudo realizado por Neto (2015), o respetivo indicador de “Cliente Tipo” é analisado para o período de arrefecimento (verão) e aquecimento (inverno). Com os valores de 36,56 kWh/hóspede no verão e 31,05 kWh/hóspede no inverno. Estes dados divergem do Hotel Real Palácio, que apresenta um maior consumo no inverno (22,78 kWh/hóspede) do que no verão (20,54 kWh/hóspede). O fator explicativo desta diferença pode ser a variação da ocupação do período de inverno para o verão. Enquanto no Real Palácio a subida foi de 12%, no estudo do Neto (2015), a subida registada é de 24,5%.

Através do Gráfico 8, verifica-se que, apesar de uma diferença pouco significativa (cerca de 8,43%), os consumos elétricos são mais elevados durante o verão.

4.5 Perfil Diário de Consumo

Para uma análise mais aprofundada do funcionamento do hotel, é fulcral saber o perfil de consumo elétrico diário. Foram fornecidos dados internos de consumos hora a hora de um dia, com contagens em diversas áreas do edifício. Estes dados são uma média referente às medições realizadas no período de (07/09/2017 a 12/09/2017) no contador geral, chiller, cozinha, lavandaria e em alguns pisos.

O consumo registado no quadro geral está representado no Gráfico 10, onde é visível o início de atividade diária no hotel com o aumento do consumo por volta das 07:00 horas. O intervalo de tempo de maior consumo ocorre entre as 13:00 e as 18:00, trata-se de uma altura onde são servidos os almoços, são feitos os check-ins e estão a decorrer outros serviços. Durante esta altura o hotel pode estar com maior número de ocupação, pois a zona de refeições é aberta ao publico e não é exclusiva somente a hóspedes. Após as 18:00 os consumos baixam gradualmente, grande parte dos serviços são terminados, é reduzido o número de staff e baixa a atividade dos hóspedes.

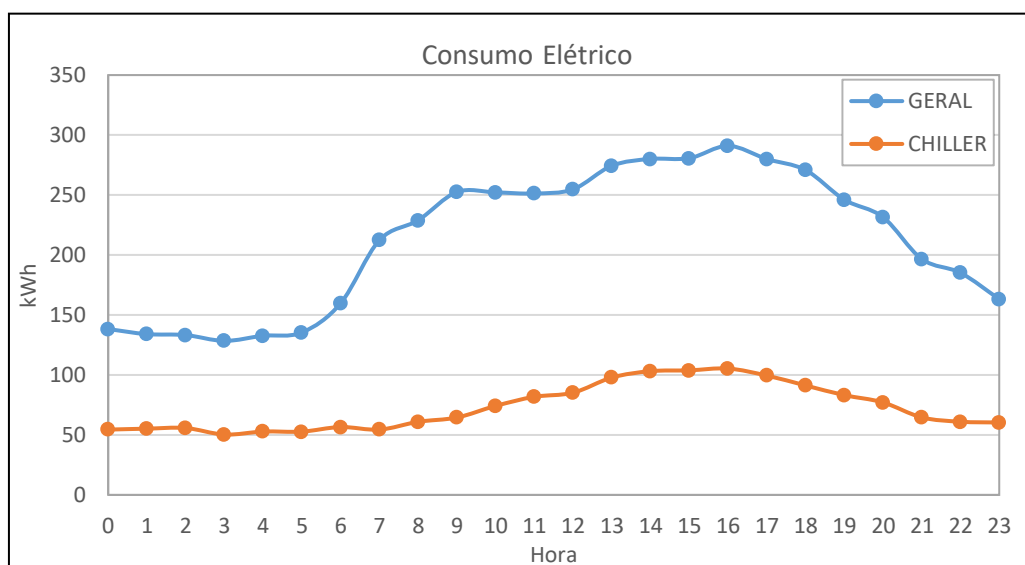


Gráfico 10 - Consumo elétrico diário total e do chiller

O gráfico acima (Gráfico 10) apresenta também o funcionamento do chiller ao longo do dia. Verifica-se novamente que a maior carga ocorre no mesmo período anteriormente explicado. Ocupação elevada pode exigir maior carga ao chiller.

Este perfil de funcionamento varia ao longo do ano de acordo com as mudanças climáticas. No momento da execução das medições, as necessidades térmicas não eram as mais exigentes, pelo que este não é um cenário crítico, no que diz respeito ao funcionamento do chiller. O consumo elétrico do chiller é cerca de 34% do consumo total, este equipamento é o maior consumidor direto do hotel. Este valor vai de encontro ao levantamento de informação feito no capítulo 2.

Em comparação com o perfil diário do hotel hipotético proposto no estudo de Tarasak et al. (2014) apresentado no capítulo 3.1 (Gráfico 1), existem diferenças acentuadas nos períodos de maior consumo. Enquanto Hotel Real Palácio apresenta maiores consumos entre as 13:00 e as 18:00, o hotel hipotético apresenta o maior consumo entre as 18:00 e as 20:00 (aproximadamente). Possui também uma quebra entre as 10:00 e 16:00 que não se verifica no

hotel em estudo. Demonstrando desta forma que o modelo de previsão utilizado no estudo de Tarasak et al. (2014) não se adequa ao perfil de consumo do hotel em estudo.

Numa análise mais aprofundada, a lavandaria e a cozinha (

Gráfico 11) iniciam as operações entre as 6 e as 7 horas. A zona da cozinha tem o consumo mais elevado durante a manhã (das 07:00 às 10:00) é a altura de maior atividade, onde é confeccionada a maior parte dos alimentos do dia. Por volta das 14:00 volta a ter um aumento no consumo, este aumento pode ser justificado pela lavagem de loiça do pequeno-almoço e almoço. Na altura do jantar os consumos voltam a subir acima dos 15kWh, entre as 20:00 e as 22:00.

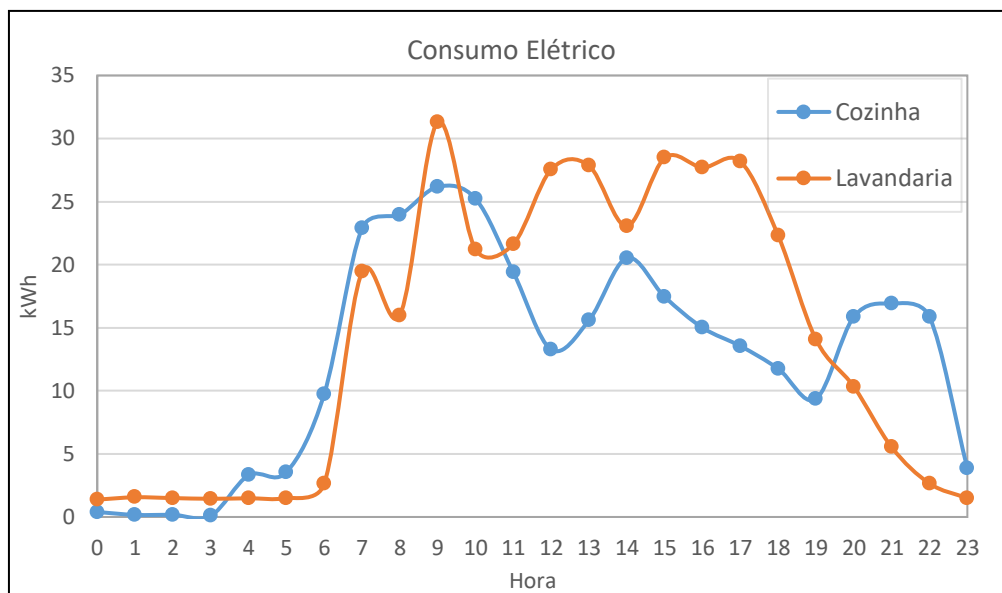


Gráfico 11-Consumo elétrico diário da cozinha e lavandaria

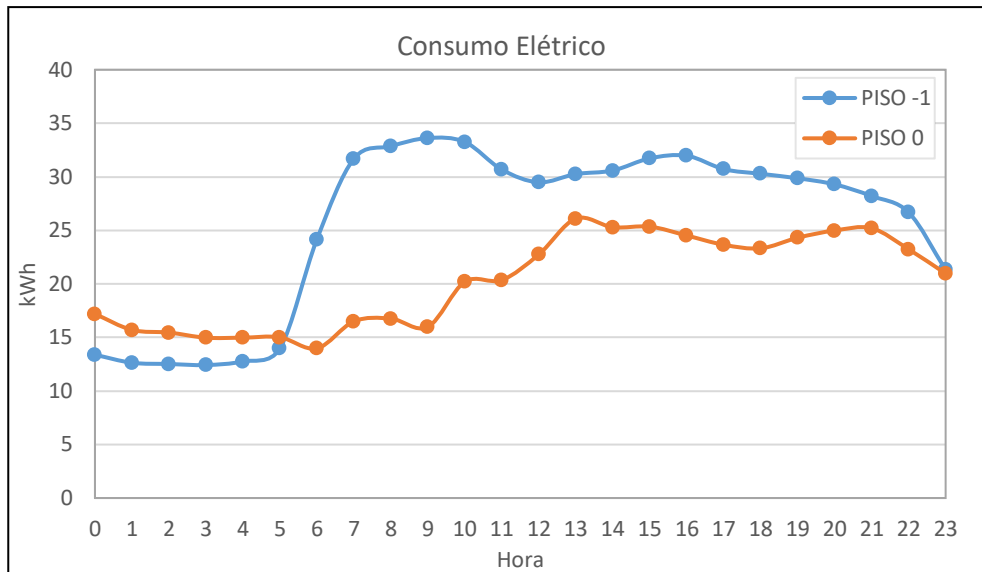
Os consumos na lavandaria tomam um perfil diferente em relação à cozinha. Neste caso o consumo elétrico é um pouco mais elevado entre as 09:00 e as 17:00, fora dessa zona horária há um decréscimo grande nas cargas.

De uma forma genérica, estes perfis são os mais constantes ao longo do ano. Isto significa que, no verão, o maior consumo ocorre nas horas de ponta, o que representa uma despesa elevada. No inverno, ocorre nas horas cheias e nas horas de ponta, que, são os horários mais dispendiosos.

Ambos os perfis são suscetíveis de serem programados consoante o tarifário em vigor, porém a cozinha possui mais limitações horárias. É uma oportunidade para alcançar uma maior eficiência energética e económica.

O gráfico abaixo (Gráfico 12) é respetivo aos consumos nos pisos -1 e 0 que representam a maior afluência tanto de hóspedes como de staff. A leitura feita no piso -1 não contabiliza os consumos de cozinha, conta apenas com o restaurante, zona administrativa e operacional, etc.

Ab



Latif, R., Mohamed, R., Dahlan, A., & Mat Nor, M. Z. (2016). Using Delphi Technique: Making Sense of Consensus in Concept Mapping Structure and Multiple Choice Questions (MCQ). *Education in Medicine Journal*, 8(3), 89–98. <http://doi.org/10.5959/EIMJ.V8I3.421>

Bohdanowicz, P., & Martinac, I. (2007). Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels-Case study of Hilton International and Scandic in Europe. *Energy and Buildings*, 39(1), 82–95. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.05.005>

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <http://doi.org/10.1023/A:1010933404324>

Cao, L., & Tay, F. E. H. (2003). Support vector machine with adaptive parameters in financial time series forecasting. *IEEE Transaction on Neural Networks*, 14(6), 1506–18. <http://doi.org/10.1109/TNN.2003.820556>

Cho, H., Smith, A. D., & Mago, P. (2014). Combined cooling, heating and power: A review of performance improvement and optimization. *Applied Energy*, 136, 168–185. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.107>

Crosby, T. (1994). How to Detect and Handle Outliers. *Technometrics*, 36(3), 315–316. <http://doi.org/10.1080/00401706.1994.10485810>

Ding, C., Duan, J., Zhang, Y., Wu, X., & Yu, G. (2018). Using an ARIMA-GARCH Modeling Approach to Improve Subway Short-Term Ridership Forecasting Accounting for Dynamic Volatility. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(4), 1054–1064. <http://doi.org/10.1109/TITS.2017.2711046>

Dong, B., Cao, C., & Lee, S. E. (2005). Applying support vector machines to predict building

- energy consumption in tropical region. *Energy and Buildings*, 37(5), 545–553. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.009>
- Economidou, M., Atanasiu, B., Despret, C., Maio, J., Nolte, I., & Rapf, O. (2011). *Europe's buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings*. Buildings Performance Institute Europe -BPIE. <http://doi.org/ISBN:9789491143014>
- Elith, J., Leathwick, J. R., & Hastie, T. (2008). A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology*, 77(4), 802–813. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01390.x>
- European Commission. (2013). GREEN PAPER A 2030 framework for climate and energy policies. Retrieved April 7, 2016, from <http://cor.europa.eu/en/activities/stakeholders/Documents/comm169-2013final.pdf>
- Fadaee, M., & Radzi, M. A. M. (2012). Multi-objective optimization of a stand-alone hybrid renewable energy system by using evolutionary algorithms: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3364–3369. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.071>
- Fan, C., Xiao, F., & Wang, S. (2014). Development of prediction models for next-day building energy consumption and peak power demand using data mining techniques. *Applied Energy*, 127, 1–10. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.016>
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics*, 19(1), 1–67. <http://doi.org/10.1214/aos/1176347963>
- Gago, E. J., Muneer, T., Knez, M., & Köster, H. (2015). Natural light controls and guides in buildings. Energy saving for electrical lighting, reduction of cooling load. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1–13. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.002>
- Georgievski, I., Member, S., Degeler, V., Pagani, G. A., Nguyen, T. A., Lazovik, A., ... Member, S. (2012). Optimizing Energy Costs for Of fi ces Connected to the Smart Grid, 3(4), 2273–2285.
- Guyon, I., & Elisseeff, A. (2003). An Introduction to Variable and Feature Selection. *Journal of Machine Learning Research (JMLR)*, 3(3), 1157–1182. <http://doi.org/10.1016/j.aca.2011.07.027>
- Hahn, H., Meyer-Nieberg, S., & Pickl, S. (2009). Electric load forecasting methods: Tools for decision making. *European Journal of Operational Research*, 199(3), 902–907. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.062>
- Hannan, M. A., Azidin, F. A., & Mohamed, A. (2012). Multi-sources model and control algorithm of an energy management system for light electric vehicles. *Energy Conversion and Management*, 62, 123–130. <http://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.04.001>

- Harpe, S. E. (2015). How to analyze Likert and other rating scale data. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 7(6), 836–850. <http://doi.org/10.1016/j.cptl.2015.08.001>
- Hartley, J. (2014). Some thoughts on Likert-type scales. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 14(1), 83–86. [http://doi.org/10.1016/S1697-2600\(14\)70040-7](http://doi.org/10.1016/S1697-2600(14)70040-7)
- Huang, M., Lin, R., Huang, S., & Xing, T. (2017). A novel approach for precipitation forecast via improved K-nearest neighbor algorithm. *Advanced Engineering Informatics*, 33, 89–95. <http://doi.org/10.1016/j.aei.2017.05.003>
- Kapiki, S. T. (2010). Energy management in hospitality: a study of the Thessaloniki hotels. *Economics and Organization of Future Enterprise*, 1, 78–97.
- Khemiri, A., & Hassairi, M. (2005). Development of energy efficiency improvement in the Tunisian hotel sector: A case study. *Renewable Energy*, 30(6), 903–911. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2004.09.021>
- Kiliccote, S., Piette, M. A., & Hansen, D. (2006). Advanced Controls and Communications for Demand Response and Energy Efficiency in Commercial Buildings. *Baseline*, (150), 1–11.
- Krarti, M. (2003). An Overview of Artificial Intelligence-Based Methods for Building Energy Systems. *Journal of Solar Energy Engineering*, 125(3), 331. <http://doi.org/10.1115/1.1592186>
- Laakso, K., Rubin, a., & Linturi, H. (2010). Delphi method analysis: The role of regulation in the mobile operator business in Finland. *Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 2010 Proceedings of PICMET '10*: <http://doi.org/10.1108/14636681211222429>
- Lilja, K. K., Laakso, K., & Palomäki, J. (2011). Using the Delphi Method, (1999).
- Linstone, H. A., & Turoff, M. (2002). The Delphi Method - Techniques and Applications. *The Delphi Method - Techniques and Applications*, 1–616. <http://doi.org/10.2307/1268751>
- Liu, S., & Henze, G. P. (2007). Evaluation of Reinforcement Learning for Optimal Control of Building Active and Passive Thermal Storage Inventory. *Journal of Solar Energy Engineering*, 129(2), 215. <http://doi.org/10.1115/1.2710491>
- Lopes, L., Hokoi, S., Miura, H., & Shuhei, K. (2005). Energy efficiency and energy savings in Japanese residential buildings - Research methodology and surveyed results. *Energy and Buildings*, 37(7), 698–706. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.019>
- Ma, J., Qin, J., Salsbury, T., & Xu, P. (2012). Demand reduction in building energy systems based on economic model predictive control. *Chemical Engineering Science*, 67(1), 92–100. <http://doi.org/10.1016/j.ces.2011.07.052>
- Mardani, A., Zavadskas, E. K., Streimikiene, D., Jusoh, A., Nor, K. M. D., & Khoshnoudi, M. (2016). Using fuzzy multiple criteria decision making approaches for evaluating energy

- saving technologies and solutions in five star hotels: A new hierarchical framework. *Energy*, 117, 131–148. <http://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.076>
- Mather, & Ogilvy. (2003). *Eficiência Energética nos Edifícios. Direcção Geral de Energia Ministério da Economia*. <http://doi.org/http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/00000092/zaxpmqlrayniusffzenbctcmilxaxam/Efici%C3%AAnciaEnerg%C3%A9ticaNosEdif%C3%ADcios.pdf>
- Mohd Suki, N., & Mohd Suki, N. (2015). Consumers' environmental behaviour towards staying at a green hotel. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 26(1), 103–117. <http://doi.org/10.1108/MEQ-02-2014-0023>
- Moustris, K. P., Nastos, P. T., Larissi, I. K., & Paliatsos, A. G. (2012). Application of multiple linear regression models and artificial neural networks on the surface ozone forecast in the greater Athens Area, Greece. *Advances in Meteorology*, 2012. <http://doi.org/10.1155/2012/894714>
- Munaretto, L. F., Corrêa, H. L., & Carneiro da Cunha, J. A. (2013). Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratórias. *Revista de Administração Da UFSM*, 6(1), 9–24. <http://doi.org/10.5902/198346596243>
- Neto, P. (2015). *Metodologia integrada de gestão de energia em hotelaria*. Instituto Superior Técnico.
- Nichiforov, C., Stamatescu, I., & Ioana, F. (n.d.). Energy Consumption Forecasting Using ARIMA and Neural Network Models.
- Oliveira, M. M., Camanho, A. S., Walden, J. B., Miguéis, V. L., Ferreira, N. B., & Gaspar, M. B. (2017). Forecasting bivalve landings with multiple regression and data mining techniques: The case of the Portuguese Artisanal Dredge Fleet. *Marine Policy*, 84(July), 110–118. <http://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.07.013>
- Önüt, S., & Soner, S. (2008). Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. *Waste Management*, 28(9), 1552–1559. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.05.019>
- Pauly, D., Alder, J., Bennett, E., Christensen, V., Tyedmers, P., & Watson, R. (2003). Report on a long-range forecasting study. *Science (New York, N.Y.)*. <http://doi.org/10.1126/science.1088667>
- Rahimi, F., & Ipekchi, A. (2010). Overview of demand response under the smart grid and market paradigms. In *Innovative Smart Grid Technologies Conference, ISGT 2010* (pp. 1–7). <http://doi.org/10.1109/ISGT.2010.5434754>
- Rosner, B. (1983). Percentage points for a generalized esd many-outlier procedure. *Technometrics*, 25(2), 165–172. <http://doi.org/10.1080/00401706.1983.10487848>

- Ruppert, D. (2004). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. *Journal of the American Statistical Association*, 99(466), 567–567. <http://doi.org/10.1198/jasa.2004.s339>
- Sebitosi, A. B. (2008). Energy efficiency, security of supply and the environment in South Africa: Moving beyond the strategy documents. *Energy*, 33(11), 1591–1596. <http://doi.org/10.1016/j.energy.2008.08.003>
- Sola, A. V. H., Mota, C. M. de M., & Kovaleski, J. L. (2011). A model for improving energy efficiency in industrial motor system using multicriteria analysis. *Energy Policy*, 39(6), 3645–3654. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.070>
- Song, H. (2017). Review of *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples (3rd Edition)*, by Robert H. Shumway & David S. Stoffer. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 24(5), 800–802. <http://doi.org/10.1080/10705511.2017.1299578>
- Tarasak, P., Chai, C. C., Kwok, Y. S., & Oh, S. W. (2014). Demand bidding program and its application in hotel energy management. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5(2), 821–828. <http://doi.org/10.1109/TSG.2013.2287048>
- Thollander, P., Backlund, S., Trianni, A., & Cagno, E. (2013). Beyond barriers - A case study on driving forces for improved energy efficiency in the foundry industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden. *Applied Energy*, 111, 636–643. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.036>
- Tsoutsos, T., Tournaki, S., Santos, C. A. de, & Vercellotti, R. (2013). Nearly Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Hotels. *Energy Procedia*, 42, 230–238. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.023>
- Turismo de Lisboa. (2016). Análises desta edição. *Observatório Do Turismo de Lisboa*. Retrieved from <https://www.visitlisboa.com/sites/default/files/2017-02/OBS-RTL N.157.pdf>
- Wang, J. C. (2012). A study on the energy performance of hotel buildings in Taiwan. *Energy and Buildings*, 49, 268–275. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.016>
- World Travel & Tourism Council. (2015). Travel & Tourism Economic Impact 2015 World, 20. Retrieved from <http://zh.wttc.org/-/media/files/reports/economic-impact-research/regional-2015/world2015.pdf>

Gráfico 12 - Consumo elétrico diário do piso -1 e piso 0

O piso 0 sofre um aumento no início da manhã, das 07:00 até as 13:00, contudo, é muito menos acentuado do que o resto dos espaços analisados anteriormente. A partir das 13:00 o uso de energia é relativamente constante até às 21:00.

Em suma, identificaram-se três fatores mais influentes no desempenho energético da unidade hoteleira em estudo:

- Equipamentos elétricos
- Ocupação
- Temperatura exterior

Posto isto, estas são as variáveis de maior peso para o desenvolvimento do modelo de previsão que se segue no seguinte capítulo 5.

5 Modelo de Previsão

5.1 Tratamento de dados

Os dados usados são compostos por consumos diários de energia, temperatura hora a hora na cidade de Lisboa e ocupação mensal, do ano 2013 até 2017.

Os consumos foram recolhidos diariamente, numa tarefa executada pela responsabilidade do corpo de segurança do hotel, que todos os dias à meia noite faz a leitura do contador principal. Devido ao procedimento usado existe grande margem de erro inerente. Para tal foi feita uma análise de identificação de erros ou falhas no dia de leitura.

O conjunto total de dados de consumo, usados na investigação, perfaz 1795 observações, de 1 de janeiro de 2013 até 30 de novembro de 2017. As observações com valores inferiores a 2000kWh e superiores a 7000kWh foram identificadas e assumidas como erros, no total foram identificadas 16 observações. O erro comum nessas observações foi a falta de leitura num dia que se justificava num consumo duas vezes maior no dia seguinte. As faturas elétricas foram usadas para confirmar os valores das leituras mensais. Os 16 valores identificados como anormais, foram substituídos pela a média do total de energia no conjunto de dias anormais.

Com os dados meteorológicos foi possível obter as seguintes variáveis: Temperatura máxima, mínima, média e Graus Dia Aquecimento (GDA). A temperatura média foi calculada pelo somatório de temperaturas ao longo de um dia e dividido pelo o número de horas. O cálculo do GDA é feito por subtração da temperatura média com a temperatura base de 16°C. O valor de temperatura base indicado no RECS é de 18°C, porém por ser um valor subdimensionado foi usado os 16°C.

Atendendo aos dados fornecidos da ocupação serem mensais é feita uma média com o número de dias dos respetivos meses.

5.2 Otimização dos modelos

ARIMA

Este modelo é amplamente usado em dados base de séries temporais. Como tal apenas são introduzidos dados dos consumos de energia total de cada dia dos anos em estudo.

Para melhorar o desempenho do modelo são removidas 16 observações atípicas. No total 1769 observações são utilizadas no modelo. Este modelo é o único onde as 16 observações são removidas definitivamente sem haver substituição.

A otimização dos parâmetros específicos, modelo autorregressivo p , o grau de diferenciação d e a ordem do modelo de média móvel q é executada através de uma análise de resíduos pela sua distribuição normal e evolução da autocorrelação. Sendo que a otimização dos parâmetros corresponde a p com um valor de 5, d de 1 e q de 4. A função usada no software MatLab para a criação do modelo foi `arima(p,d,q)` e para a execução da previsão foi corrido a função `estimete(arima,y)`, os dias a prever são definidos nesta ultima função.

MLR

MLR é um algoritmo de regressão linear com múltiplas variáveis, onde o consumo de energia é a variável dependente e a ocupação bem como os dados de temperatura exterior são variáveis independentes (explicativas).

Neste modelo não é necessário otimizar nenhum parâmetro, mas é essencial para a sua precisão fazer uma análise aos dados que são introduzidos. A simples introdução de todos os dados não é um método eficiente. Para aumentar a precisão é feito um teste de linearidade de todas as variáveis (`fitlm(x,y,'linear')`), esse teste identifica o número de dias anteriores ao dia a prever que vão ser tidos em conta para a criação do modelo. A avaliação dos testes de linearidade das variáveis é feita com base no RMSE e R^2 .

Após a identificação dos dias o modelo cria uma função linear, que atribui coeficientes estimados de regressão a cada variável independente (`regress(y,X)`) onde $X = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5]$ conjunto de variáveis independentes (dados meteorológicos e ocupação). Através deste processo é criada uma função ajustada para o modelo, que vai realizar a previsão para os consumos elétricos.

kNN

O kNN é um algoritmo não paramétrico de classificação e regressão. O principal objetivo passa por encontrar os dados vizinhos entre os dados de teste, entrada e dados de saída. Para tal é necessário determinar valor ótimo de k . Através do uso da função `fitcknn`, que realizou 30 iterações a identificar as correlações entre os dados de treino (540 observações) e entrada (1795 observações). O valor ótimo determinado para k é de 472.

A previsão neste modelo é executada pela a função `predict(Mdl,y)`.

SVR

Para realizar este modelo o primeiro passo passou por ser a otimização dos parâmetros usados no desenvolvimento do modelo. Para tal foi usada a função `fitrsmv` do software MatLab com função kernel de base radial $K = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2)$. No que diz respeito aos dados de

entrada, não foi realizado nenhum tratamento prévio. Foram usadas as 1795 observações, esta quantidade de dados não é computacionalmente eficiente, pois requer algum tempo de computação.

Na otimização são realizadas 30 iterações, o melhor ponto observado foi de 5,1165 na escala de kernel e um ε de 78,783.

A previsão é executada no MatLab, pela mesma função usada no kNN (`predict(Mdl, y)`).

5.3 Resultados

Os resultados foram divididos em três grupos: avaliação da previsão do consumo de 30% dos dados de entrada; avaliação da previsão do consumo dia seguinte; avaliação da previsão do consumo mês seguinte.

A avaliação dos 30% de dados de entrada é feita pelo método de RMSE (*root mean square error*) e pelo o MAPE (percentagem do erro médio absoluto), que avalia a previsão de cada observação o que perfaz um total de 540 observações avaliadas por modelo. No caso do ARIMA são avaliadas 534 pois foram removidas 16 observações dos dados iniciais.

A Tabela 21 mostra que o modelo com maior precisão é SVR, dentro dos modelos usados vai de encontro com o estudo realizado por Fan et al. (2014). Porém de modo geral todos os modelos tem desempenhos piores em relação ao estudo. Este decréscimo de precisão pode ser uma consequência do tipo de dados usados e do tratamento feito nos dados de entrada.

Tabela 21 - Avaliação da previsão para 30% dos dados de entrada

Modelo	RMSE	MAPE (%)
ARIMA	12756,00	8,97
MLR	5273,10	10,14
kNN	6931,70	11,72
SVR	3015,60	5,91

Para obter uma avaliação mais empírica foi executada a previsão para o dia seguinte (curto prazo), respetivo ao dia 1 de dezembro de 2017. Neste cenário os modelos obtiveram resultados distintos aos atingimos na Tabela 21. Como se pode ver na Tabela 22, o modelo MLR teve uma previsão quase exata do consumo real desse dia. E o SVR que se destacou como o melhor anteriormente neste caso teve redução na precisão, enquanto todos os outros modelos melhoram a precisão. Um dos motivos que pode explicar esta grande variação tem a haver com a otimização dos modelos, sem contar com o MLR, foi feita para todo o conjunto de dados. O MLR otimizado na previsão deste dia, apenas usa 43 anteriores para criar o modelo. Este modelo

ao longo do ano tem diversas flutuações nos resultados, certos períodos com resultados maus e outros com resultados bons, que se verificam neste período em análise.

Tabela 22 - Avaliação da previsão para 1 dia seguinte

Modelo	RMSE	MAPE (%)
ARIMA	260,65	5,85
MLR	2,67	0,06
kNN	397,00	8,97
SVR	332,68	7,52

Por final com o objetivo de compreender, a precisão da previsão do consumo elétrico de um mês foi realizada a avaliação para o consumo total do mês de dezembro de 2017 (médio prazo). Aqui todos os modelos atingem desempenhos bastante satisfatórios (Tabela 23). O modelo ARIMA fez o melhor desempenho de previsão.

Tabela 23- Avaliação da previsão para o mês seguinte

Modelo	RMSE	MAPE (%)
ARIMA	71,32	0,30
MLR	706,32	4,76
kNN	1518,90	6,00
SVR	956,05	3,77

O algoritmo kNN é de todos o que obteve sempre o pior desempenho nas três avaliações feitas. Neste tipo de modelos é de extrema importância estruturar um conjunto de entrada de dados ótimos, isto é, que remova informação desnecessária e defina as variáveis realmente relevantes. Esse tipo de tratamento promove o aumento de eficiência dos modelos bem como o tempo de computação.

O Gráfico 13 mostra a evolução das previsões dos modelos ao longo do ano de 2017. O modelo Arima é praticamente constante ao longo do ano. O modelo SVR é o que aproxima mais dos valores reais ao longo do ano. O modelo MLR apresenta flutuações em certas alturas do ano os valores são muito distantes e em outras os valores são razoáveis.

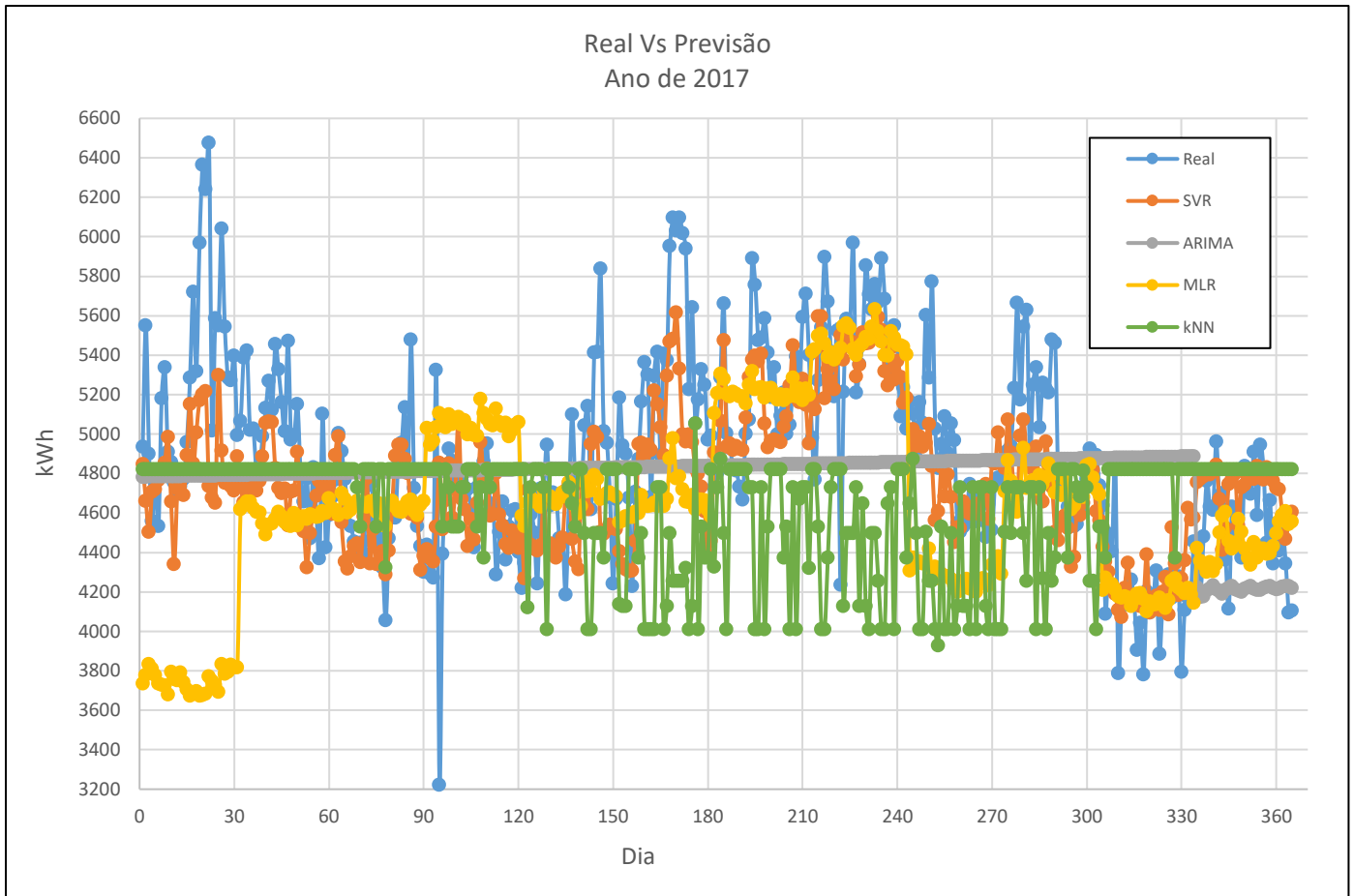


Gráfico 13- Consumo elétrico real Vs as previsões dos modelos no ano 2017

6 Conclusões

O trabalho desenvolvido teve como objetivo estudar aprofundadamente, através de diferentes abordagens, as características energéticas dos hotéis de 4 e 5 estrelas em Lisboa e desenvolver uma metodologia de apoio à gestão de energia, com base na previsão dos consumos elétricos, de um hotel em específico, Hotel Real Palácio. As abordagens foram compostas por investigação científica, através de artigos pesquisados na internet, inquérito aos hotéis da cidade de Lisboa e levantamento de equipamentos e características do hotel em estudo (auditoria). Todo este processo foi essencial no desenvolvimento do estudo, pois permitiu identificar todos os parâmetros essenciais ao desenvolvimento proposto, de quatro modelos de *machine learning*.

- ARIMA (autoregressive integrated moving average)
- MLR (multiple linear regression)
- kNN (k-nearest neighbors)
- SVR (support vector regression)

Altas taxas de ocupação aliadas às exigências de conforto obrigatórias neste tipo de edifícios proporcionam o cenário ideal para a existência de uma grande procura de energia elétrica. Onde cerca de 64% dos consumos totais faturados é referente à energia elétrica (Neto, 2015). No sentido de dar resposta a este problema e procurar aumentar a eficiência energética no hotel. É desenvolvido um conjunto de modelos de previsão, que foi sujeito a três passos principais.

- 1) Caracterização e tratamento de dados
- 2) Otimização dos Modelos
- 3) Avaliação e identificação da precisão dos modelos

Na caracterização e tratamento de dados foram identificados os parâmetros que influenciam os consumos nos hotéis, como a área útil, características estruturais do edifício, condições meteorológicas, taxa de ocupação, eficiência dos equipamentos e serviços prestados. Para além de estudar estes parâmetros foi feito um levantamento de informação por via de inquérito aos hotéis de 4 e 5 estrelas da cidade de Lisboa. Que permitiu obter a importância de certos indicadores, na realidade da cidade de Lisboa. E, dessa forma, posicionar a unidade hoteleira no panorama da sua concorrência direta, que partilha as mesmas condições geográficas e de turismo.

Através de plataformas online, Google Forms e Welphi, foi possível recolher e analisar dados essenciais para cumprir os objetivos do estudo. A estrutura geral do inquérito foi composta por:

- 1) Certificação energética
- 2) Sistemas energéticos
- 3) Parâmetros que influenciam a escolha de sistemas energéticos

Do inquérito é retirado que, a estratégia de eficiência energética é uma tendência da maioria dos hotéis. O hotel em estudo não é o mais eficiente da região, mas procura arranjar soluções para melhorar a sua eficiência energética.

De acordo com a tendência para melhorar a eficiência energética no hotel é importante definir boas práticas de gestão da energia, que permitam tomar decisões com base em dados de consumos reais (Thollander et al., 2013). O hotel é composto por diversos sectores energéticos como refrigeração, aquecimento, iluminação, sistemas de ventilação e qualidade de ar, AQS, entre outros. Dentro destes sectores foram estudados 5 planos de gestão, onde está incluído a previsão de consumos.

A previsão de consumos é uma das ferramentas usadas para uma boa prática de gestão da energia (Fan et al., 2014). Este estudo propõe uma abordagem a técnica de *machine learning*, que é baseada em algoritmos estatísticos. Esta prática permite avaliar o desempenho do edifício, otimizar as operações, detetar e diagnosticar falhas dos sistemas elétricos. No estudo foram desenvolvidos de forma independente 4 modelos básicos. Todos eles têm as suas próprias características bem como pontos forte e pontos fracos, como foi possível verificar através dos resultados. Os algoritmos de previsão usados são suportados por um grande conjunto de diversos dados reais de consumo de eletricidade, dados meteorológicos e de ocupação.

A obtenção específica desses dados foi feita com a análise exploratória do Hotel Real Palácio. Composto um total de 147 quartos e com a área útil de 13 311 m². Da análise foi feito o levantamento dos equipamentos existentes, que permitiu concluir, como esperado, que apesar da enorme diversidade de equipamentos o ramo de AVAC é o mais intensivo, exigindo maior esforço energético à estrutura do hotel. A fim de compreender o uso de energia real, foi realizada uma análise das faturas elétricas de 5 anos. Que permitiu identificar a potência contratada de 405kW, os respetivos tarifários e horários em contrato, compreender a evolução dos consumos ao longo do ano e que não existe consumo de energia reactiva. Por final o Gráfico 5 demonstra que o consumo de energia tem vindo a subir nos últimos 3 anos. A par com esse aumento do consumo houve um aumento de ocupação. O que demonstra dependência entre duas variáveis. Também é analisado o perfil de consumo diário, de forma a compreender o funcionamento do hotel (início e fim de serviços). Com o perfil foi possível verificar que o chiller representa 34% do consumo geral enquanto a cozinha e a lavandaria representam 6% e 7% respetivamente. Os dados do perfil de consumo são referentes a um período no início do mês de outubro, trata-se um período mais ameno nas temperaturas exteriores. Este cenário não é suficiente para explicar como se comporta o perfil de consumos ao longo do ano, no entanto, é um indicador de funcionamento da unidade hoteleira durante o decorrer de um dia.

Para finalizar o passo da caracterização é realizado o tratamento de dados, que consiste na moldagem dos dados no sentido de ajudarem no bom desempenho dos modelos. Neste estudo, o tratamento de dados não é muito aprofundado, apenas são identificados e substituídos dados de consumos anormais. Dos dados meteorológicos são determinados, para cada dia, as

temperaturas máximas, mínimas, médias e de GDA. Sendo o GDA calculado pela média de temperaturas do dia. Nos dados de ocupação mensais é feita uma média/dia para cada mês.

A otimização dos modelos é essencial para que os dados introduzidos sejam interpretados com a maior precisão possível, originando previsões mais exatas. Dos 4 modelos estudados todos são otimizados direta ou indiretamente. Os modelos ARIMA, kNN e SVR são otimizados diretamente. Em primeiro lugar os parâmetros são testados, com a finalidade de encontrar os que atingem melhores resultados. No caso do MLR, não existem parâmetros, a otimização é realizada na avaliação de linearidade dos dados de entrada, que define o número de dados a serem usados. Os valores de parâmetros ótimos obtidos no kNN e no SVR foram demasiado elevados, em comparação com alguns dos estudos revistos. O elevado número de observações analisadas pode ser uma possível explicação. Estes valores à partida indicam que os modelos não vão atingir o máximo da sua performance na previsão dos consumos. Criação de uma estratégia de exploração de dados pode melhorar bastante a otimização e precisão dos modelos.

O culminar da criação dos modelos é avaliar a previsão em três cenários diferentes. O primeiro é uma avaliação de 30% dos dados de entrada (540 observações), o segundo é uma avaliação do dia seguinte e o terceiro é uma avaliação do mês seguinte.

O primeiro cenário, com maior número de dias previstos, demonstra que o modelo com melhor desempenho é o SVR. Os modelos MLR e kNN foram os que tiveram o pior desempenho. Os modelos ARIMA e MLR não apresentam desempenhos melhores pois as variáveis usadas são por vezes não lineares, o que reflete flutuações ao longo do ano nas previsões.

No segundo cenário, O MLR é o melhor contrariando os resultados anteriores, trata-se de um período onde o algoritmo MLR tem um bom desempenho. Este resultado deve-se à uma forte correlação linear das variáveis que se verifica nesta altura do ano. Relativamente aos resultados anteriores, apenas o kNN mantém o pior desempenho, apesar de uma ligeira melhoria. O SVR neste cenário foi o único que baixou o desempenho, este modelo poderia beneficiar com a introdução de mais variáveis dependentes e uma redução nas observações estruturada. A mesma estratégia possivelmente beneficiaria também o algoritmo kNN.

Por fim, no terceiro e último cenário, todos os modelos melhoram significativamente os seus desempenhos com maior destaque para no modelo ARIMA. Neste panorama apenas foi contabilizada a energia total do mês e não dos dias ao longo do mês, essa abordagem faz com que exista uma redução no erro e não reflete a previsão dos dias do mês, mas sim do mês no seu total.

Em suma, estes modelos podem ter desempenhos melhores na previsão e no tempo de computação, caso exista, uma seleção de dados de entrada apropriada. Essa seleção deve reduzir drasticamente o número de observações e remover dados inconsistentes ou irrelevantes para o modelo. O processo de criação dos modelos é computacionalmente demorado, porém, com os modelos criados fazer a previsão com base em novos dados é um processo bastante rápido. Apesar dos dados de consumo disponibilizados não serem de 15 em 15 minutos, os

modelos demonstraram bons resultados. Com o acesso a esses dados o perfil energético seria mais preciso, auxiliando na análise do funcionamento do hotel ao longo do ano. Bem como, seria possível fazer uma abordagem mais aprofundada no que diz respeito a relação entre os consumos e as restantes variáveis dependentes.

A aplicação deste tipo de técnica de gestão pode ajudar a tomar medidas prévias em dias onde sejam previstos consumos elevados. Permite também identificar falhas nos sistemas elétricos, reduzindo assim o tempo de resposta. Abre a oportunidade de avaliar intervenções no funcionamento dos sistemas, equipamentos e serviços. Em relação aos 5 fatores principais abordados na gestão de energia (2.4 Gestão da energia no sector da hotelaria), a previsão de consumos é a mais adequada para dar resposta à intenção dos hotéis da cidade de Lisboa, de desenvolver estratégias para melhorar a eficiência energética. As principais vantagens, relativamente aos restantes tópicos de gestão de energia, são a sua fácil e rápida implementação e o investimento que necessita é significativamente inferior.

Sugere-se em investigações futuras, de modo a aumentar a precisão dos modelos, melhorar os dados de entrada através de uma abordagem exploratória. Como também, o desenvolvimento de um modelo de conjunto que englobe os algoritmos individuais.

Outra proposta de investigação é a criação de um modelo de tarifa em tempo real, que permitirá uma gestão da energia mais eficaz. Deste modo, seria possível ter uma melhor definição na escolha de períodos de funcionamento de certos serviços/equipamentos consoante as diferentes tarifas horárias.

7 Referências

- Ab Latif, R., Mohamed, R., Dahlan, A., & Mat Nor, M. Z. (2016). Using Delphi Technique: Making Sense of Consensus in Concept Mapping Structure and Multiple Choice Questions (MCQ). *Education in Medicine Journal*, 8(3), 89–98. <http://doi.org/10.5959/EIMJ.V8I3.421>
- Bohdanowicz, P., & Martinac, I. (2007). Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels-Case study of Hilton International and Scandic in Europe. *Energy and Buildings*, 39(1), 82–95. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.05.005>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <http://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Cao, L., & Tay, F. E. H. (2003). Support vector machine with adaptive parameters in financial time series forecasting. *IEEE Transaction on Neural Networks*, 14(6), 1506–18. <http://doi.org/10.1109/TNN.2003.820556>
- Cho, H., Smith, A. D., & Mago, P. (2014). Combined cooling, heating and power: A review of performance improvement and optimization. *Applied Energy*, 136, 168–185. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.107>
- Crosby, T. (1994). How to Detect and Handle Outliers. *Technometrics*, 36(3), 315–316. <http://doi.org/10.1080/00401706.1994.10485810>
- Ding, C., Duan, J., Zhang, Y., Wu, X., & Yu, G. (2018). Using an ARIMA-GARCH Modeling Approach to Improve Subway Short-Term Ridership Forecasting Accounting for Dynamic Volatility. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(4), 1054–1064. <http://doi.org/10.1109/TITS.2017.2711046>
- Dong, B., Cao, C., & Lee, S. E. (2005). Applying support vector machines to predict building energy consumption in tropical region. *Energy and Buildings*, 37(5), 545–553. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.009>
- Economidou, M., Atanasiu, B., Despret, C., Maio, J., Nolte, I., & Rapf, O. (2011). *Europe's buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings*. Buildings Performance Institute Europe -BPIE. <http://doi.org/ISBN:9789491143014>
- Elith, J., Leathwick, J. R., & Hastie, T. (2008). A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology*, 77(4), 802–813. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01390.x>
- European Commission. (2013). GREEN PAPER A 2030 framework for climate and energy policies. Retrieved April 7, 2016, from <http://cor.europa.eu/en/activities/stakeholders/Documents/comm169-2013final.pdf>
- Fadaee, M., & Radzi, M. A. M. (2012). Multi-objective optimization of a stand-alone hybrid renewable energy system by using evolutionary algorithms: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3364–3369. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.071>
- Fan, C., Xiao, F., & Wang, S. (2014). Development of prediction models for next-day building energy consumption and peak power demand using data mining techniques. *Applied Energy*, 127, 1–10. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.016>
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics*, 19(1), 1–67. <http://doi.org/10.1214/aos/1176347963>
- Gago, E. J., Muneer, T., Knez, M., & Köster, H. (2015). Natural light controls and guides in buildings. Energy saving for electrical lighting, reduction of cooling load. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1–13. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.002>
- Georgievski, I., Member, S., Degeler, V., Pagani, G. A., Nguyen, T. A., Lazovik, A., ... Member, S. (2012). Optimizing Energy Costs for Offices Connected to the Smart Grid, 3(4), 2273–2285.
- Guyon, I., & Elisseeff, A. (2003). An Introduction to Variable and Feature Selection. *Journal of Machine Learning Research (JMLR)*, 3(3), 1157–1182. <http://doi.org/10.1016/j.aca.2011.07.027>
- Hahn, H., Meyer-Nieberg, S., & Pickl, S. (2009). Electric load forecasting methods: Tools for decision making. *European Journal of Operational Research*, 199(3), 902–907. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.062>

- Hannan, M. A., Azidin, F. A., & Mohamed, A. (2012). Multi-sources model and control algorithm of an energy management system for light electric vehicles. *Energy Conversion and Management*, 62, 123–130. <http://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.04.001>
- Harpe, S. E. (2015). How to analyze Likert and other rating scale data. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 7(6), 836–850. <http://doi.org/10.1016/j.cptl.2015.08.001>
- Hartley, J. (2014). Some thoughts on Likert-type scales. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 14(1), 83–86. [http://doi.org/10.1016/S1697-2600\(14\)70040-7](http://doi.org/10.1016/S1697-2600(14)70040-7)
- Huang, M., Lin, R., Huang, S., & Xing, T. (2017). A novel approach for precipitation forecast via improved K-nearest neighbor algorithm. *Advanced Engineering Informatics*, 33, 89–95. <http://doi.org/10.1016/j.aei.2017.05.003>
- Kapiki, S. T. (2010). Energy management in hospitality: a study of the Thessaloniki hotels. *Economics and Organization of Future Enterprise*, 1, 78–97.
- Khemiri, A., & Hassairi, M. (2005). Development of energy efficiency improvement in the Tunisian hotel sector: A case study. *Renewable Energy*, 30(6), 903–911. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2004.09.021>
- Kiliccote, S., Piette, M. A., & Hansen, D. (2006). Advanced Controls and Communications for Demand Response and Energy Efficiency in Commercial Buildings. *Baseline*, (150), 1–11.
- Krarti, M. (2003). An Overview of Artificial Intelligence-Based Methods for Building Energy Systems. *Journal of Solar Energy Engineering*, 125(3), 331. <http://doi.org/10.1115/1.1592186>
- Laakso, K., Rubin, a., & Linturi, H. (2010). Delphi method analysis: The role of regulation in the mobile operator business in Finland. *Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 2010 Proceedings of PICMET '10*: <http://doi.org/10.1108/14636681211222429>
- Lilja, K. K., Laakso, K., & Palomäki, J. (2011). Using the Delphi Method, (1999).
- Linstone, H. A., & Turoff, M. (2002). The Delphi Method - Techniques and Applications. *The Delphi Method - Techniques and Applications*, 1–616. <http://doi.org/10.2307/1268751>
- Liu, S., & Henze, G. P. (2007). Evaluation of Reinforcement Learning for Optimal Control of Building Active and Passive Thermal Storage Inventory. *Journal of Solar Energy Engineering*, 129(2), 215. <http://doi.org/10.1115/1.2710491>
- Lopes, L., Hokoi, S., Miura, H., & Shuhei, K. (2005). Energy efficiency and energy savings in Japanese residential buildings - Research methodology and surveyed results. *Energy and Buildings*, 37(7), 698–706. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.019>
- Ma, J., Qin, J., Salsbury, T., & Xu, P. (2012). Demand reduction in building energy systems based on economic model predictive control. *Chemical Engineering Science*, 67(1), 92–100. <http://doi.org/10.1016/j.ces.2011.07.052>
- Mardani, A., Zavadskas, E. K., Streimikiene, D., Jusoh, A., Nor, K. M. D., & Khoshnoudi, M. (2016). Using fuzzy multiple criteria decision making approaches for evaluating energy saving technologies and solutions in five star hotels: A new hierarchical framework. *Energy*, 117, 131–148. <http://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.076>
- Mather, & Ogilvy. (2003). *Eficiência Energética nos Edifícios. Direção Geral de Energia Ministério da Economia*. <http://doi.org/http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/00000092/zaxpmqlrayniusffzenbctcmilxaxam/Efici%C3%AAnciaEnerg%C3%A9ticanosEdif%C3%ADcios.pdf>
- Mohd Suki, N., & Mohd Suki, N. (2015). Consumers' environmental behaviour towards staying at a green hotel. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 26(1), 103–117. <http://doi.org/10.1108/MEQ-02-2014-0023>
- Moustris, K. P., Nastos, P. T., Larissi, I. K., & Paliatsos, A. G. (2012). Application of multiple linear regression models and artificial neural networks on the surface ozone forecast in the greater Athens Area, Greece. *Advances in Meteorology*, 2012. <http://doi.org/10.1155/2012/894714>
- Munaretto, L. F., Corrêa, H. L., & Carneiro da Cunha, J. A. (2013). Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratórias. *Revista de Administração Da UFSM*, 6(1), 9–24. <http://doi.org/10.5902/198346596243>
- Neto, P. (2015). *Metodologia integrada de gestão de energia em hotelaria*. Instituto Superior Técnico.
- Nichiforov, C., Stamatescu, I., & Ioana, F. (n.d.). Energy Consumption Forecasting Using ARIMA and Neural

Network Models.

- Oliveira, M. M., Camanho, A. S., Walden, J. B., Miguéis, V. L., Ferreira, N. B., & Gaspar, M. B. (2017). Forecasting bivalve landings with multiple regression and data mining techniques: The case of the Portuguese Artisanal Dredge Fleet. *Marine Policy*, 84(July), 110–118. <http://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.07.013>
- Önüt, S., & Soner, S. (2008). Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. *Waste Management*, 28(9), 1552–1559. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.05.019>
- Pauly, D., Alder, J., Bennett, E., Christensen, V., Tyedmers, P., & Watson, R. (2003). Report on a long-range forecasting study. *Science (New York, N.Y.)*. <http://doi.org/10.1126/science.1088667>
- Rahimi, F., & Ipakchi, A. (2010). Overview of demand response under the smart grid and market paradigms. In *Innovative Smart Grid Technologies Conference, ISGT 2010* (pp. 1–7). <http://doi.org/10.1109/ISGT.2010.5434754>
- Rosner, B. (1983). Percentage points for a generalized esd many-outlier procedure. *Technometrics*, 25(2), 165–172. <http://doi.org/10.1080/00401706.1983.10487848>
- Ruppert, D. (2004). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. *Journal of the American Statistical Association*, 99(466), 567–567. <http://doi.org/10.1198/jasa.2004.s339>
- Sebitosi, A. B. (2008). Energy efficiency, security of supply and the environment in South Africa: Moving beyond the strategy documents. *Energy*, 33(11), 1591–1596. <http://doi.org/10.1016/j.energy.2008.08.003>
- Sola, A. V. H., Mota, C. M. de M., & Kovaleski, J. L. (2011). A model for improving energy efficiency in industrial motor system using multicriteria analysis. *Energy Policy*, 39(6), 3645–3654. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.070>
- Song, H. (2017). Review of *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples (3rd Edition)*, by Robert H. Shumway & David S. Stoffer. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 24(5), 800–802. <http://doi.org/10.1080/10705511.2017.1299578>
- Tarasak, P., Chai, C. C., Kwok, Y. S., & Oh, S. W. (2014). Demand bidding program and its application in hotel energy management. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5(2), 821–828. <http://doi.org/10.1109/TSG.2013.2287048>
- Thollander, P., Backlund, S., Trianni, A., & Cagno, E. (2013). Beyond barriers - A case study on driving forces for improved energy efficiency in the foundry industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden. *Applied Energy*, 111, 636–643. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.036>
- Tsoutsos, T., Tournaki, S., Santos, C. A. de, & Vercellotti, R. (2013). Nearly Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Hotels. *Energy Procedia*, 42, 230–238. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.023>
- Turismo de Lisboa. (2016). Análises desta edição. *Observatório Do Turismo de Lisboa*. Retrieved from <https://www.visitlisboa.com/sites/default/files/2017-02/OBS-RTL N.157.pdf>
- Wang, J. C. (2012). A study on the energy performance of hotel buildings in Taiwan. *Energy and Buildings*, 49, 268–275. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.016>
- World Travel & Tourism Council. (2015). Travel & Tourism Economic Impact 2015 World, 20. Retrieved from <http://zh.wttc.org/-/media/files/reports/economic-impact-research/regional-2015/world2015.pdf>

Anexo I - Desenvolvimento e Implementação do Inquérito

De forma a analisar o padrão de comportamento, os valores e as motivações dos hotéis da região de Lisboa relacionados com eficiência energética, recorreu-se a uma pesquisa para obter as informações necessárias de forma a analisar a problemática.

A pesquisa feita neste sentido consistiu na recolha de dados primários através de um inquérito por questionário eletrónico, com o objetivo principal de recolher informação válida através da consulta a hotéis de quatro e cinco estrelas na região de Lisboa, com intervenientes devidamente selecionados para cada hotel (diretor de manutenção ou gestor de energia). Apresentado a uma amostra específica de 17 participantes, representantes de grupos hoteleiros diferentes.

A angariação dos participantes foi efetuada por meio de três vias, via presencial, telefónica e e-mail. Neste processo foi necessário dispensar muito tempo, revelando-se por vezes frustrante a falta de vontade/disponibilidade dos possíveis inquiridos em participar no questionário. Para além disso, a estrutura do inquérito, dividida em duas partes distintas (metodologia do inquérito explicada imediatamente abaixo), provocou a abstenção de 7 participantes entre a primeira parte (Forms) e a segunda (Welphi), finalizando o estudo com apenas 10 participantes inquiridos.

Utilizou-se o método Delphi no decorrer da pesquisa porque é bastante usado e aceite pela comunidade científica na colheita de dados, através de questionários estruturados com base em escolha múltipla (escala Likert). A técnica Delphi estrutura-se em rondas consecutivas, com o intuito de convergir para um razoável consenso entre os questionados. É um método útil para determinar erros e inconsistências, assim como tendências, de uma forma cientificamente controlada. Para a tomada de decisão em projeto contribui com uma estabilização consensual (Ab Latif et al., 2016).

O inquérito foi dividido em duas partes, a primeira parte composta por um questionário online de 4 perguntas, que teve apenas uma preocupação introdutória e de contextualização. Indiretamente serviu também para validar contactos e retirar uma informação inicial útil no sentido de contextualizar o âmbito de toda a pesquisa realizada. Na segunda parte foi usada uma ferramenta nova e em desenvolvimento, a aplicação Welphi, que permite criar questionários online aplicando a metodologia do método de Delphi. A ferramenta foi usada em 2 rondas. No final de cada uma destas rondas os participantes recebem notificação dos resultados (de todas as respostas), mas de forma anónima para não existir pressão por influência de outros participantes. A aplicação Welphi, no final da ronda executa o tratamento das respostas, disponibilizando toda a informação adquirida nos questionários de forma estruturada.

O questionário realizado através da aplicação Welphi é baseado na utilização de uma escala de Likert, onde cada questão tem 5 níveis de resposta, que variam entre o caso extremo negativo “Discordo totalmente” até ao extremo positivo “Concordo totalmente”, tendo um valor médio nulo e uma sexta opção referente a possíveis não intenções de resposta.

7.1 Método Delphi

No método Delphi são recolhidos através de um processo iterativo elementos como experiências, conhecimentos e pressupostos de especialistas sobre um determinado problema ou processo em desenvolvimento. Esta informação é maioritariamente recolhida por entrevista ou inquérito. Sendo assim este método pode ser associado como um método de recolha de dados, tanto na categoria de um estudo quantitativo como na categoria de estudo qualitativo. Este método revela-se particularmente útil em situações onde o tema em estudo é complexo, ou seja, politicamente delicado, difícil de definir, difícil de explicar, etc., (Laakso, Rubin, & Linturi, 2010; Lilja, Laakso, & Palomäki, 2011).

Com origem na Grécia antiga (Delphi é um conhecido santuário da antiguidade Grega), o método era interpretado somente por augúrios Apologistas, baseado nos murmúrios em forma lírica das sacerdotisas virgens, conhecidas por ter a capacidade de prever o futuro (Laakso et al., 2010). O método foi desenvolvido nos anos 50 e 60, nos EUA e usado pela primeira vez por Olaf Helmer. O objetivo inicial foi a conceção de estratégias militares, tendo-se entretanto tornado num método científico para recolha de dados (Pauly et al., 2003).

O método de Delphi começou por ser bem aceite, mas com o tempo começou a suscitar algumas dúvidas e críticas, principalmente na obtenção de resultados mais simples (Lilja et al., 2011).

Dentro dos principais campos da ciência, o futuro é tido como um conhecimento não exato, ou seja, existem muitos futuros possíveis de onde eventualmente um (ou nenhum dos equacionados) se tornará verdadeiro. Com o consenso facilitado pelo método e uma meta procurada de forma forçada, pode levar erradamente há obtenção de tendências erradas. Dando por aqui origem a críticas pesadas, levando o método ao esquecimento num período de cerca de 20 anos (Laakso et al., 2010).

Com a insistência de alguns investigadores, que voltaram a utilizar o método na década de 1980, procuraram desenvolver o método, sobretudo com base na questão: “Como poderia dar melhores repostas às necessidades de uma sociedade em rápida mudança?”. Com a ajuda destes pesquisadores atualmente a reputação do método está recuperada, devendo-se esta especialmente ao trabalho de Harnold Linstone (1975), Osmo Kuusi (1999) e Murry Turoff (2002) (Laakso et al., 2010).

Atualmente o método Delphi não procura somente um consenso, mas sim ter o máximo de conhecimento novo e representativo. Procurando expor essa informação e conhecimento de forma adequada e focada na obtenção de comentários e avaliações por parte dos especialistas. Com o novo método todos os especialistas, independentemente do seu nível de experiência ou de conhecimento podem dar as suas opiniões sem ser influenciados por outros participantes, a isto se deve o princípio de anonimato, pois a autoria das respostas dadas não é facultada. Deste modo a informação recebida é tratada de forma igual e objetiva. Outro ponto favorável ao novo método de Delphi é a capacidade de revelar o conhecimento tácito, ou seja, conhecimento experimental sem base teórica, de forma resumida conhecimento de vida (Laakso et al., 2010).

Os princípios fundamentais para o bom funcionamento do método de Delphi são (Lilja et al., 2011):

- A. Especialistas
- B. Painel (Grupo de especialistas)
- C. Anonimato
- D. Interação/Feedback

A. Um especialista ideal para fazer parte do painel tem de ter:

1. Conhecimento elevado técnico e científico da sua área de trabalho ou estudo;
2. Interesse em aumentar o conhecimento para além da sua área;
3. Capacidade de encontrar ligações entre a da informação nacional e internacional em diferentes áreas da ciência;
4. Capacidade de abordar os problemas sem usar pontos de vista tradicionais;
5. Interesse em criar algo novo.

B. Não existe limite no número de especialistas escolhidos para um painel. O painel ideal é composto por especialistas com um nível máximo de conhecimento e experiência sobre a área. É essencial no painel a interação e recursividade do objetivo, para o bom funcionamento do processo.

C. O anonimato é o segredo do método de Delphi. Os cargos, posições e estatutos dos membros do painel não afetam as respostas ou comentários, sendo as opiniões e comentários formulados de forma independente e sem influência de outros especialistas (Laakso et al., 2010). É importante prevenir a comunicação face-face entre membros do grupo de discussão, de forma a impedir imitações e outros tipos de problemas como a comunicação inarticulada (Linstone & Turoff, 2002). Em suma, o anonimato garante resultados das respostas mais objetivos.

D. A interação e o feedback são a chave para o sucesso do método de Delphi. A informação sobre as respostas é reenviada aos especialistas permitindo que os mesmos comentem os

resultados e reflitam nas escolhas de cada ronda. Ronda após ronda os inquiridos são incentivados a fundamentar as escolhas tomadas, sendo a informação retida da ronda anterior a base para formar a ronda seguinte (Laakso et al., 2010). O início mostra o parecer inicial dos participantes à questão/pesquisa, na fase seguinte trata-se da procura de entendimento entre as diferentes opiniões e pontos de vista, principalmente onde existe maior desacordo (Linstone & Turoff, 2002). Durante o processo o Investigador, com base nos resultados, faz uma análise e reformula os argumentos a incidir na ronda seguinte. As rondas terminam quando o painel chegar a um consenso, sustentado por o máximo de informação (Laakso et al., 2010).

O Diagrama 1 mostra o procedimento do método de Delphi por etapas (Munaretto, Corrêa, & Carneiro da Cunha, 2013):

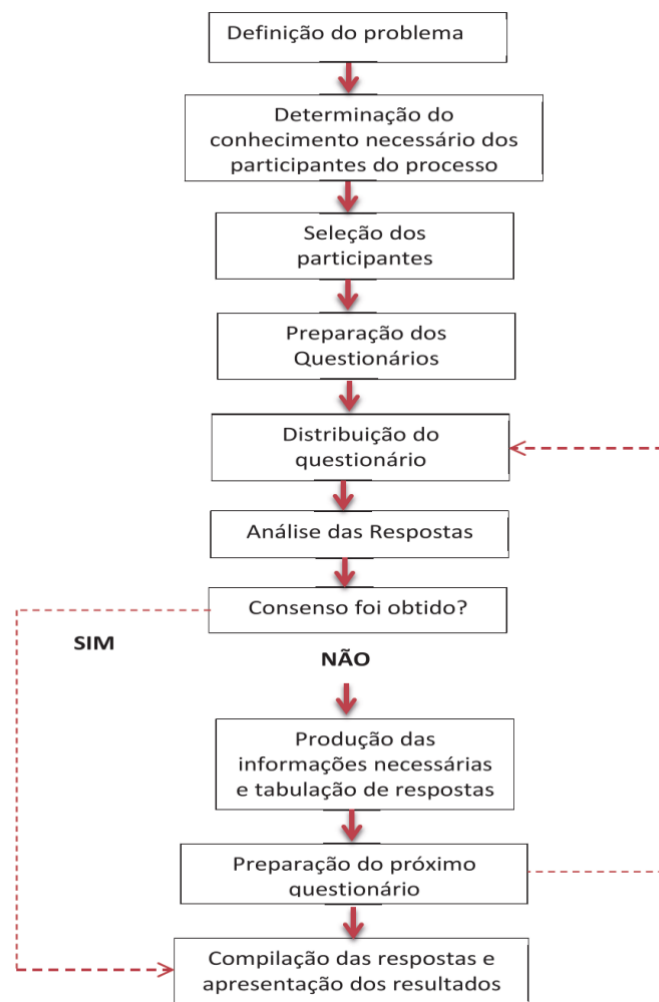


Diagrama 1 - Etapas do método de Delphi (Munaretto et al., 2013)

O uso do método de Delphi em plataforma online Welphi, abre portas a novas a oportunidades de diálogo entre os participantes, conseguindo uma acomodação do método em

condições de organização e estruturação que o favorecem. Trata-se de uma renovação da renovação do método Delphi. Tornando acessível a comunicação do painel face ao problema, permite uma reflexão maior por parte dos participantes que aumenta a credibilidade das suas escolhas. A ferramenta Welphi revela-se também uma grande ajuda para o investigador, pois permite uma fácil gestão do processo e recolha de dados.

7.2 Escala de Likert

Inventado por Rensis Likert, na década de 1930, a escala de Likert é uma escala usada para responder a questionários de vários itens (questões). Esta escala tem como formato original 5 opções na horizontal, que apresentam o fim positivo (classificação mais alta) à esquerda e o fim negativo (classificação mais baixa) à direita, sendo o meio neutro. Atualmente existem muitas alterações nesta escala, mas o formato original continua a ser o mais usual e correto (Hartley, 2014).

A escala de Likert é uma escala de medição que permite quantificar qualquer fenômeno. Desenvolvida com o objetivo de medir atitudes, esta escala pode ser incluída num grupo maior de medidas, denominadas de escalas de classificação somadas ou agregadas. Deste modo pode-se avaliar os sentidos, atitudes ou preocupações apenas relacionando uma série de itens ou afirmações individuais. De acordo com a forma original da escala, Likert propôs que a distancia entre as respostas, ou seja, intervalo de medição (por exemplo entre “Concordo totalmente” e “Concordo”), no seu conjunto, fossem do ponto de vista estatístico iguais. Tornando assim esta escala ideal para a realização de testes paramétricos (Harpe, 2015).

Existem alguns problemas na utilização da escala de Likert. Por exemplo, pelo formato da sua representação, é bastante comum que os participantes escolham a mesma opção em cada item, sem considerar com a devida atenção o significado de cada opção e item. Outro erro que pode refletir um desajuste dos resultados é o caso da existência de um ou mais itens com mais de uma ideia, sendo na perspectiva do participante um item que pode ter mais do que uma resposta. É importante haver um esclarecimento prévio dos inquiridos, de maneira a existir por parte do participante apenas uma escolha por item. O ideal é verificar as questões antes de usar o questionário de forma a anular esse problema (Hartley, 2014), o método mais utilizado para a verificação e correção dos questionários é a realização de pré-teste a um grupo de indivíduos que possam avaliar o mesmo e dar um feedback construtivo.

7.3 Formulação dos Questionários

Na presente secção será descrito todo o processo de construção dos inquéritos por questionário. Kapiki (2010), desenvolveu um estudo sobre os sistemas de poupança de energia dos hotéis de 4 e 5 estrelas de Thessaloniki na Grécia. Com base nesse estudo e com o apoio da referida plataforma online (Welphi) foi criando um questionário a ser apresentado num conjunto de hotéis de 4 e 5 estrelas de Lisboa.

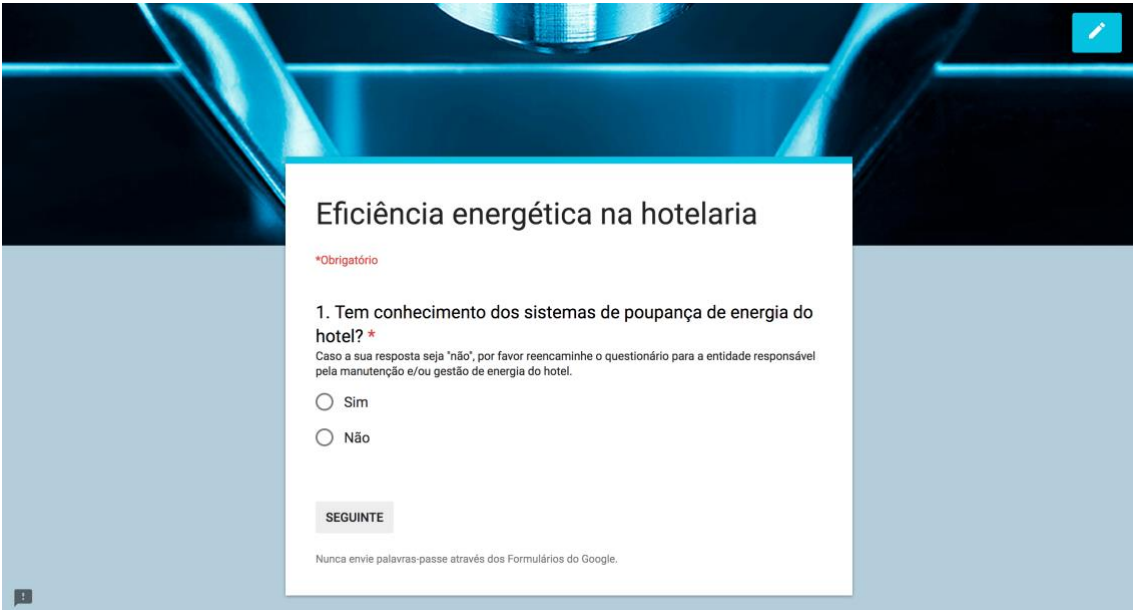
De acordo com a introdução do capítulo, o questionário é dividido em duas partes e vai ser focado nos sistemas de poupança de energia nos hotéis. A primeira parte dá a conhecer que

dispositivos de energia renovável existem no hotel e que materiais reciclam. Outro ponto importante da primeira parte é a validação dos contactos a usar no passo seguinte, ou seja, a segunda parte do questionário. A segunda parte baseia-se na avaliação da importância de uma filosofia eficiente para um bom desempenho do hotel e no nível de concordância com os benefícios provenientes da adoção de sistemas de poupança energética, como por exemplo, a redução de custos operacionais do hotel.

7.3.1 Google Forms

O Google Forms é a aplicação online usada para realização da primeira parte do questionário. Com esta aplicação construiu-se um inquérito de 4 perguntas, uma de resposta dicotómica, sim/não, duas de escolha múltipla e uma de resposta aberta. No final são solicitados os dados do hotel, nome e número de estrelas, como também a identificação do participante, nome e email. Tentou-se sempre definir o participante como sendo um responsável pelo desempenho energético, com o conhecimento de todos os equipamentos e funcionamento de todo o hotel.

O resultado final é representado nas figuras Figura 2 Figura 3 Figura 4.



The image shows a screenshot of a Google Form titled "Eficiência energética na hotelaria". The form is displayed on a white background with a blue header. The question is "1. Tem conhecimento dos sistemas de poupança de energia do hotel? *". Below the question, there is a note: "Caso a sua resposta seja 'não', por favor reencaminhe o questionário para a entidade responsável pela manutenção e/ou gestão de energia do hotel." There are two radio button options: "Sim" and "Não". At the bottom of the form, there is a "SEGUINTE" button and a small note: "Nunca envie palavras-passe através dos Formulários do Google." The background of the form is a blue and white abstract image.

Figura 2 - Demonstração do questionário apresentado aos participantes, parte 1/3

Eficiência energética na hotelaria

*Obrigatório

2. Que materiais reciclam? *

- Papel
- Alumínio
- Plástico
- Vidro
- Desperdícios da cozinha
- Material de escritório (ex: toners)
- Nenhum

3. Que energias alternativas usam no hotel? *

- Fotovoltáico
- Geradores eólicos
- Solar térmico
- Geotérmica
- Cogeração
- Nenhum
- Outra: _____

ANTERIOR **SEGUINTE**

Nunca envie palavras-passe através dos Formulários do Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google. Denunciar abuso - Termos de Utilização - Termos adicionais

Google Formulários

Figura 3 - Demonstração do questionário apresentado aos participantes, parte 2/3

The image shows a Google Forms questionnaire titled "Eficiência energética na hotelaria". The form is displayed on a light blue background with a dark blue header. The questionnaire includes the following fields and options:

- Title:** Eficiência energética na hotelaria
- Requirement:** *Obrigatório
- Question 4:** 4. Se não tivesse restrições que medidas implementaria no hotel para aumentar a eficiência energética? (opcional)
- Response Field 1:** A sua resposta
- Field 2:** Nome da unidade hoteleira (hotel na área de Lisboa) *
- Response Field 2:** A sua resposta
- Field 3:** Classificação do Hotel *
- Options:** 4 Estrelas, 5 Estrelas
- Field 4:** Nome do participante *
- Response Field 3:** A sua resposta
- Field 5:** Email *
- Response Field 4:** A sua resposta
- Navigation:** ANTERIOR (disabled), SUBMETER (active)
- Footer:** Nunca envie palavras-passe através dos Formulários do Google. Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google. Denunciar abuso - Termos de Utilização - Termos adicionais
- Logo:** Google Formulários

Figura 4 - Demonstração do questionário apresentado aos participantes, parte 3/3

7.3.2 Welphi

Na realização da segunda parte é usada a plataforma online Welphi, em processo de desenvolvimento, sendo que no estudo foi utilizada a versão Beta da mesma. Atendendo à necessidade de recolher informação de diversos hotéis e as características da aplicação Welphi, foi tomada, de forma consciente, a decisão de utilizá-la com o objetivo de obter a informação desejada e ainda ajudar no seu desenvolvimento. Esta plataforma, que implementa o método de Delphi por via de uma aplicação na internet, é uma excelente ferramenta, pois permite criar questionários a vários participantes, que por sua vez de forma cómoda e acessível conseguem responder e comunicar, independentemente da sua localização e calendário.

Como explicado no anterior capítulo, o método de Delphi é composto por rondas. No final de cada ronda, com a ajuda do Welphi, os participantes são notificados, de forma anônima e via email, das respostas dadas por todos os participantes e comentários às mesmas. Esta propriedade representa uma das grandes vantagens desta plataforma pois permite acesso a toda a informação justificada, promovendo mais facilmente o consenso e reduzindo em muito o tempo entre rondas. Com este formato os participantes não são, de forma alguma, penalizados se mudarem a sua opinião inicial.

Para criar e configurar todo o questionário na aplicação é necessário identificar:

- Os participantes (especialistas);
- O tema a ser analisado/investigado;
- Quais as questões a apresentar.

Relativamente ao tema a ser investigado, as questões a apresentar foram divididas em três áreas, certificação energética, sistemas energéticos e parâmetros. A primeira área representa apenas um indicador relativo à importância da certificação energética para o hotel. A segunda área possui três perguntas gerais que analisam treze indicadores relativos à eficiência de sistemas energéticos, de tecnologias de poupança de água e de energia elétrica. Na última área, composta por duas perguntas gerais, pretende-se identificar os fatores motivadores na escolha de sistemas de poupança energética e verificar a concordância com os benefícios financeiros ao adotar a utilização desses sistemas, através de cinco indicadores chave.

Na totalidade, as três áreas analisadas em todo o estudo, englobam 19 indicadores.

O primeiro passo na aplicação é introduzir os indicadores, que são os objetos em estudo apresentados aos participantes, por forma a ser possível uma análise. Seguidamente é criada a escala, que é representada geralmente por escala de Likert que é a mais adequada para a investigação efetuada. De seguida são introduzidos os participantes, sendo necessário apenas o endereço de e-mail (Figura 5).

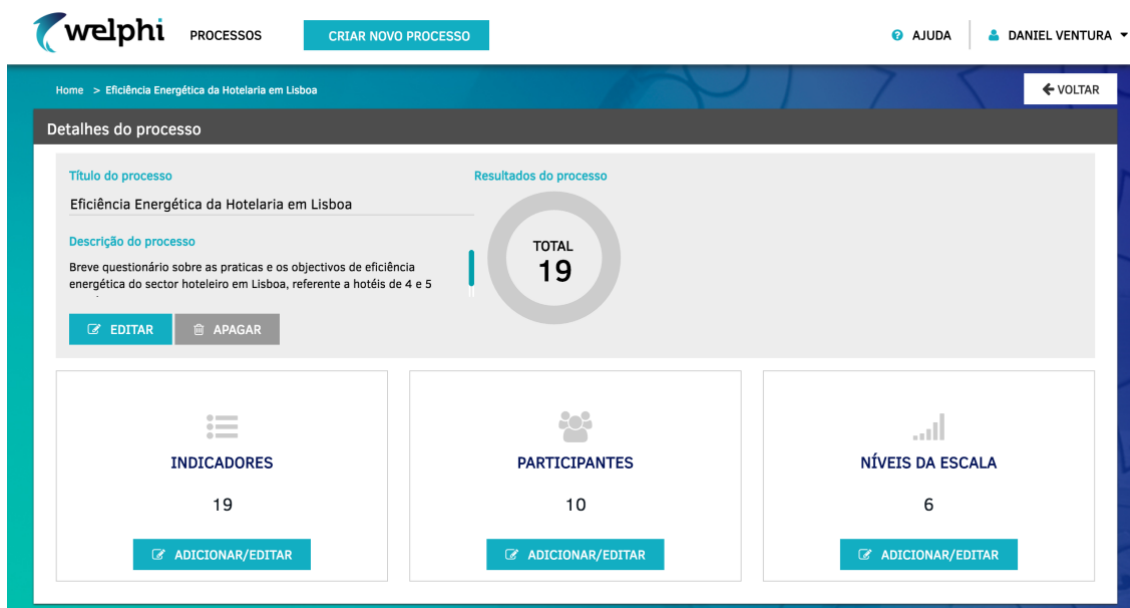


Figura 5 - Página de criação do processo

Após a introdução destes dados dá-se início a criação da ronda, iniciando-se a recolha de informação e feedback dos especialistas. Ronda após ronda o Welphi fornece dados estatísticos detalhados de cada participante bem como da informação recolhida. Com a análise desses dados é possível redefinir novas regras de aceitação ou rejeição, que possibilitam ter controlo sobre o foco da atenção dos participantes, nas rondas seguintes, nos indicadores de maior desacordo. No final de cada ronda são disponibilizados aos participantes os resultados e os comentários dados por todos, de forma anónima. Permitindo a sua reflexão e dando a oportunidade de alterar as respostas dadas na ronda anterior. Todo o trabalho de notificação dos participantes é organizado pela aplicação Welphi, que vai enviar automaticamente e-mails de convite ou lembretes de participação, bem como os resultados das rondas, sendo possível escolher se estas indicações são para todos os participantes ou apenas para alguns seleccionados (Figura 6).

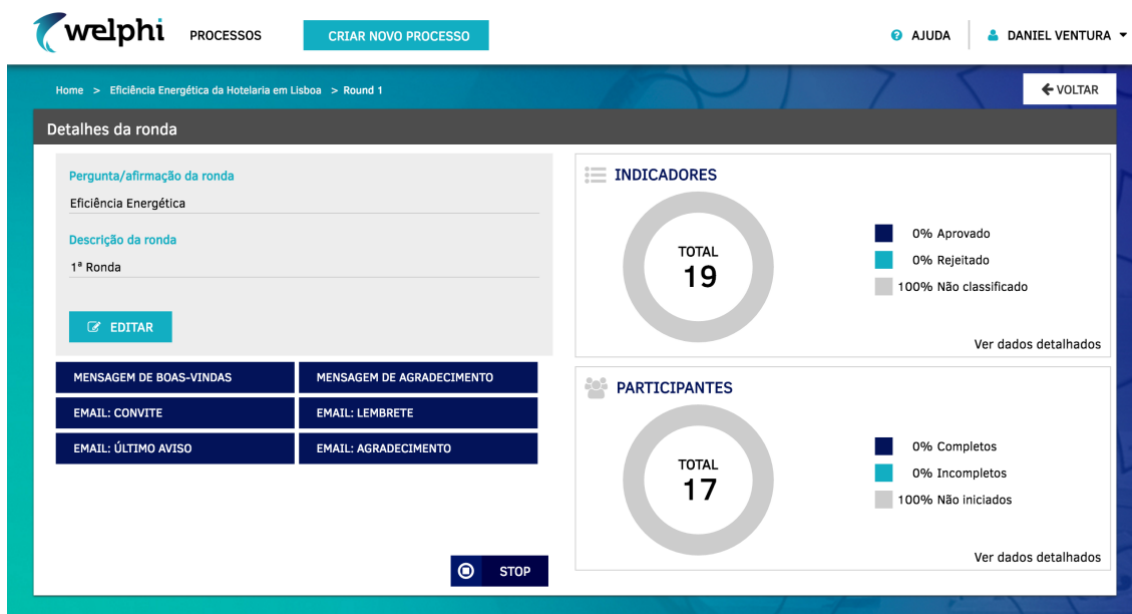


Figura 6 - Página de gestão de ronda

O estudo dá-se como encerrado quando as respostas têm um nível de concordância bastante elevado, correspondendo assim a um consenso. A ferramenta permite verificar quais os indicadores que obtiveram as taxas mais altas e mais baixas de variação de resposta.

Anexo II - Apresentação de Resultados

Por motivos de subcarga do questionário, quando feito a grupos hoteleiros com mais do que um hotel, optou-se por inquirir apenas um hotel por grupo, de modo a restringir a um questionário por especialista. O grupo de especialistas é composto maioritariamente por diretores de manutenção, pois têm a responsabilidade de conhecer todo o funcionamento do hotel, bem como a intervenção ativa na tomada de decisões em relação a toda a parte técnica das unidades que representam. Apenas uma pequena minoria do grupo inquerido é composta pelos respetivos gestores de energia das unidades. O conjunto deste grupo de inquiridos devidamente selecionados foi a chave para atingir os objetivos esperados do inquérito.

A angariação de especialistas, feita como explicado na introdução do presente capítulo, com uma duração de cerca de 3 meses, resultou num total de 17 hotéis de grupos hoteleiros diferentes.

7.4 Google Forms

O Gráfico 14 mostra o número de estrelas dos hotéis que os 17 participantes estão a representar, em percentagem. Posto isto, os hotéis inquiridos de 5 estrelas são 9 e de 4 estrelas são 8.

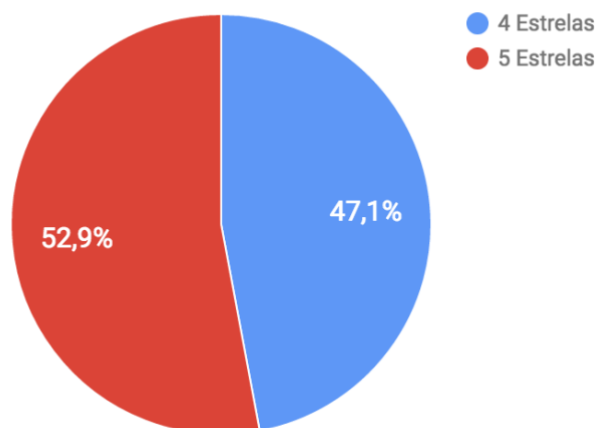


Gráfico 14- Classificação dos hotéis

Na recolha de dados referente à primeira parte do questionário a informação pertinente a reter, para além da validação de contatos, é obtida através das perguntas 2, 3 e 4 do questionário Forms, presentes nas Figura 3 e Figura 4.

Que materiais reciclam?

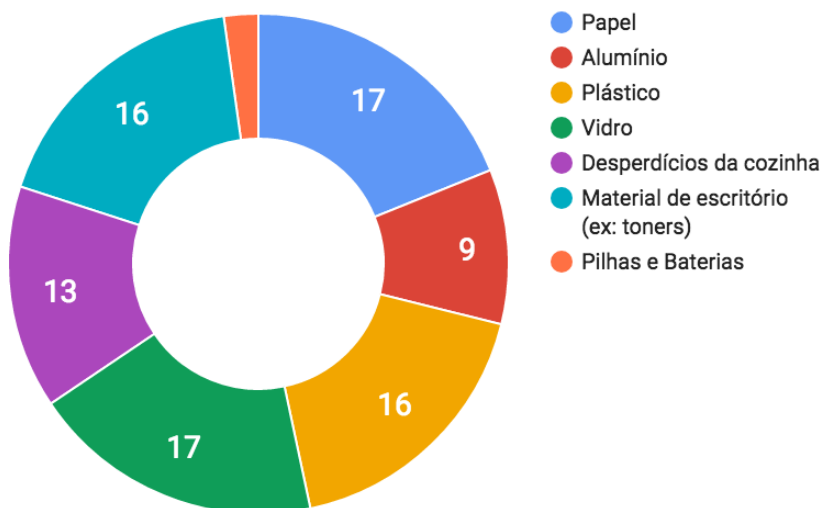


Gráfico 15- Materiais reciclados

Perante os resultados do inquérito verificou-se que, de um modo geral, todos os hotéis reciclam os principais materiais como o vidro, papel e plástico (representado 55,6% todo o material reciclado nos hotéis) tendo também uma especial atenção ao material de escritório (17,7%). Maior parte faz tratamento dos desperdícios de cozinha (14,4%) como por exemplo reciclar o óleo alimentar usado. Os materiais mais negligenciados com apenas 2 hotéis são as pilhas e baterias (2,2%).

Que energias alternativas usam no hotel?

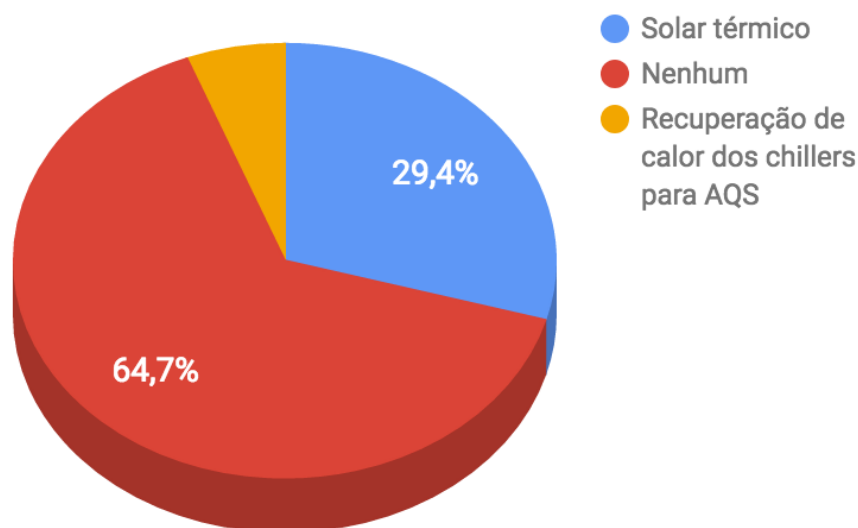


Gráfico 16- Energias alternativas usadas

Apenas 35,3% da amostra utilizam energias alternativas, distribuídas por solar térmica (29,4%) e recuperação de calor dos chillers para AQS (5,9%). De resto uma grande percentagem não tem qualquer tipo de sistema (64,7%). Estes resultados são particularmente opostos aos obtidos no estudo realizado pelo autor Kapiki, 2010, o número grande de hotéis sem nenhum sistema de produção ou aproveitamento de energia, reflete num ponto sensível a ter em consideração.

A pergunta de resposta aberta “Se não tivesse restrições que medidas implementaria no hotel para aumentar a eficiência energética?”, apresentada como opcional não teve o sucesso esperado, tendo como objetivo identificar possíveis pontos latentes a serem desenvolvidos na hotelaria. Porém os inquiridos que responderam, por sua maioria fizeram referência a solar térmico e fotovoltaico. Visto que maior parte se encontra em carência relativamente a sistemas de energias alternativas, as respostas dadas são as espectáveis.

7.5 Welphi

No decorrer do estudo foram necessárias apenas duas rondas para ser atingido o consenso por parte dos especialistas. Na primeira ronda o grau de concordância foi elevado, na segunda ronda houve uma convergência quase total de respostas que por sua vez eliminou a necessidade de uma terceira ronda.

7.5.1 Ronda 1

1) Certificação energética – Área 1

O certificado de eficiência energética é útil para melhorar a imagem do Hotel?

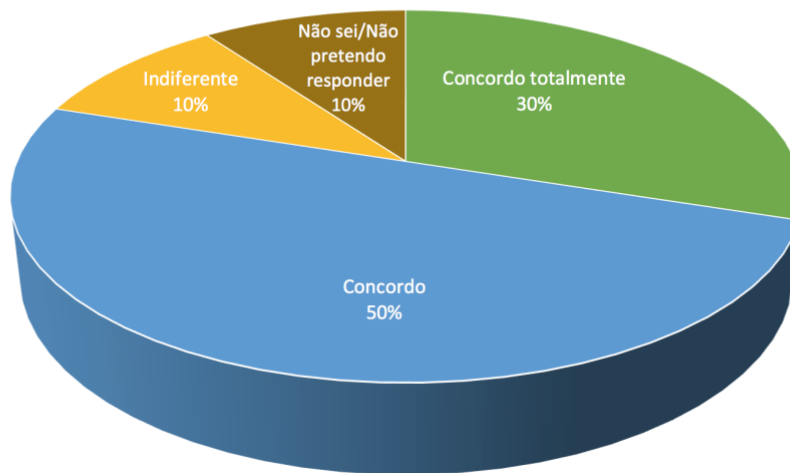


Gráfico 17 - Certificação de eficiência energética

Observa-se, através do Gráfico 17 acima apresentado, que o certificado de eficiência energética é importante para os interesses da unidade hoteleira, apenas 10% considera este fator indiferente e os restantes 10% não têm uma opinião formada ou conhecimento suficiente sobre o assunto.

2) Sistemas energéticos – Área 2

Tabela 24 - Sistemas energéticos ronda 1

Indicador	Concordo totalmente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo totalmente	Não sei/Não pretendo responder
Contribuição dos seguintes sistemas no aumento da eficiência energética do hotel:						
Reciclagem	40%	10%	40%			10%
Sistema de poupança de água	80%	20%				
Sistema de poupança de energia	100%					
Importância de utilização dos seguintes sistemas para poupar água:						
Autoclismos inteligentes/especiais	40%	60%				
Torneiras inteligentes/especiais	40%	60%				
Medidores de consumo de água individualizados (para além do consumo geral)	20%	60%	10%	10%		
Recolha de águas pluviais	30%	70%				
Importância de utilização dos seguintes sistemas para poupar energia elétrica:						
Cartão a ativar/desativar a energia no quarto	90%		10%			
Lâmpadas de baixo consumo	100%					
Termostatos	70%	30%				
Sistemas de controlo de iluminação	60%	40%				
Política para tratamento de toalhas e lençóis	30%	50%	20%			
Monitorização do consumo de energia	60%	40%				

Na Tabela 24 são apresentados os resultados dos indicadores da área de sistemas energéticos.

- Sistemas de eficiência energética

Verifica-se um maior grau de discordância na questão relativa à reciclagem como um contributo para a eficiência energética do hotel.

- Sistemas de poupança de água

O indicador com as respostas mais dispersas é referente aos medidores de consumo de água individualizados. Apesar de 80% da amostra concordar com a importância destes instrumentos, 10% são indiferentes e 10% discordam da sua utilização. O que revela uma dispersão de opiniões, sendo este o indicador que requer uma maior atenção por parte dos especialistas numa próxima ronda.

- Sistemas de poupança de energia elétrica

Relativamente à poupança de energia elétrica, o indicador com menor uniformidade de resultados é, política para tratamento de toalhas e lençóis, contudo o grau de concordância é elevado e não há discordância por parte dos inquiridos.

3) Parâmetros – Área 3

Pretende-se, nesta área, analisar os parâmetros que influenciam o comportamento dos especialistas no momento de investimento em novos sistemas energéticos. Identificando assim os motivadores mais importantes no processo de seleção (Gráfico 18, Gráfico 19, Gráfico 20, Gráfico 21 e Gráfico 22).

Fatores de escolha:

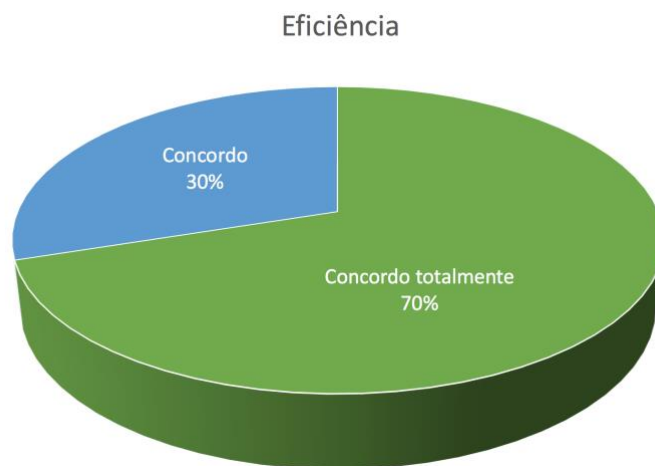


Gráfico 18 - Importância do fator eficiência para a poupança energética

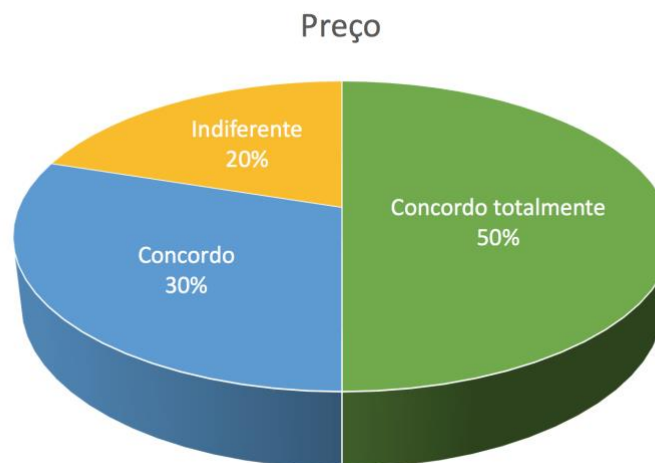


Gráfico 19 - Importância do fator preço para a poupança energética

Taxa de retorno

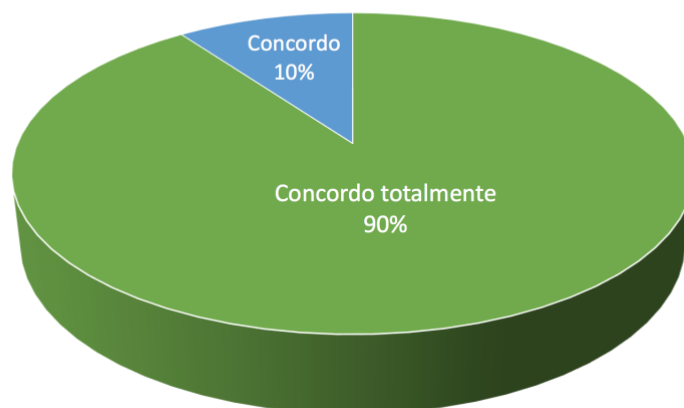


Gráfico 20 - Importância do fator taxa de retorno para a poupança energética

Preservação do ambiente

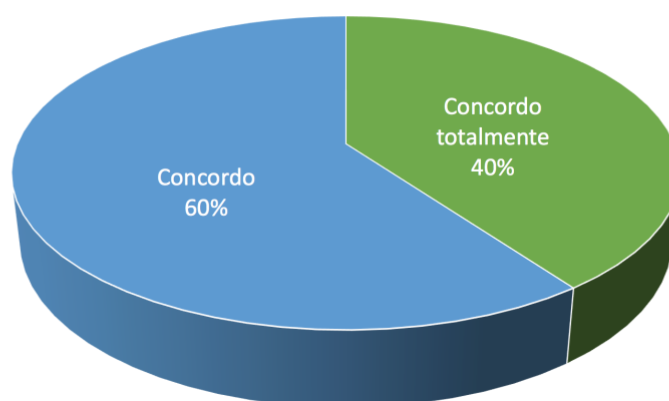


Gráfico 21 - Importância do fator preservação do ambiente para a poupança energética

Perante os quatro indicadores acima representados, destaca-se o fator preço pelo facto de ser indiferente para 20% da amostra, no entanto, a taxa de retorno revela-se ser o indicador mais preponderante pois 90% dos inquiridos concordam totalmente com o mesmo.

Como indicador conclusivo da área Parâmetros, os inquiridos estão de acordo que a utilização dos sistemas de eficiência promove a redução de custos variáveis das unidades hoteleiras.

Redução de custos

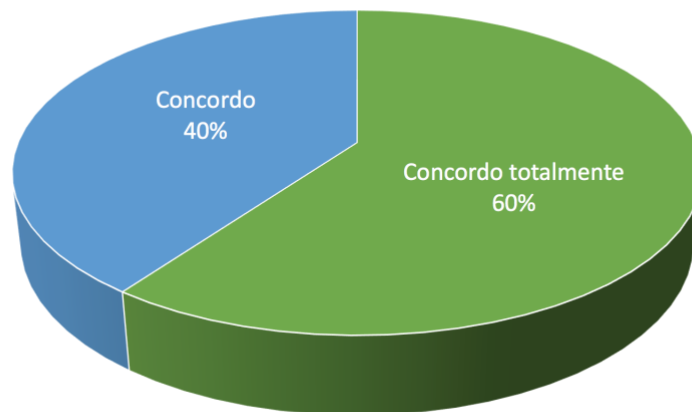


Gráfico 22 - Concordância com a redução de custos na utilização dos sistemas de eficiência

7.5.2 Ronda 2

Na sequência dos resultados da primeira ronda, apesar de um elevado grau de concordância na maioria das respostas, foi tomada a decisão de não validar nem rejeitar nenhum indicador. Desta forma, os participantes após ao acesso aos resultados da ronda anterior, tinham oportunidade de alterar qualquer uma das suas respostas na ronda seguinte.

1) Certificação energética – Área 1

Tabela 25 - Certificação de eficiência energética

Indicador	Concordo totalmente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo totalmente	Não sei/Não pretendo responder
O certificado de eficiência energética é útil para melhorar a imagem do Hotel?	100%					

Todos os inquiridos concordam totalmente com a importância da certificação energética após visualizarem as respostas da ronda anterior.

2) Sistemas energéticos – Área 2

Tabela 26 - Sistemas energéticos ronda 2

Indicador	Concordo totalmente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo totalmente	Não sei/Não pretendo responder
Contribuição dos seguintes sistemas no aumento da eficiência energética do hotel:						
Reciclagem	10%		90%			
Sistema de poupança de água	100%					
Sistema de poupança de energia	100%					
Importância de utilização dos seguintes sistemas para poupar água:						
Autoclismos inteligentes/especiais		100%				
Torneiras inteligentes/especiais		100%				
Medidores de consumo de água individualizados (para além do consumo geral)			100%			
Recolha de águas pluviais		100%				
Importância de utilização dos seguintes sistemas para poupar energia elétrica:						
Cartão a ativar/desativar a energia no quarto	100%					
Lâmpadas de baixo consumo	100%					
Termostatos	100%					
Sistemas de controlo de iluminação	100%					
Política para tratamento de toalhas e lençóis	100%					
Monitorização do consumo de energia	100%					

Observam-se as alterações nas respostas dos inquiridos relativamente à ronda anterior, o consenso foi atingido em todos os indicadores.

3) Parâmetros – Área 3

Tabela 27 - Parâmetros

Indicador	Concordo totalmente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo totalmente	Não sei/Não pretendo responder
Importância dos seguintes factores na escolha de um sistema de poupança energética:						
Eficiência	100%					
Preço	100%					
Taxa de retorno	100%					
Preservação do ambiente		100%				
Concorda que a utilização desses sistemas pode reduzir os custos variáveis do hotel?						
Redução de custos	100%					

Relativamente aos fatores que influenciam a escolha dos sistemas energéticos, verifica-se uma convergência total de respostas. Considerando assim os indicadores apresentados muito importantes no momento de escolha de sistemas de poupança energética.

Anexo III – Conclusões

Na sequência do estudo efetuado numa unidade hoteleira, com o objetivo de criar uma análise estruturada sobre a eficiência energética do mesmo, realiza-se uma investigação do panorama das unidades hoteleiras da cidade de Lisboa. Mais precisamente, hotéis de quatro e cinco estrelas, que se encontram nas mesmas circunstâncias geográficas, climáticas e socioeconómicas do hotel em estudo. Deste modo, posicionar a unidade hoteleira, em termos de eficiência energética, relativamente aos outros hotéis da cidade de Lisboa.

Segundo o contexto do problema analisado pretendeu-se realizar um inquérito por questionário às unidades hoteleiras de forma a conhecer as suas preocupações e motivações no que diz respeito à eficiência energética. Através de plataformas online, Google Forms e Welphi, foi possível recolher e analisar dados essenciais para cumprir os objetivos do estudo (Tabela 28).

Tabela 28 – Conclusão certificação energética

Indicador	Concordo totalmente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo totalmente	Não sei/Não pretendo responder
Ronda 1						
O certificado de eficiência energética é útil para melhorar a imagem do Hotel?	30%	50%	10%			10%
Ronda 2						
O certificado de eficiência energética é útil para melhorar a imagem do Hotel?	100%					

Conclui-se que, na primeira área (certificação energética), a totalidade dos inquiridos chegaram ao consenso onde concordam totalmente que a certificação de eficiência energética é útil para melhorar a imagem do hotel. Especialistas que inicialmente não sabiam responder à questão ou encontravam-se indiferentes, possivelmente informaram-se melhor sobre o assunto e na segunda ronda mudaram a sua resposta.

A procura de turismo sustentável está em crescimento, os clientes atribuem cada vez mais importância à eficiência energética no momento de escolha do seu hotel ideal, assim sendo, a certificação fornece credibilidade e aumenta a confiança no hotel.

Relativamente ao enquadramento da unidade hoteleira em estudo, esta tem interesse em melhorar o seu desempenho energético de modo a obter um certificado SCE emitido pela ADENE (Agência Nacional de Energia). Apenas 40% dos inquiridos possuem certificados emitidos por esta entidade, as classes energéticas variam entre A, B e C, no entanto, apenas uma unidade hoteleira preencheu os requisitos para atingir a classificação A, o que significa que apenas esse hotel cumpre realmente o desafio da eficiência. Sendo a classificação máxima A+++ , ainda existem melhorias a executar por parte do mesmo.

No final do estudo, verifica-se que todos os inquiridos concordam com a importância deste aspeto, todavia 60% não possui certificação. Possivelmente o facto de ser um processo dispendioso e de não haver uma garantia de um resultado ideal, leva os hotéis a optar por

certificados alternativos, menos credíveis, irrelevantes na avaliação da real eficiência do hotel, mas que transmitem uma imagem verde e socialmente responsável ao consumidor final.

Tabela 29 - Conclusão sistemas energéticos

Indicador	Concordo totalmente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo totalmente	Não sei/Não pretendo responder
Ronda 1						
Reciclagem	40%	10%	40%			10%
Medidores de consumo de água individualizados (para além do consumo geral)	20%	60%	10%	10%		
Ronda 2						
Reciclagem	10%		90%			
Medidores de consumo de água individualizados (para além do consumo geral)			100%			

Na segunda área, de um modo geral, os inquiridos chegaram a consenso em todos os indicadores deste grupo, consideram importantes os sistemas de poupança de água e de energia elétrica. Os indicadores demonstrados na Tabela 29, destacam-se nesta área devido à variação inesperada de respostas entre rondas.

A reciclagem, com uma grande divergência de respostas na primeira ronda, era considerada importante apenas por 50% dos inquiridos que na segunda ronda diminuíram para 10%. Os restantes 90% concentraram-se na indiferença deste indicador para a eficiência energética.

Sendo dos processos mais utilizados e de senso comum da atualidade, a reciclagem está bastante desenvolvida e enraizada dentro de todas as unidades hoteleiras, ao atingir o nível de estagnação pouco influencia o aumento da eficiência energética, reduzindo assim o foco por parte dos especialistas. O maior beneficiário do processo da reciclagem é o meio ambiente e não existe qualquer retorno financeiro direto para as empresas.

Dentro dos sistemas de poupança de água, os medidores de consumo de água individualizados, inicialmente eram considerados relevantes por 80% da amostra. Na segunda ronda verifica-se uma convergência total na indiferença destes dispositivos para o controlo e monitorização da água. A possível razão para a mudança na opinião dos especialistas, é o desempenho pouco eficaz na redução de consumos de água, sendo um equipamento passivo, utilizado apenas em casos de problemas técnicos. Potencialmente esse é o motivo pelo qual os participantes não consideram esse indicador relevante.

No âmbito da reciclagem o hotel em estudo recicla todos os materiais importantes, incluindo o alumínio que apenas 9 unidades hoteleiras reciclam. O único material não reciclado são pilhas e baterias, que apenas 2 hotéis da amostra reciclam.

Em suma, de acordo com os resultados obtidos nesta área, os especialistas concordam totalmente com a importância dos sistemas de poupança de água e de energia elétrica para a eficiência energética. Porém, através do primeiro questionário, verificou-se que 64,7% dos hotéis não possuem qualquer sistema de energias alternativas (Gráfico 16- Energias alternativas

usadas). O que revela que apesar da importância atribuída, existem motivos pelos quais estes hotéis não adotam tecnologias de energias alternativas para melhorar a sua eficiência. Possivelmente devido ao custo elevado ou por não existirem condições para implementar de uma forma viável o projeto.

No caso do hotel em estudo, não é utilizada qualquer energia alternativa, sendo que um dos principais motivos é a disposição e a estrutura inadequados do edifício, que não torna exequível projetos cuja principal fonte é a energia solar. A energia solar é a solução de energia alternativa adotada por 30% dos hotéis inquiridos.

Na terceira área (parâmetros) foram analisadas as principais motivações na escolha de um sistema de poupança energética e verificou-se que a importância atribuída aos indicadores eficiência, preço e taxa de retorno convergiu na totalidade para a concordância total. Significa que são estes os indicadores que os inquiridos avaliam com maior profundidade no momento de escolha. Relativamente à preservação do ambiente, 100% concorda que é importante ter este fator em conta.

Os especialistas concordam totalmente que os sistemas de poupança energética contribuem para a diminuição de custos variáveis. Visto que nenhuma unidade hoteleira possui qualquer equipamento de poupança energética, mas considera que é importante ter, ou os parâmetros (eficiência, preço e taxa de retorno) não foram cumpridos, ou ocorreram limitações fora do alcance deste estudo que não são possíveis de averiguar.

De forma a posicionar o hotel em estudo em relação à concorrência, conclui-se que a estratégia de eficiência energética segue a tendência da maioria dos hotéis. Não é considerado o hotel mais eficiente da região, mas dentro das limitações, procura encontrar soluções para melhorar a sua eficiência energética. Os responsáveis pela gestão e manutenção do hotel em estudo, estão em sintonia com o desenvolvimento de novas formas de desempenho da eficiência, acreditando que será uma vantagem competitiva num futuro próximo.

A principal dificuldade no processo de realização do estudo, foi efetivamente a angariação de participantes. Devido às exigências do tema de estudo, segmentando os participantes entre diretores de manutenção ou gestores de energia de hotéis de quatro e cinco estrelas da cidade de Lisboa, tornou-se um desafio obter um número significativo de pessoas para participarem no inquérito.

Segundo os dados do relatório de Turismo de Lisboa (2016), existem na cidade de Lisboa 19 hotéis de cinco estrelas e 50 de quatro estrelas em 2016, nestes dados estão incluídos vários hotéis do mesmo grupo, o que provocou uma limitação no momento de recolha de dados, pois existindo apenas um responsável por grupo qualificado para responder ao questionário, selecionou-se somente um hotel por grupo. Para além disso, certos grupos adotam políticas de privacidade que não permitem a passagem de informações internas para o exterior, eliminando qualquer possibilidade de prosseguir com o estudo.

De um total de 17 inquiridos na primeira fase do estudo, apenas 10 concluíram a etapa final. Devido às interrupções temporais entre as fases, não foi possível obter resposta de todos os participantes mesmo após várias tentativas de contacto online e offline.

Apesar dos obstáculos deparados ao longo de toda a investigação, foi possível atingir os objetivos propostos. Isto é, compreender o desempenho, as motivações e a opinião dos especialistas dos hotéis de quatro e cinco estrelas de Lisboa relativamente à eficiência energética. Conclui-se que estes necessitam de soluções para serem mais eficientes e competitivos. O Hotel Real Palácio encontra-se enquadrado no panorama geral, o que indica que é um bom caso de estudo para criar novas soluções perante as limitações de eficiência energética, por forma a destacar-se no mercado de Lisboa.