



Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto

# **Otimização Do Consumo De Energia Em Edifícios: Projeto Morrisons**

**José Pedro Macedo De Almeida Moutinho Ribeiro**

**Dissertação De Mestrado**



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica  
Orientador FEUP: Prof. Armando Carlos Figueiredo Coelho de Oliveira  
Orientador Optimised Buildings: Adam Pearson

27/06/2020



# **Otimização Do Consumo De Energia Em Edifícios: Projeto Morrisons**

José Pedro Macedo De Almeida Moutinho Ribeiro

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica



# Resumo

A Optimised Buildings é uma empresa criada com o objetivo de diminuir os gastos energéticos em edifícios. Esta usa sensores, controladores e softwares para ter acesso remoto a todos os aparelhos que consomem energia dos parceiros com que trabalha permitindo monitorizá-los e fazer alterações necessárias. O principal parceiro desta empresa é a cadeia de supermercados Morrisons e será sobre esta empresa que os estudos aqui demonstrados assentarão.

A energia consumida por um edifício depende de bastantes fatores tais como a temperatura exterior, a maneira como um edifício funciona, o seu horário de abertura, etc... Estes fatores podem afetar o consumo de energia de um edifício tanto quanto a própria Optimised Buildings dificultando a quantificação das poupanças causadas pela mesma. Torna-se então importante ter em conta o impacto de cada uma destas alterações para calcular mais precisamente os verdadeiros ganhos provocados pela Optimised Buildings.

Este trabalho começará com um resumo sucinto de como funciona a Optimised Buildings e dos softwares utilizados nas análises de performance energética. Será também feita uma caracterização dos tipos de supermercados que estão no portfolio da Optimised Buildings expondo as suas características que deverão ter um elevado impacto nos gastos de energia elétrica e gás. Serão analisados também dados de submedidores que darão o valor específico de energia gasta para cada parte de um edifício. Esta parte do documento pretende ajudar à sua contextualização e dar a conhecer as ferramentas e informações disponíveis para o desenvolvimento deste estudo.

Finalmente serão apresentadas as técnicas utilizadas para ultrapassar mudanças do funcionamento de um supermercado.

Começar-se-á por um problema relacionado com mudanças de horário em edifícios que alteraram o seu consumo energético. Foi implementada uma técnica que permitiu mitigar o impacto destas mudanças e quantificar as poupanças provocadas por uma atualização dos controladores pela Optimised Buildings.

De seguida utilizar-se-ão dados de submedidores para verificar os ganhos provocados por mudanças no funcionamento de um edifício. Primeiramente serão analisadas mudanças relacionadas com a pandemia mortal COVID-19 que afetou partes dos edifícios Morrisons relacionadas com os seus cafés, com a preparação de comida e com os serviços de compras. Por último será visto o impacto que uma diminuição da intensidade das luzes durante um período inicial da sua abertura teve no consumo de energia elétrica e como lojas de diferentes tipos reagiram de maneira diferente.

A última análise será uma das mais importantes pois permitirá quantificar as poupanças provocadas pela Optimised Buildings em gás tendo em conta a temperatura no seu exterior. Será usado como exemplo o edifício localizado em Chingford comparando o ano de 2018 (antes da Optimised Buildings) com o ano de 2019 (depois da Optimised Buildings). Esta análise apresenta uma solução para mitigar o efeito da temperatura exterior nos consumos de gás.

Concluindo, foi encontrada uma solução para todos estes problemas permitindo quantificar ganhos energéticos e também o impacto que a resposta da Morrisons ao COVID-19 teve. Utilizando a versão mais refinada para estudos de grau dia foi também possível encontrar com facilidade edifícios que consomem mais do que o necessário. A retificação dos consumos destes edifícios permitiu poupar centenas de milhares de libras no ano financeiro da Morrisons.

# Abstract

Optimised Buildings is a company created with the objective of reducing energy costs in buildings. It uses sensors, controllers and software to have remote access to all devices that consume energy from the partners it works with, allowing them to be monitored and make necessary changes. The main partner of this company is the supermarket chain Morrisons and it will be on this company that the studies demonstrated here will be based.

The energy consumed by a building depends on many factors such as the outside temperature, the way a building works, its opening hours, etc ... These factors can affect the energy consumption of a building as much as Optimised Buildings itself, making it difficult to quantify savings caused by it. It is therefore important to consider the impact of each of these changes to calculate with more precision the real savings caused by Optimised Buildings.

This work will begin with a succinct summary of how Optimised Buildings works and the software used in energy performance analysis. There will also be a characterization of the types of supermarkets that are in the Optimised Buildings portfolio, exposing its characteristics that are expected to have a high impact on electricity and gas expenses. Sub-meter data will also be analysed, this will give the specific amount of energy spent by each part of a building. This part of the document aims to help contextualise it and show the tools and information available for the development of this study.

Finally, the techniques used to overcome changes in the functioning of a supermarket will be presented.

This will start with a problem related to time changes in buildings that have altered their energy consumption. A technique was implemented to mitigate the impact of these changes and to quantify the savings caused by an update of the controllers by Optimised Buildings.

Subsequently, data from sub-meters will be used to verify the gains caused by changes in the functioning of a building. First, changes related to the deadly pandemic COVID-19 that affected parts of the Morrisons' buildings mainly their cafes, food preparation and shopping services will be analysed. Finally, the impact that a decrease in the lights' intensity during an initial period of their opening had on the consumption of electricity and how stores of different types reacted differently to it will be presented.

The last analysis will be one of the most important ones as it allows quantifying the savings caused by Optimised Buildings in gas taking into account outside temperature. A building located in Chingford will be used as an example when comparing the year 2018 (before Optimised Buildings) with the year 2019 (after Optimised Buildings). This analysis presents a solution to mitigate the effect of outside temperature on gas consumption.

In conclusion, a solution was found for all these problems, allowing the quantification of energy gains and also the impact that Morrisons' response to COVID-19 had. Using the most refined version for degree days studies it was also possible to easily find buildings that consume more gas than necessary. Rectifying the consumptions in these buildings has saved hundreds of thousands of pounds in Morrisons' financial year.





# Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao professor Carlos Pinho da FEUP por me ter arranjado um contacto vital para conseguir este estágio.

Quero agradecer ao Carlos Pinho da Bouygues que me ajudou a melhorar o meu CV, a estabelecer um contacto direto com a empresa Optimised Buildings e também pela sua simpatia e apoio durante a minha estadia no UK. Não teria conseguido fazer este estágio sem ele por isso ficarei para sempre agradecido pela ajuda que me deu.

Ao Gary Bark e à Liz Bark que facilitaram a minha ambientação na empresa ajudando-me a tratar de arranjar casa onde viver em Ashby De La Zouch.

A todos na empresa Optimised Buildings, tornaram extremamente fácil de me sentir em casa demonstrando sempre um ótimo espírito de humor. Com especial agradecimento ao Connor McMenamin, Adam Pearson, Richard Slater, Kevin Noon, Vishal Varghese, Abdul Aziz Shaker, Ali Celebi, Dawid Kostrzewa, Sana Ullah, Steve Winterton e Oliver Pick.

Ao professor Armando Oliveira por me ter orientado nesta tese e ajudado a tornar a minha dissertação mais clara, coerente e correta.

Ao professor Paulo Coelho pela ajuda e disponibilidade que me deu em pontos fundamentais nesta tese.

Aos meus amigos e família, em especial ao meu Pai José Ribeiro e Mãe Lurdes Almeida por me terem apoiado em mais uma das minhas aventuras e ao Pedro Palma pela ajuda a treinar a minha apresentação.

José Pedro Macedo De Almeida Moutinho Ribeiro



# Conteúdo

1.	Introdução.....	1
1.1.	Enquadramento e Objetivos .....	1
1.2.	Estrutura da dissertação.....	1
1.3.	A empresa Optimised Buildings.....	2
1.4.	A empresa Morrisons .....	3
2.	Funcionamento dos serviços da Optimised Buildings .....	5
2.1.	Sensores e controladores .....	5
2.2.	Software SET .....	8
2.3.	Software Dexma.....	12
2.4.	Caraterização de supermercados Morrisons .....	14
2.5.	Submedidores .....	16
3.	Técnicas de colmatação de variações de fatores externos e alterações no funcionamento de edifícios	21
3.1.	Quantificação da otimização de edifícios tendo em conta mudança de horário de abertura	21
3.2.	Análise de dados de submedidores.....	25
3.2.1.	Impacto energético de alterações do funcionamento de um edifício em áreas específicas deste	25
3.2.2.	Impacto energético da diminuição da intensidade das luzes .....	28
3.3.	Análise de resultados tendo em conta variações de temperatura no exterior .....	30
3.3.1.	Refinamento do estudo da variação do consumo de gás com graus dia .....	34
4.	Conclusões e trabalhos futuros .....	37
4.1.	Satisfação de objetivos .....	37
4.2.	Trabalhos futuros .....	38
	Referências .....	39
5.	Anexos.....	41
	Anexo A.....	43
	Anexo B .....	53
	Anexo C .....	54



# Lista de Figuras

Figura 1 – Prémio Retail Energy Project of the Year.....	2
Figura 2 - Sensor de toque/ temperatura.....	6
Figura 3 - Sensores de CO2. Luz verde-amarela-vermelha dependendo da qualidade do ar .....	7
Figura 4 - Exemplo de um controlador.....	8
Figura 5 - Escolha de edifício SET.....	9
Figura 6 - Escolha da parte do edifício SET.....	10
Figura 7 - Exemplo de uma rede de controladores/comandos.....	11
Figura 8 - Exemplo para uma caldeira com um setpoint de 80°C e um sensor dando valores reais de 52,75°C.....	11
Figura 9 - Localização dos edifícios da Morrisons usando a plataforma Dexma. Os balões vermelhos correspondem a edifícios do tipo Core, os amarelos do tipo Safeway, os verdes do tipo PFS e os azuis do tipo Ex-Netto.....	12
Figura 10 - Escolha do edifício usando a plataforma Dexma.....	13
Figura 11 - Ícones para escolha das opções relativas à área, graus dia de aquecimento e graus dia de arrefecimento (por esta ordem). .....	13
Figura 12 - Supermercado Morrisons.....	15
Figura 13 – Edifício PFS Morrisons.....	15
Figura 14 - Visualização sobre a forma de um gráfico da comparação dos valores reais de energia elétrica em 2020 comparados com a estimativa do ano anterior calculada tendo em conta mudanças de horário.....	24
Figura 15 - Dados dos submedidores para café, preparação de comida e serviços de compras para o edifício 060 – Chorley. Os dados estão colocados por ordem começando na semana 16/03/2020-22/03/2020 e acabando na semana 27/04/2020-03/05/2020.....	26
Figura 16 - Gráfico utilizando a função scatter para os dados da tabela 23. Por favor considerar nesta figura “.” como separador decimal e “,” com separador de milhares.....	32
Figura 17 - Regressão linear refinada para consumo de gás versus GDaq durante horário de abertura. Por favor considerar nesta figura “.” como separador decimal e “,” com separador de milhares. ....	35
Figura 18 - Regressão linear refinada para consumo de gás versus GDaq durante horário de fecho. Por favor considerar nesta figura “.” como separador decimal e “,” com separador de milhares.....	36
Figura 19 - Perfil do consumo de gás no site 085 em 2020. Problema encontrado e solucionado dia 16/07/2020 .....	38



# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Tabela com os submedidores para o local 023 - Mansfield.....	17
Tabela 2 - Tabela com os submedidores para o local 023 – Mansfield (cont.) .....	18
Tabela 3 – media em kWh de eletricidade gasta por hora durante o período de 11/03/2020 – 26/03/2020 e impacto nos gastos totais de eletricidade separada por submedidores principais do supermercado de Mansfield .....	18
Tabela 4 – media em kWh de eletricidade gasta por hora durante o período de 11/03/2020 – 26/03/2020 e impacto nos gastos totais de eletricidade separada por submedidores principais do supermercado de Mansfield (cont.).....	19
Tabela 5 - Exemplo de alguns edifícios e respetivas médias de energia elétrica gasta por hora em kWh .....	22
Tabela 6 - Exemplo de alguns edifícios e respetivos horários pré COVID-19 e novas horas de abertura e fecho.....	23
Tabela 7 - Visualização sobre a forma de uma tabela da comparação dos valores reais de energia em 2020 comparados com a estimativa do ano anterior calculada tendo em conta mudanças de horário .....	24
Tabela 8 - Dados dos submedidores para café, preparação de comida e serviços de compras para o edifício 060 - Chorley .....	25
Tabela 9 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Core Grande .....	26
Tabela 10 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Safeway Supermercado .....	27
Tabela 11 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Safeway Megaloja .....	27
Tabela 12 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Safeway Superloja .....	27
Tabela 13 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Pequeno – Ex netto .....	28
Tabela 14 - Resultados para o 1º período no edifício Mansfield .....	28
Tabela 15 - Resultados para o 2º período no edifício Mansfield .....	28
Tabela 16 - Resultados para o 3º período no edifício Mansfield .....	29
Tabela 17 - Resultados para o 4º período no edifício Mansfield .....	29
Tabela 18 - Resultados para o grupo Core Grande.....	29
Tabela 19 - Resultados para o grupo Core Supermercado .....	29
Tabela 20 - Resultados para o grupo Safeway - Superloja.....	30
Tabela 21 - Resultados para o grupo Pequeno - Ex Netto/ Co-op/ Somerfield .....	30
Tabela 22 - Exemplo de valores totais de gás por semana durante o ano de 2018 no edifício 001-Chingford com quebra .....	31
Tabela 23 - Valores totais de energia VS GDaq ao longo do ano de 2018 com quebra .....	31

Tabela 24 - Resultados para diferentes valores de temperatura base de GDaq.....	32
Tabela 25 - Valores reais de energia gasta (gás) VS valores estimados obtidos usando a regressão linear obtida anteriormente para o ano de 2019 sendo o valor de x igual aos graus dia para cada semana do ano de 2019 .....	33
Tabela 26 – Média e mediana de temperaturas em Londres para o ano de 2018 versus 2019 com frequência de medições de 30 min.....	34



# Nomenclatura

GDaq – Graus dia de aquecimento

GDarr – Graus dia de arrefecimento

UTA – Unidade de tratamento de ar

x - Corresponde ao valor semanal de GDaq

y - Gás em kWh consumida por semana

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento e Objetivos

Esta dissertação de mestrado enquadra-se como projeto final do 5º ano do curso de Engenharia Mecânica, especialização de Energia Térmica, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

No Reino Unido, o consumo de energia utilizado para o aquecimento e outros usos em 2018 foi de cerca de 79,9 Mtep por ano sendo que com 3,33 Mtep por ano destes gastos são derivados da energia consumida por edifícios dedicados à venda de artigos. A energia gasta por grandes lojas que vendem comida (tais como os edifícios da Morrisons) representam 31% dos gastos por edifícios dedicados à venda de artigos [1]. Em 2018, a Morrisons gastou cerca de 130 ktoe representando à volta de 4% dos gastos derivados de energia por edifícios dedicados à venda de artigos.

A concretização deste projeto tem a finalidade de:

- criar um documento que resuma a informação (relativa à performance energética) das lojas Morrisons.
- Colmatar erros em análises de poupanças entre períodos com diferentes horários de funcionamento de um edifício
- Quantificar o impacto da resposta da Morrisons ao COVID-19 nos seus edifícios
- Quantificar o impacto de uma alteração no funcionamento da iluminação dos edifícios Morrisons
- Estabelecer uma relação entre o consumo de gás e temperatura exterior para quantificar com maior precisão as poupanças feitas pela Optimised Buildings

## 1.2. Estrutura da dissertação

No capítulo 2, será explicado sucintamente o funcionamento da Optimised Buildings e alguns detalhes dos edifícios da cadeia Morrisons. A secção 2.1 cobrirá a parte física do negócio enquanto que as secções 2.2 e 2.3 falarão sobre os softwares utilizados. A secção 2.4 cobrirá as características relevantes para análises de performance energética de edifícios Morrisons enquanto que a secção 2.5 cobrirá a área de submedidores.

No capítulo 3, falar-se-á de técnicas para analisar períodos de tempo diferentes em que as condições nas quais o supermercado está a funcionar também diferem. Na secção 3.1 cobrir-se-ão formas de como adaptar análises quando há uma mudança no horário de funcionamento, na secção 3.2 cobrir-se-ão estudos de análise de diminuições de consumo energético usando dados de submedidores enquanto que na secção 3.3 abordar-se-ão maneiras de adaptar análises para mudanças na temperatura exterior.

A dissertação termina com as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

### 1.3. A empresa Optimised Buildings

A Optimised Buildings é uma empresa com sede em Ashby-de-La-Zouch (Reino Unido) criada em 2013. Esta empresa fornece conhecimento e experiência de topo no mercado através de serviços e produtos que irão criar valor real e quantificável para os seus clientes. Trabalham não só com cadeias de supermercados, mas também com lojas de roupa, museus e pequenos negócios.

O desempenho energético dos edifícios degrada-se com o passar dos anos aumentando os custos monetários derivados da utilização de energia. Há também muitos dados relativos aos gastos de energia que não são utilizados para medir e quantificar a performance de um edifício pelos proprietários por falta de tempo ou conhecimento.

Os criadores da Optimised Buildings aproveitaram esta falha no mercado aliando os seus mais de 30 anos de experiência na área para criar uma empresa que utilizasse todos estes dados energéticos disponíveis de edifícios para os avaliar e solucionar as falhas que neles existem.

A Optimised Buildings utiliza o acesso remoto aos aparelhos de um edifício que gastam energia para os controlar de maneira mais precisa. Este controlo fino dos aparelhos permite uma diminuição drástica de gastos desnecessários de energia, mas sempre mantendo ou melhorando as condições ideais para o funcionamento do edifício e para as pessoas que nele habitam/trabalham. Por exemplo, o controlo dos níveis de CO<sub>2</sub> feitos pela Optimised Buildings usando UTAs (Unidades de Tratamento de Ar) para níveis ótimos do mesmo provoca melhorias no bem-estar e performance no trabalho para quem está nestes edifícios.

As auditorias a possíveis clientes são feitas gratuitamente e o seu investimento tem um retorno total numa questão de meses.

Em 5 de Dezembro de 2018 a empresa ganhou o “Retail Energy Project of the Year” dado pela Energy Awards em Londres. Pode ser vista na figura 1 uma foto da equipa com o prémio recebido nesse evento [2].



Figura 1 – Prémio Retail Energy Project of the Year.

## 1.4. A empresa Morrisons

A Morrisons, é a quarta maior cadeia de supermercados no Reino Unido. Tem cerca de 498 lojas espalhadas pelo Reino Unido (e uma em Gibraltar), emprega cerca de 110 000 pessoas e serve cerca de 11 milhões de pessoas por semana [3].

A colaboração da Optimised Buildings com a Morrisons começou no final de Junho de 2018 com uma fase de testes. Os resultados deste teste foram tão impressionantes que a Morrisons fez contrato com a Optimised Buildings aceitando que esta otimizasse a performance de 490 lojas até ao final de 2019. Esta colaboração foi uma de muitas mudanças que a Morrisons fez para reduzir os seus consumos de energia. Outras mudanças foram físicas e feitas pela própria Morrisons tais como colocar portas nos seus frigoríficos de maneira a que estes consumam menos energia.

Desde Agosto de 2018 a Optimised Buildings poupou à Morrisons em Eletricidade:

- Energia: 61,3 GWh

e em gás:

- Energia: 118 GWh



## **2. Funcionamento dos serviços da Optimised Buildings**

Neste capítulo referir-se-ão de forma sucinta as diversas ferramentas disponíveis para levar a cabo o controlo remoto que a Optimised Buildings tem sobre as lojas com que trabalha e também como esta monitoriza a performance energética das mesmas.

### **2.1. Sensores e controladores**

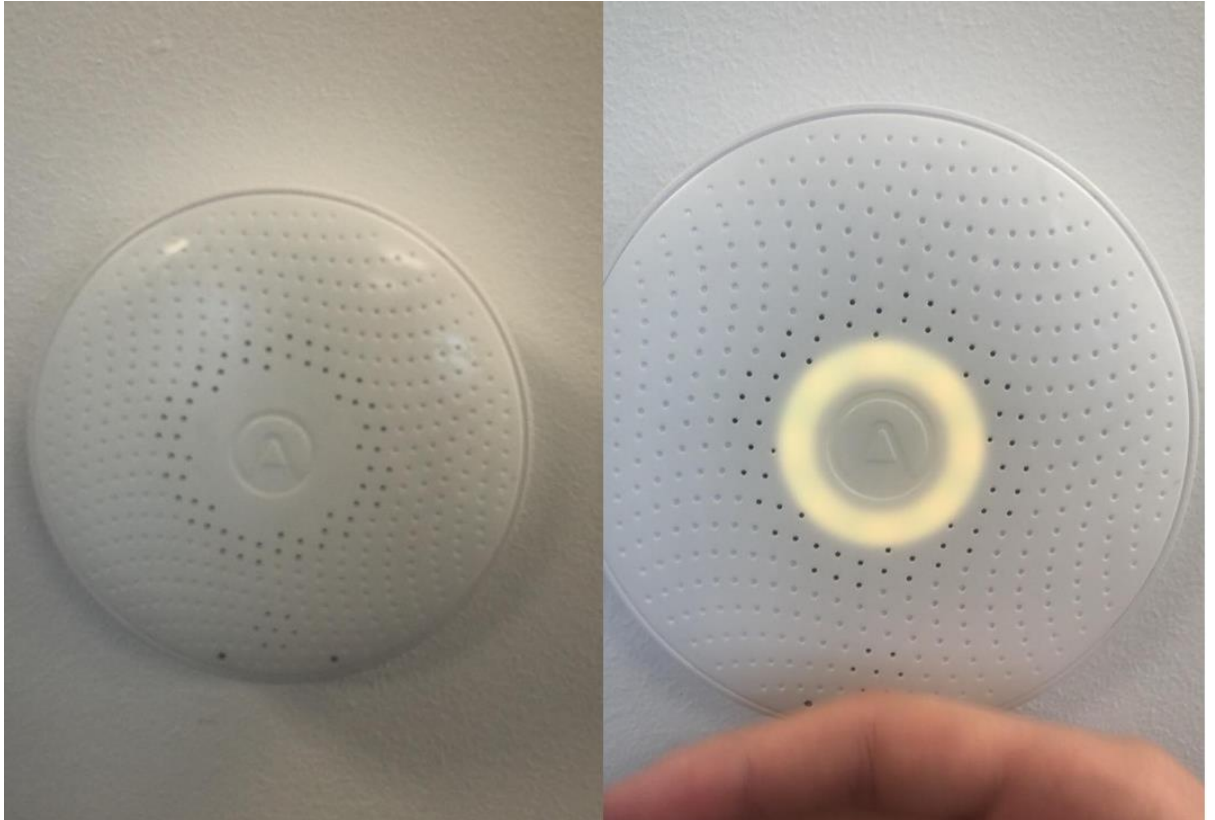
De maneira a monitorizar todos os aparelhos que consomem eletricidade e a controlá-los, a Optimised Buildings instala sensores e controladores em todas as lojas do seu portfolio. Estes são maioritariamente da marca Trend Controls (e alguns mais antigos da marca Cyclon). Informações sobre as características dos controladores e sensores desta empresa podem ser vistas no seu website [4]. Como exemplo será mostrado no anexo A uma parte do catálogo para um dos sensores de temperatura mais utilizados pela Optimised Buildings que tem uma sensibilidade de  $\pm 0,44$  °C.

Sensores que respondem ao toque e calor são extremamente úteis para a monitorização de falhas, avarias ou alterações de funcionamento. Por exemplo, colocar um sensor destes na porta de uma câmara frigorífica, permite à Optimised Buildings resolver problemas relacionados com o fecho da porta que levariam a gastos desnecessários de energia. Na figura 2 pode ser visto um sensor da Distruptive Technologies que aciona um sinal remotamente caso este sinta toque/ determinado aumento de temperatura [5]. Este sinal permite extrair dados de quando o sinal esteve ativo e durante quanto tempo este esteve ativo são guardados em uma base de dados da Optimised Buildings. Estes dados serão úteis para explicar, por exemplo, o porquê de um aumento do consumo de energia elétrica na área da refrigeração.



*Figura 2 - Sensor de toque/ temperatura*

Na figura 3 pode ser visto um sensor de nível de CO<sub>2</sub>. Estes permitem que a Optimised Buildings monitorize os níveis de CO<sub>2</sub> de um espaço e intervenha no sentido de retificar os seus níveis usando UTAs. UTAs são utilizados para recondicionar o ar fazendo parte dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado. Elevados níveis de CO<sub>2</sub> causam sonolência impactando negativamente a vida e trabalho daqueles que utilizam o edifício.



*Figura 3 - Sensores de CO2. Luz verde-amarela-vermelha dependendo da qualidade do ar*

Controladores, como o da figura 4, permitem receber informação transmitida por estes sensores assim como enviar comandos remotamente usando o programa SET, que será abordado na próxima secção, para melhorar o funcionamento das diferentes máquinas que gastam energia.





*Figura 4 - Exemplo de um controlador*

## 2.2. Software SET

O programa SET, desenvolvido pela Trend Controls, é uma das peças fundamentais nas poupanças energéticas geradas pela Optimised Buildings.[4] É através deste software que a Optimised Buildings consegue fazer alterações passivas na maneira como os aparelhos consumidores de energia num edifício funcionam através de alterações do seu esquema de funcionamento, estas alterações passivas são feitas usando sensores e setpoints que ativam ou desativam determinado aparelho. Por exemplo, se um sensor de temperatura interior de um edifício medir 17°C e o setpoint para a temperatura de edifício é 18°C então a caldeira será ativada de maneira a aquecer o mesmo. A Optimised Buildings tem ao ser serviço a Bureau Team, uma equipa especializada no software SET que responde a pedidos vindos das lojas usando a plataforma SET fazendo então alterações ativas. Por exemplo, se um gerente de uma loja Morrisons fizer uma queixa que o seu edifício está demasiado frio, a Bureau Team irá usar o SET para criar um comando que ligue a caldeira de maneira a o aquecer e resolver o problema.

Todos os edifícios têm um número correspondente, por exemplo, o edifício 23 corresponde ao supermercado de Mansfield (cidade do Reino Unido).

O primeiro passo para a utilização do programa SET é escolher o edifício onde se pretende trabalhar como na caixa mostrada na figura 5.

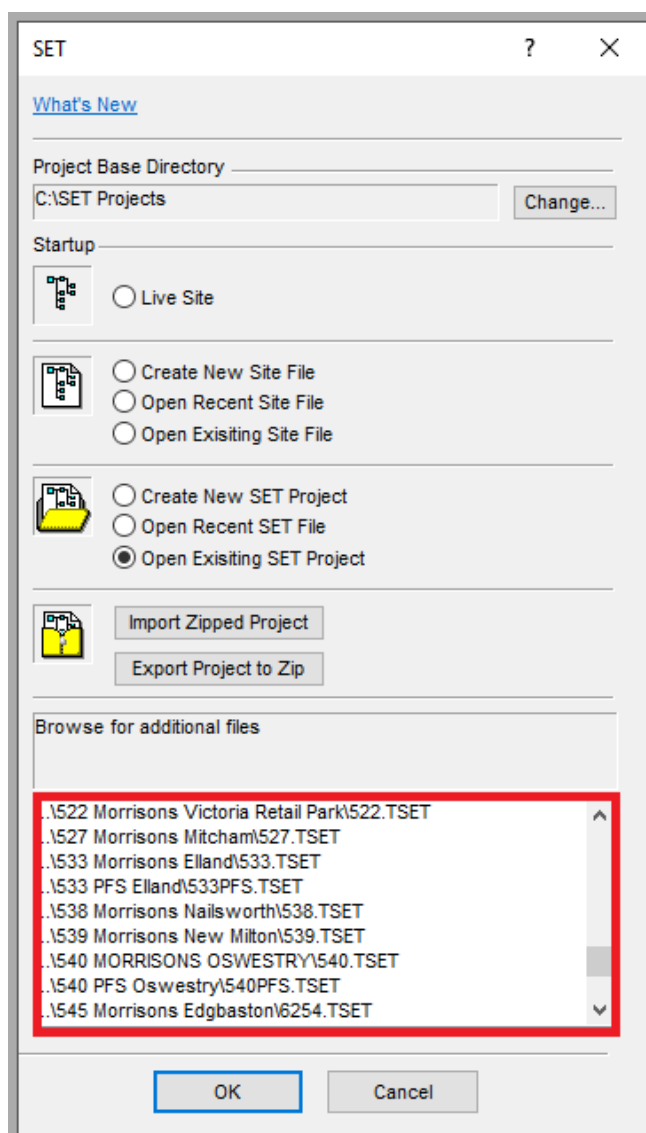


Figura 5 - Escolha de edifício SET

De seguida, escolhe-se em que parte do edifício é que se pretende trabalhar. Esta janela está representada na figura 6.

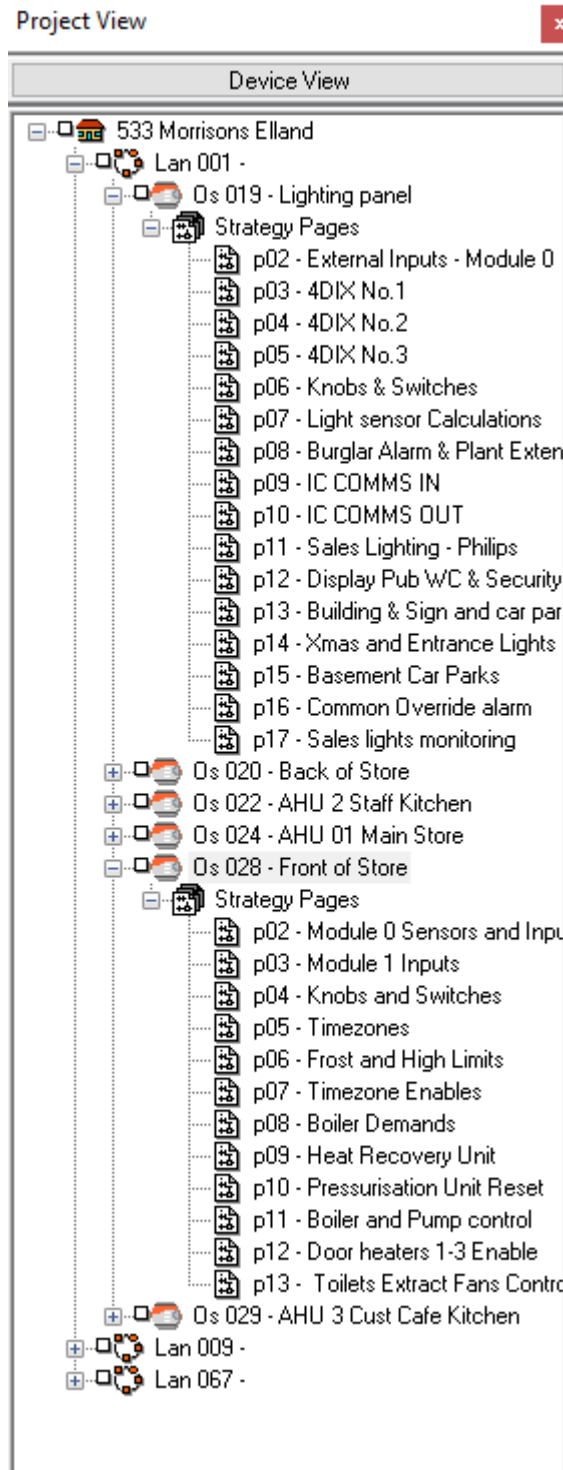


Figura 6 - Escolha da parte do edifício SET

Todas as partes estão corretamente catalogadas para facilitar o acesso e compreensão do programa.

Por último, após ser garantido acesso aos aparelhos do edifício, é possível ver e editar em tempo real assim como colocar temporizadores para fazer alterações programadas. A figura 7 mostra um esquema de controladores interligados que têm o objetivo de prevenir uma caldeira de sobreaquecer utilizando funções e criando condições que gerem a maneira com esta funciona. Um exemplo de uma destas condições pode ser visto na figura 8 que mostra um “comparator” para esta caldeira. Este “comparator” envia um sinal caso os valores de temperatura reais da caldeira (neste caso 52,5°C como pode ser visto na figura 8) sejam

superiores aos valores do setpoint (neste caso 80°C como pode ser visto na figura 8). Este sinal passa depois por mais funções como por exemplo um temporizador que é ativado caso o sinal do “comparator” da figura 8 esteja ativo por mais de 15 minutos e tem o objetivo final de desligar a caldeira impedindo-a de sobreaquecer. Isto é um exemplo de como as alterações são feitas automaticamente e remotamente pela Optimised Buildings.

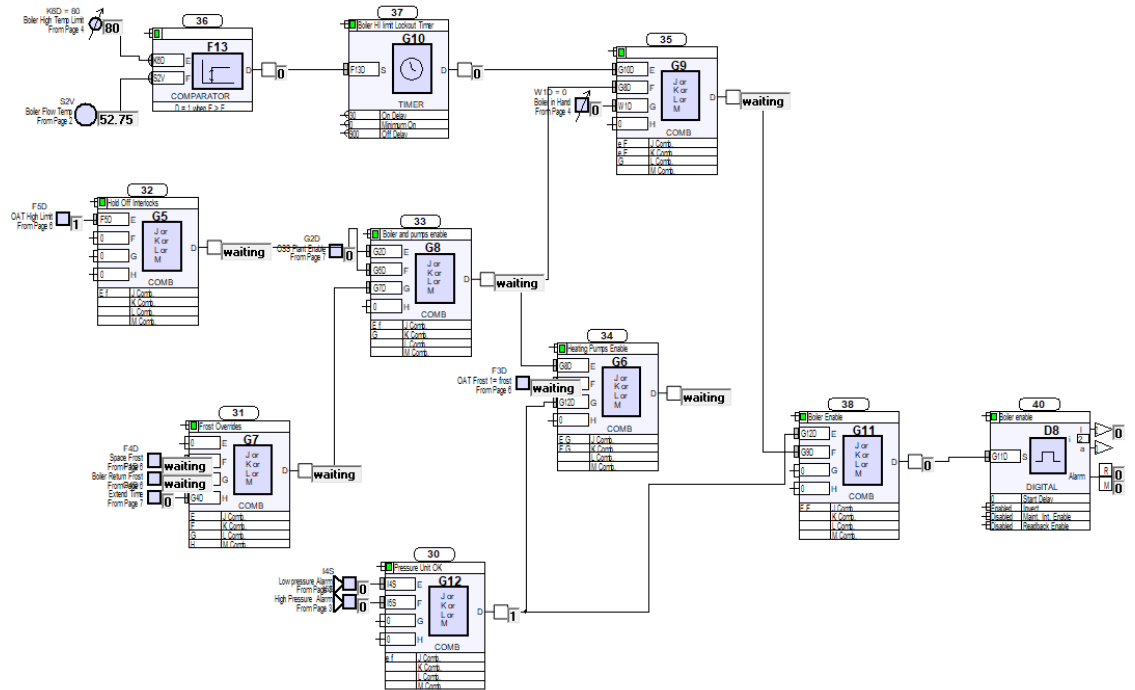


Figura 7 - Exemplo de uma rede de controladores/comandos

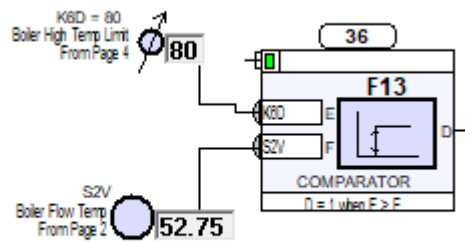


Figura 8 - Exemplo para uma caldeira com um setpoint de 80°C e um sensor dando valores reais de 52,75°C

### 2.3. Software Dexma

O Dexma é um programa que permite a visualização e análise dos dados energéticos de um edifício durante um período de tempo desejado. [6] Cada edifício está associado à sua localização e área. Uma representação das lojas Morrisons espalhadas pelo Reino Unido pode ser vista na figura 9.

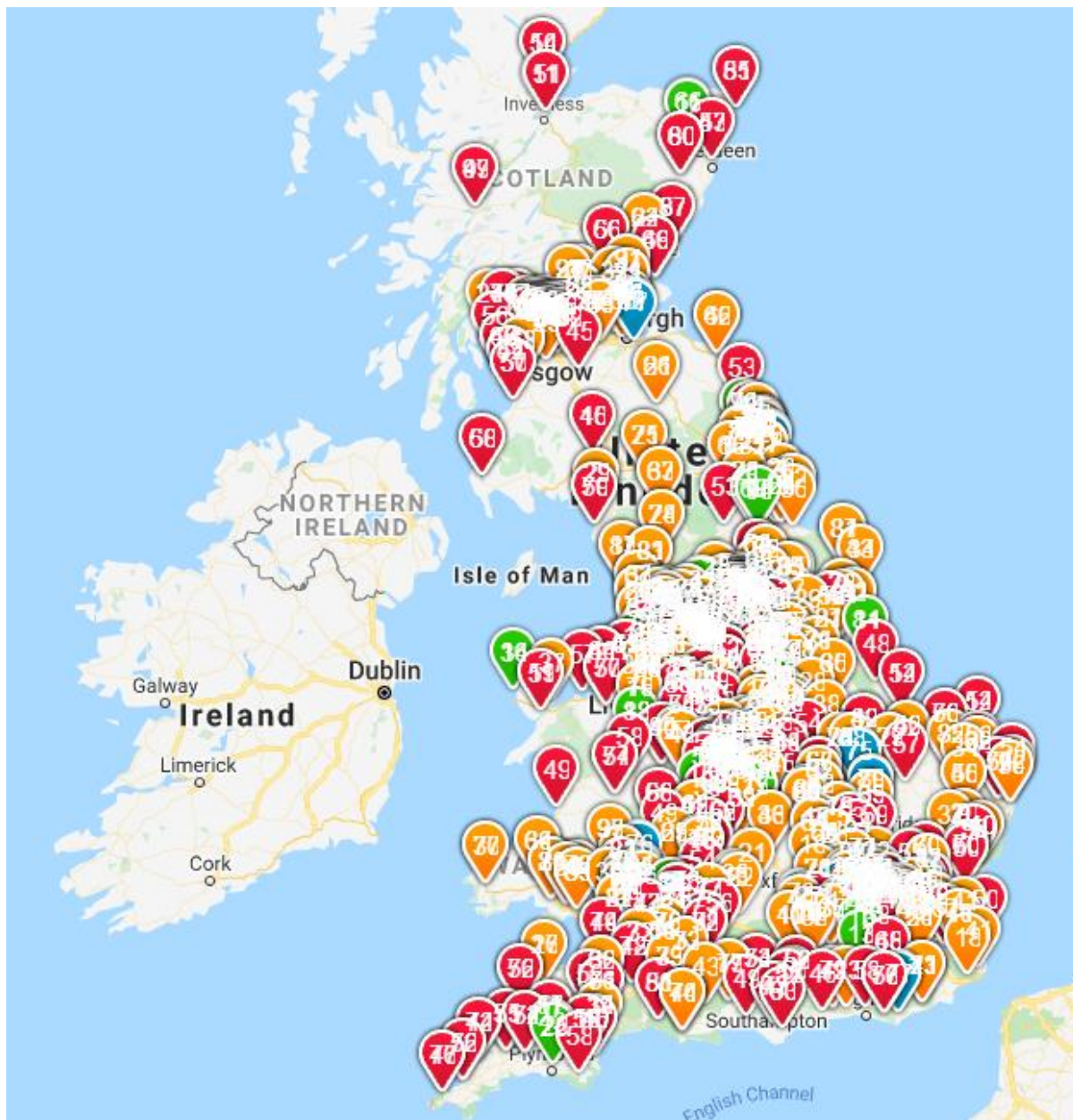


Figura 9 - Localização dos edifícios da Morrisons usando a plataforma Dexma. Os balões vermelhos correspondem a edifícios do tipo Core, os amarelos do tipo Safeway, os verdes do tipo PFS e os azuis do tipo Ex-Netto.

Como pode ser visto na figura 10, existe a opção de escolha entre a visualização de dados energéticos relativos a eletricidade ou gás. A Optimised Buildings exerce um maior controlo sobre aparelhos que funcionam a gás pelo que este é o grupo de dados mais estudado pelos analistas de energia. A frequência também é extremamente importante pois permite verificar e corrigir falta de dados.

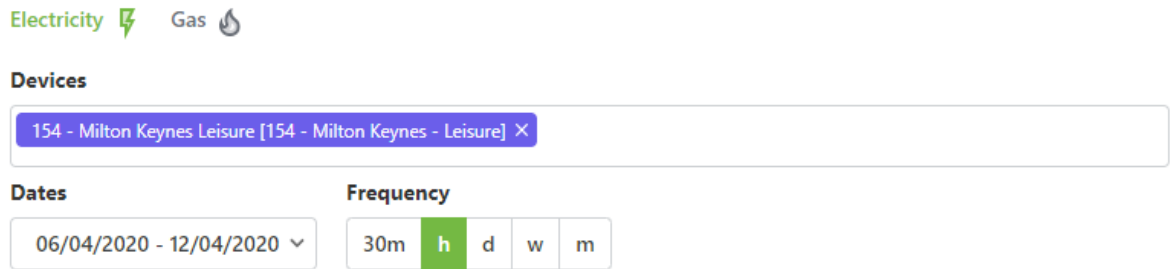


Figura 10 - Escolha do edifício usando a plataforma Dexma

Por último, é possível visualizar estes dados tendo em conta alguns parâmetros que têm elevado impacto no consumo de energia. Utilizando o parâmetro “Area”, os resultados são obtidos em função da área (intensidade kWh/m<sup>2</sup>) de implantação do edifício. Para contabilizar a temperatura no exterior de maneira a permitir a comparação da performance de uma loja em relação a períodos anteriores são utilizados os graus dia de arrefecimento ou graus dia de aquecimento. Graus-dia são essencialmente uma representação simplificada dos dados externos de temperatura do ar. Os ícones para utilizar estas funções podem ser vistos na figura 11. Eles são utilizados no setor de energia para cálculos relacionados com o efeito da temperatura do ar externo no consumo de energia de um edifício.

Graus dia de aquecimento, ou GDaq, são uma medida de quanto (em graus) e por quanto tempo (em dias), a temperatura do ar exterior foi mais baixa do que uma temperatura base específica (ou "ponto de equilíbrio"). Eles são usados para cálculos relacionados ao consumo de energia necessário para aquecer edifícios.

Graus dia de arrefecimento, ou GDarr, são uma medida de quanto (em graus) e por quanto tempo (em dias), a temperatura do ar externo foi mais alta do que uma temperatura base específica. Estes são usados para cálculos relacionados ao consumo de energia necessário para arrefecer edifícios.

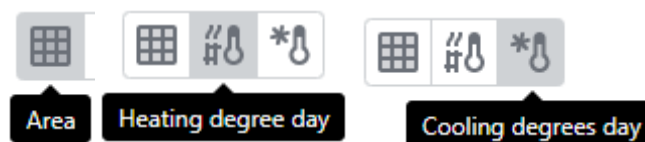


Figura 11 - Ícones para escolha das opções relativas à área, graus dia de aquecimento e graus dia de arrefecimento (por esta ordem).

No caso dos supermercados Morrisons, para fazer um estudo de GDaq, os dados de consumo de energia que levarão a um estudo com a melhor precisão possível serão os dos gastos diários de gás. Durante o Inverno, a percentagem de gás gasto para o aquecimento do edifício é de cerca de 90% enquanto que no Verão, quando a temperatura exterior é bastante alta, esta pode ser cerca de 0%. Para um estudo de GDarr, os dados de consumo de energia que levarão a um estudo com a melhor precisão possível serão os dos gastos diários de eletricidade relacionados com a refrigeração. Este estudo será feito no futuro quando a Morrisons disponibilizar mais dados de submedidores.

A escolha da temperatura base específica é um processo bastante complexo. Estes são os fatores chave que levam à escolha deste valor:

- “Setpoint” dos termostatos – O “setpoint” de um termostato é a temperatura para a qual se quer que um edifício seja arrefecido/aquecido. Os edifícios têm normalmente dois “setpoints” para o termostato, um para o aquecimento e outro para o arrefecimento.
- Propriedades térmicas de um edifício – Qual o nível de isolamento do edifício? Qual o nível da ventilação? Qual é a capacidade térmica mássica do edifício?

- Ganhos de calor internos – Pessoas e aparelhos geram calor no interior do edifício.
- Ganhos solares – Ganhos derivados da incidência de raios solares na superfície dos edifícios.

Como se pode comprovar pelos fatores associados à escolha da temperatura base específica é necessário um conhecimento bastante profundo do edifício e de todas as suas componentes. Para tal seria necessário um estudo demorado por parte da Morrisons para descobrir a temperatura base específica perfeita para cada um dos seus edifícios. Até ao momento esse estudo ainda não foi feito sendo que o valor que está de momento a ser utilizado é um valor standard na indústria de 15,5 °C. No entanto, será apresentada mais à frente nesta dissertação uma maneira simples, mas eficaz, de estimar este valor.

## 2.4. Caraterização de supermercados Morrisons

Os edifícios da Morrisons diferem muito em termos de características, enquanto que alguns supermercados foram construídos de raiz, outros foram adquiridos a outras cadeias de supermercados e transformados. Antes de comparar perfis energéticos de dois edifícios, deve-se primeiro ter em atenção as características de cada um. Por um edifício gastar uma maior quantidade de energia durante um determinado espaço de tempo quando comparado com outros edifícios não significa que este está a ter uma má performance. Talvez este esteja a gastar mais energia pois a sua área é maior. Como o gás é utilizado para aquecimento e a eletricidade para refrigeração, temperaturas exteriores baixas (comuns por exemplo na Escócia durante quase todo o ano) levarão a maiores gastos de gás e menores gastos de eletricidade enquanto que temperaturas exteriores altas (como vistos no Sul do Reino Unido) levarão a menores gastos de gás e maiores gastos de eletricidade. Assim, torna-se importante agrupar edifícios tendo em conta as suas características de construção, localização e funcionamento de maneira a possibilitar uma comparação mais precisa entre edifícios de características semelhantes.

Dos dados que a equipa de energia da Morrisons forneceu, os apresentados nesta secção serão os mais importantes:

- Tipo de loja – Um agrupamento feito previamente pela Morrisons para caraterizar os seus edifícios. Estes dividem-se em:
  - Convenience – Edifícios com área menor que 5 000 m<sup>2</sup>
  - Core Grande – Edifícios com área maior que 35 000 m<sup>2</sup>
  - Core Pequeno – Edifícios com área entre 10 000 e 20 000 m<sup>2</sup>
  - Core Supermercado – Edifícios com área entre 20 000 e 35 000 m<sup>2</sup>
  - Safeway Megaloja – Edifícios com área maior que 35 000 m<sup>2</sup>
  - Safeway Pequeno – Edifícios com área entre 10 000 e 20 000 m<sup>2</sup>
  - Safeway Superloja – Edifícios com área entre 20 000 e 35 000 m<sup>2</sup>
  - Pequeno Ex Netto/Co-op/Somerfield – Edifícios com área entre 10 000 e 20 000 m<sup>2</sup>
  - PFS – Postos de abastecimento de gasolina da Morrisons

Os supermercados do tipo “Core” + “Convenience” são edifícios construídos de raiz pela Morrisons, os “Safeway” são edifícios resultantes da aquisição da cadeia de supermercados Safeway pela Morrisons alguns anos atrás e os “Ex Netto/co-op” são os edifícios resultantes da aquisição da “Ex netto” pela Morrisons. Os edifícios PFS, são edifícios que contêm bombas de gasolina da Morrisons acompanhadas por uma pequena loja. Um exemplo de um supermercado Morrisons pode ser visto na figura 12 e um exemplo de um edifício PFS da Morrisons pode ser visto na figura 13 [7][8]. Como se pode ver estas dois tipos de loja são extremamente diferentes e por isso terão perfis de consumo energético extremamente diferentes também.



Figura 12 - Supermercado Morrisons



Figura 13 – Edifício PFS Morrisons



Posteriormente os edifícios são divididos tendo em conta o seu tamanho. Para os Core a ordem de tamanho será Supermercado>Grande>Pequeno. Para os Safeway a ordem de tamanho será Megaloja>Superloja>Pequeno.

Edifícios do mesmo tipo têm características similares e não devem ser comparados entre si. Os edifícios do tipo Core gastam mais gás que os Safeway pois grande parte do seu equipamento relacionado com a preparação de comida é alimentado a gás enquanto que maior parte do equipamento dos Safeway é alimentado por energia elétrica. Pela mesma razão é esperado que os Safeway gastem mais eletricidade do que os Core.

- Área – área da parte de vendas do supermercado.
- Horário - Quantidade de horas que a loja está aberta em média por dia.
- Região - Um agrupamento feito previamente pela Morrisons para separar as lojas tendo em conta a sua localização. A divisão foi a seguinte:
  - *East Midlands*
  - *Eastern*
  - *London*
  - *North East*
  - *North West*
  - *Scotland*
  - *South East*
  - *South West*
  - *Wales*
  - *West Midlands*
  - *Yorkshire and The Humber*

Este agrupamento deve ser utilizado para ter em conta as condições climatéricas. O Norte do Reino Unido é bastante mais frio do que o Sul pelo que é esperado que lojas situadas no Norte tenham gastos de energia maiores relacionados com o aquecimento do edifício.

- Cozinha a gás – A utilização de gás para cozinhar é extremamente importante de ter em consideração visto que a Optimised Buildings não tem controlo sobre a utilização do mesmo.

Estes dados foram agrupados em uma folha mestra que pode ser vista por todos os membros da Optimised Buildings. Todos estes parâmetros deverão ser tidos em conta antes de tirar qualquer tipo de conclusões em uma análise de performance energética de edifícios.

## 2.5.Submedidores

Submedidores são medidores que medem os gastos energéticos de eletricidade de um aparelho específico ou de uma específica região da loja. Nas tabelas 1 e 2 apresentam-se exemplos de submedidores para o local 023 – Mansfield. Alguns deles são submedidores principais resultados da soma de outros submedidores que estão relacionados entre si. Por exemplo, o submedidor principal de nome “Preparação de comida Mansfield Sutton Road” que representa o consumo de eletricidade gasto para a preparação de comida corresponderá à soma dos submedidores “Padaria - Sub Painel BK Mansfield Sutton Road” e “Preparação de comida - Sub Painel 1 Mansfield Sutton Road”. De momento um esquema que exemplifique esta relação entre submedidores ainda não foi disponibilizado pela Morrisons.

Tabela 1 - Tabela com os submedidores para o local 023 - Mansfield

<b>Nome do submedidor</b>	<b>Nível do submedidor</b>
Medidores das traseiras Mansfield Sutton Road	Main Load Meter
Medidor da iluminação do parque de carros Mansfield Sutton Road	Main Load Meter
Preparação de comida Mansfield Sutton Road	Main Load Meter
Medidores de AVAC Mansfield Sutton Road	Main Load Meter
Medidores de iluminação Mansfield Sutton Road	Main Load Meter
Medidor principal de iluminação Mansfield Sutton Road	Main Load Meter
Medidor de refrigeração Mansfield Sutton Road	Main Load Meter
Serviços de compras Mansfield Sutton Road	Main Load Meter
Medidor armazém Mansfield Sutton Road	Main Load Meter
1º Piso L&P - DB F Mansfield Sutton Road	-
1/3 Iluminação - DB A Mansfield Sutton Road	-
Administração & Externo L&P - DB P1 Mansfield Sutton Road	-
Padaria - Sub Painel BK Mansfield Sutton Road	-
Iluminação montra - DB DL Mansfield Sutton Road	-
1º Piso L&P - DB F Mansfield Sutton Road	-
Painel de controlo de ventilação Mansfield Sutton Road	-
Alta temperatura 1 Mansfield Sutton Road	-
Alta temperatura PACK 1 1	-
Alta temperatura PACK 2 2	-
Alta temperatura Refrigeração Mansfield Sutton Road	-
Baixa temperatura PACK 0	-
Baixa temperatura Refrigeração Mansfield Sutton Road	-

Tabela 2 - Tabela com os submedidores para o local 023 – Mansfield (cont.)

Shopping 24h L&P - DB G Mansfield Sutton Road	-
Refrigeração Pack – Alta temperatura 2 Mansfield Sutton Road	-
SSP A Mansfield Sutton Road	-
SSP Prep Fresca Mansfield Sutton Road	-
Iluminação do piso de vendas - DB B Mansfield Sutton Road	-
Iluminação do piso de vendas do shopping - DB ML Mansfield Sutton Road	-
Iluminação do piso de vendas - DB C Mansfield Sutton Road	-
Serviços de compras Mansfield Sutton Road	-
Armazém - DB W Mansfield Sutton Road	-
Armazém L&P - DB P Mansfield Sutton Road	-

Os dados dos gastos energéticos para cada um dos submedidores ainda são bastante limitados e só existem para energia elétrica. De momento submedidores de gás não estão disponíveis e os de eletricidade só estão disponíveis para 20 locais. No entanto, é importante criar uma base de trabalho para estudos futuros e também para provar à equipa da Morrisons a importância da recolha destes dados. Na tabela 3 pode-se ver um estudo feito para analisar o impacto de cada área da loja nos gastos totais de energia elétrica.

Tabela 3 – média em kWh de eletricidade gasta por hora durante o período de 11/03/2020 – 26/03/2020 e impacto nos gastos totais de eletricidade separada por submedidores principais do supermercado de Mansfield

Nome do Submedidor	Média kWh gastos por hora no período de 11/03/2020 - 26/03/2020	Impacto do submedidor nos gastos totais de eletricidade
Preparação de comida Mansfield Sutton Road	74,5	30%
Medidor de refrigeração Mansfield Sutton Road	68,7	28%
Medidores de iluminação Mansfield Sutton Road	56,0	23%

*Tabela 4 – média em kWh de eletricidade gasta por hora durante o período de 11/03/2020 – 26/03/2020 e impacto nos gastos totais de eletricidade separada por submedidores principais do supermercado de Mansfield (cont.)*

Medidores das traseiras Mansfield Sutton Road	21,9	9%
Medidores de AVAC Mansfield Sutton Road	13,6	5%
Medidor armazém Mansfield Sutton Road	8,8	4%
Medidor da iluminação do parque de carros Mansfield Sutton Road	5,1	2%

No anexo A será mostrado o impacto no total de energia elétrica de diferentes partes da loja. É apresentado um exemplo de uma loja para cada tipo de edifício com dados de submedidores disponíveis. É feita uma separação em 4 períodos de 3 meses (1º período de Janeiro a Março, 2º período de Abril a Junho, 3º período de Julho a Setembro e 4º período de Outubro a Dezembro) onde é possível visualizar um aumento substancial dos gastos de refrigeração nos períodos onde a temperatura exterior é maior (2º e 3º período).

No futuro, com o aumento da disponibilidade de dados de submedidores, será interessante ver este estudo ao longo do período de um ano visto que submedidores como o “Medidor de refrigeração Mansfield Sutton Road” que está relacionado com a refrigeração de alimentos irão depender da temperatura exterior e os seus dados poderão ser utilizados para um estudo de GDarr.



### **3. Técnicas de colmatação de variações de fatores externos e alterações no funcionamento de edifícios**

Por vezes é difícil quantificar os ganhos energéticos provocados nos supermercados Morrisons pela Optimised Buildings. Fatores externos como mudanças de temperatura exterior e a mudança dos horários de abertura dos supermercados têm elevados impactos nos gastos de energia dificultando o processo de comparação de gastos para a mesma loja entre dois períodos de tempo distintos. Os supermercados gastam mais energia enquanto estão abertos, logo um aumento do número de horas em que os mesmos estão abertos também provocarão um aumento dos seus consumos de energia. Temperaturas exteriores baixas irão aumentar o consumo energético relacionado com o aquecimento de um edifício enquanto que temperaturas altas irão aumentar o consumo energético relacionado com a sua refrigeração.

#### **3.1. Quantificação da otimização de edifícios tendo em conta mudança de horário de abertura**

A comparação de valores de gastos energéticos entre períodos de tempo, em que um supermercado está aberto, variáveis levará a erros muitos grandes visto que os gastos energéticos de um supermercado são (de maneira geral) extramente maiores quando este está aberto.

Para este estudo, serão usados dados de edifícios PFS. Os edifícios PFS funcionam de maneira diferente dos supermercados pelo que são avaliados separadamente dos mesmos. A Optimised Buildings começou no início do ano de 2020 a fazer atualizações aos controladores destes edifícios assim como alterando os esquemas dos aparelhos destes edifícios no programa SET. Estas alterações no programa SET deverão ter um impacto positivo na diminuição do consumo de energia nestes edifícios.

Devido à pandemia COVID-19, muitos edifícios PFS sofreram mudanças nos seus horários de abertura e fecho. Estes horários para cada uns dos locais pré COVID-19 podem ser encontrados no anexo B. Os novos horários mantiveram a hora de abertura, mas a hora de fecho passou a ser 21:00 para todos os edifícios. Esta mudança de horário ocorreu no dia 08/04/2020. Como houve uma diminuição da quantidade de horas que estes edifícios estavam abertos tentou-se fazer uma adaptação de maneira a tentar quantificar os ganhos feitos apenas pelas atualizações e não pela diminuição do horário de abertura.

Para este estudo utilizou-se o período de 08/04/2020-13/04/2020 (na altura em que este pedido foi feito só estavam disponíveis dados até ao dia 13/04/2020) e comparou-se com o período 08/04/2019-13/04/2019.

Será visto o impacto das mudanças no consumo de energia elétrica que não é tão afetado por mudanças de temperatura.

Foram exportados os dados para ambos estes períodos de tempo da plataforma Dexma para o Excel. Usando o Excel, e tendo em conta os horários de abertura e fecho de cada um dos edifícios no período de 2019 foram calculadas as médias em kWh de eletricidade consumida por hora para períodos em que o edifício estava aberto e para períodos em que estava fechado. Os resultados deste estudo podem ser vistos na tabela 5.

Tabela 5 - Exemplo de alguns edifícios e respetivas médias de energia elétrica gasta por hora em kWh

<b>Número do edifício</b>	<b>Média de energia elétrica gasta por hora quando o edifício está aberto durante o período de 2019 (kWh)</b>	<b>Média de energia elétrica gasta por hora quando o edifício está fechado durante o período de 2019 (kWh)</b>
4	11,22	10,94
14	14,35	9,42
19	7,70	3,06
22	8,86	4,17
29	9,84	6,46
33	8,50	4,20
49	8,56	4,12
50	18,85	6,99
53	7,90	3,47
56	8,19	3,13

Como se pode ver na tabela 5, existem grandes diferenças no consumo durante horários de abertura e fecho para a maior parte dos edifícios. No entanto, para edifícios tais como o número 4, a energia elétrica não reduz drasticamente em horas onde o edifício é considerado como fechado. Isto deve-se a alguns edifícios PFS continuarem parte da sua atividade quando fechados, mas com funcionários e espaço limitado comparando com horas onde o edifício é considerado como aberto. Este tipo de funcionamento é mantido na adaptação relativa ao COVID-19 sendo a única diferença o horário.

De seguida, foram criadas colunas com os dados de horários pré Covid-19 e novas horas de abertura e novas horas de fecho. Tudo isto pode ser encontrado na imagem abaixo, as horas foram colocadas sobre a forma de número para permitir cálculos no Excel de maneira que, por exemplo, as horas 05:30 sejam representadas pelo valor 5,5. Usando estes dados foi calculado o número de horas em que um edifício está aberto no horário pós COVID-19 como pode ser visto na tabela 6.

Tabela 6 - Exemplo de alguns edifícios e respetivos horários pré COVID-19 e novas horas de abertura e fecho

Número do edifício	Horário pré COVID-19	Hora de abertura (novo horário)	Hora de fecho (novo horário)	Número de horas por dia que o edifício está aberto
4	06:00 - 23:00	6	21	15
14	06:00 - 22:30	6	21	15
19	06:00 - 22:00	6	21	15
22	06:00 - 22:30	6	21	15
29	06:00 - 22:00	6	21	15
33	05:30 - 23:30	5,5	21	15,5
49	06:00 - 22:00	6	21	15
50	06:00 - 22:00	6	21	15
53	06:00 - 22:30	6	21	15
56	06:00 - 22:30	6	21	15

Para fazer uma estimativa dos gastos diários de energia elétrica que teriam ocorrido em 2019 caso o edifício tivesse o horário alterado pelo COVID-19 multiplicou-se a média de energia elétrica gasta por hora quando o edifício está aberto (em 2019) pelo nº de horas que um edifício está aberto em período COVID-19 e somou-se este valor ao produto da média de energia elétrica gasta por hora quando o edifício está fechado (em 2019) com o número de horas que um edifício está fechado durante o período de COVID-19.

*Gasto diário (kWh)*

= (Média de energia elétrica gasta por hora quando site está aberto em kWh)

\* nº horas aberto em período COVID – 19)

+ (Média de energia elétrica gasta por hora quando site está fechado em kWh)

\* nº horas fechado em período COVID – 19)

Obtendo a estimativa para os gastos de energia elétrica de cada um dos edifícios caso em 2019 eles tivessem o horário de abertura e fecho que estão a ter em 2020 é possível agora comparar com a média de gastos diários de um período posterior ao dia 08/04/2020. Os resultados podem ser vistos na tabela 7 e na figura 14.



Tabela 7 - Visualização sobre a forma de uma tabela da comparação dos valores reais de energia em 2020 comparados com a estimativa do ano anterior calculada tendo em conta mudanças de horário

Número do edifício	Média diária de gastos de energia elétrica no período de 2020 após mudanças de horário (kWh)	Estimativa da média diária de gastos de energia elétrica em 2019 caso estes tivessem o horário implementado no dia 08/04/2020 (kWh)	Poupança (%)	Diferença estimativa 2019 versus 2020 (kWh)
4	194,1	266,8	27%	72,7
14	253,1	299,9	16%	46,9
19	113,6	143,1	21%	29,5
22	143,1	170,5	16%	27,4
29	153,4	205,8	25%	52,4
33	165,5	167,5	1%	1,9
49	120,9	165,5	27%	44,6
50	220,2	345,7	36%	125,5
53	147,1	149,8	2%	2,7
56	111,6	150,9	26%	39,4

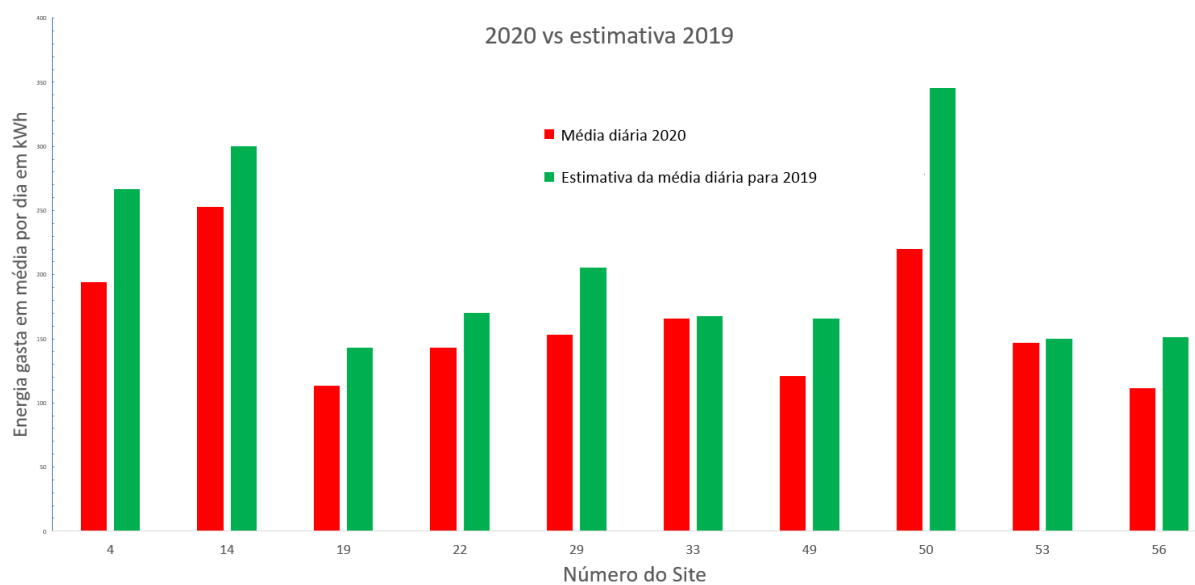


Figura 14 - Visualização sobre a forma de um gráfico da comparação dos valores reais de energia elétrica em 2020 comparados com a estimativa do ano anterior calculada tendo em conta mudanças de horário

É possível verificar que as atualizações do esquema de software SET ainda não foram sentidas em todos os edifícios (por exemplo os edifícios 33 e 53) sendo que aqueles que não sofreram alterações serão revistos. No entanto, com estes dados é possível observar que, tendo em conta as mudanças de horário, o controlo refinado dos aparelhos que gastam energia nos PFS implementado no início do ano de 2020 pela Optimised Buildings estão a provocar ganhos energéticos notórios na maior parte dos edifícios PFS.

### 3.2. Análise de dados de submedidores

Para a análise de alterações feitas em áreas específicas da loja o estudo de submedidores levará a resultados mais precisos do que aqueles que seriam obtidos usando valores totais de consumo de energia.

#### 3.2.1. Impacto energético de alterações do funcionamento de um edifício em áreas específicas deste

Mudanças de horário de abertura e fecho, assim como alterações do funcionamento de edifícios, foram implementadas em resposta à pandemia COVID-19. Como tal, a diretora do departamento de energia da Morrisons pediu que fosse feito um estudo relativo à origem das poupanças energéticas feitas neste período para as áreas do café, preparação de comida e serviços de compras. É de esperar um decréscimo enorme na área do café visto que este foi fechado em todos os edifícios e também algum decréscimo de gastos de energia na área de preparação de comida e serviços de compras devido à diminuição do seu uso. Estas mudanças foram implementadas no dia 26/03/2020. Foram então comparados dados dos submedidores para energia elétrica que equivalem a estas áreas ao longo de várias semanas tendo em conta a informação disponível.

Os dados deste estudo podem ser vistos na tabela 8 e figura 15. Notaram-se poupanças elevadas na área de café e preparação de comida enquanto que serviços de compras se mantiveram estabilizados.

*Tabela 8 - Dados dos submedidores para café, preparação de comida e serviços de compras para o edifício 060 - Chorley*

Nome de submedidor	Total Energia elétrica kWh 16/03-22/03 (kWh) (pré COVID-19)	Total Energia elétrica 23/03-29/03 (kWh)	Total Energia elétrica 30/03-05/04 (kWh)	Total Energia elétrica 06/04-12/04 (kWh)	Total Energia elétrica 13/04-19/04 (kWh)	Total Energia elétrica 20/04-26/04 (kWh)	Total Energia elétrica 27/04-03/05 (kWh)
Serviços de compras Chorley Brooke Street	1907	1905	1908	1927	1904	1924	1903
Café Chorley Brooke Street	4975	3003	2615	2642	2727	2895	2975
Preparação de comida Chorley Brooke Street	3785	2584	2525	2404	2664	2542	2748

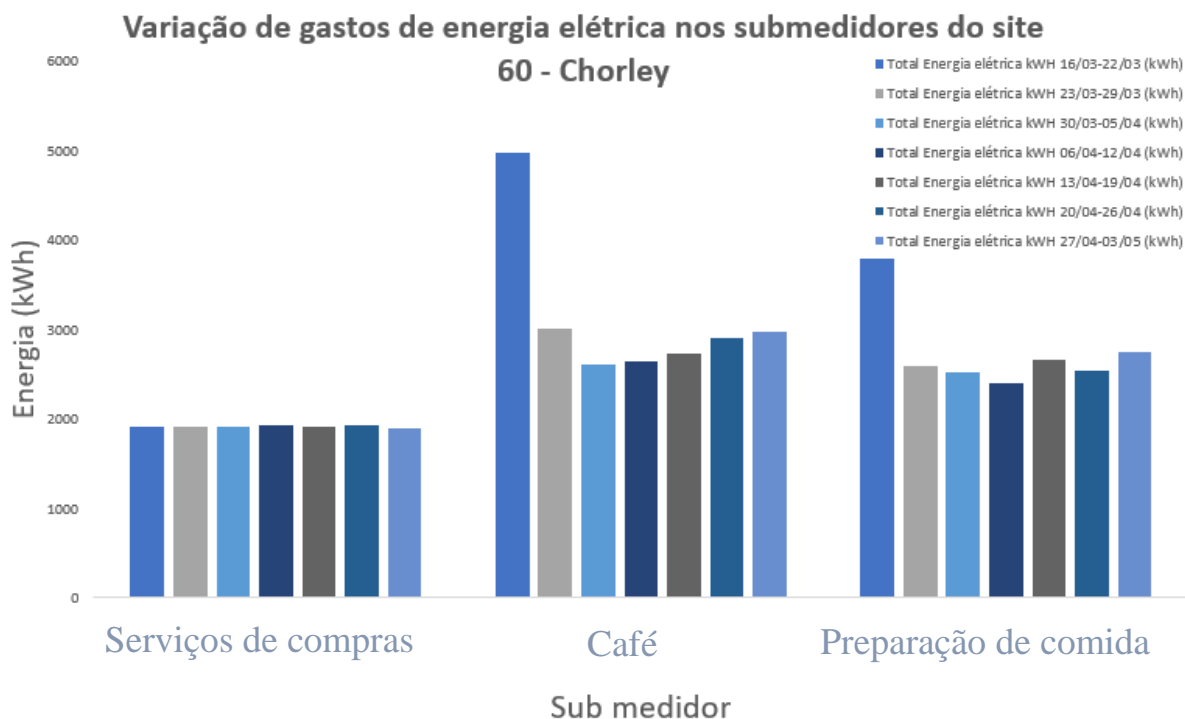


Figura 15 - Dados dos submedidores para café, preparação de comida e serviços de compras para o edifício 060 – Chorley. Os dados estão colocados por ordem começando na semana 16/03/2020-22/03/2020 e acabando na semana 27/04/2020-03/05/2020

Apesar de terem ocorrido ganhos significantes, em Chorley as alterações feitas à loja deveriam ter provocado ganhos maiores. O estudo foi reproduzido para os restantes edifícios disponíveis agrupando-os tendo em conta o tipo de loja. Serão comparadas 6 semanas (numeradas por ordem nas tabelas abaixo) começando no dia 16/03/2020 e acabando no dia 03/05/2020. A reprodução deste estudo pode ser visto nas tabelas 9,10,11,12 e 13 apresentadas abaixo e daí podem-se retirar as seguintes conclusões:

- Os edifícios pertencentes ao grupo Core Grande, Safeway Supermercado, Safeway Megaloja, Safeway Superloja e Pequeno – Ex netto tiveram ganhos significativos de energia na parte de preparação de comida.
- Em termos de café, os edifícios pertencentes ao grupo Core Grande, Safeway Supermercado, Safeway Megaloja, Safeway Superloja tiveram ganhos significativos de energia. Os edifícios Pequeno – Ex netto não sofreram nenhum ganho nesta área pois não possuem esse tipo de serviço.
- Em termos de serviços de compras, todos os supermercados Safeway tiveram alguns ganhos enquanto que nos Core Grande e Pequeno – Ex netto não se notaram alterações significativas.

Tabela 9 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Core Grande

Nome de submedidores	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 2 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 3 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 4 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 5 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 6 (kWh)
Café	-534	-759	-2009	-2474	-2097
Preparação de comida	-2203	-3207	-2070	-1914	-1736
Serviços de compras	-142	-71	246	22	214

Tabela 10 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Safeway Supermercado

Nome de submedidores	Diferença de gastos energético s entre semana 1 e semana 2 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 3 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 4 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 5 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 6 (kWh)
<b>Café</b>	-1972	-2360	-2036	-2017	-1937
<b>Preparação de comida</b>	-780	-842	-709	-609	-504
<b>Serviços de compras</b>	-54	-31	-168	-373	-384

Tabela 11 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Safeway Megaloja

Nome de submedidores	Diferença de gastos energético s entre semana 1 e semana 2 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 3 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 4 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 5 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 6 (kWh)
<b>Café</b>	-1431	-2803	-2794	-3920	-3942
<b>Preparação de comida</b>	-1767	-1684	-2035	-1385	-1364
<b>Serviços de compras</b>	-312	-214	-130	-298	-97

Tabela 12 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Safeway Superloja

Nome de submedidores	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 2 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 3 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 4 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 5 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 6 (kWh)
<b>Café</b>	-971	-1714	-2472	-2616	-2147
<b>Preparação de comida</b>	-599	-709	-1791	-1262	-960
<b>Serviços de compras</b>	-488	-838	-578	-762	-590

Tabela 13 - Valores médios para submedidores de edifícios pertencentes ao grupo Pequeno – Ex netto

Nome de submedidores	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 2 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 3 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 4 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 5 (kWh)	Diferença de gastos energéticos entre semana 1 e semana 6 (kWh)
Preparação de comida	-47	-212	-622	-478	-286
Serviços de compras	-37	-8	16	-29	-8

Neste estudo foram utilizados apenas 5/143 edifícios do tipo Core Grande, 6/78 edifícios do tipo Core Supermercado, 1/35 edifícios do tipo Safeway Megaloja, 7/150 edifícios do tipo Safeway Superloja e 2/41 do tipo Pequeno - Ex-netto. De momento está apenas disponível informação para estes edifícios. Apesar de o grupo de estudo ser mais pequeno que o desejado foi criada uma base para futuros estudos e demonstrada a importância de acumular e analisar este tipo de dados.

### 3.2.2. Impacto energético da diminuição da intensidade das luzes

Na tentativa de reduzir o consumo de energia a Morrisons implementou uma diminuição da intensidade das luzes dentro dos seus estabelecimentos para 60% nas primeiras duas horas do dia após a sua abertura. Este começou no dia 20/04/2020 e não está ativo durante os fins-de-semana.

Para contabilizar estas mudanças usaram-se dados do submedidor referente aos gastos de energia elétrica para iluminação. A frequência dos dados é de trinta minutos pelo que as duas horas foram divididas em quatro períodos. O 1º período refere-se à primeira meia hora do dia onde começa este projeto e assim sucessivamente até ao 4º período que se refere à última meia hora onde acaba este projeto. Foram então comparados dados dos consumos entre períodos antes da mudança e após a mudança. Usando 023-Mansfield como exemplo do estudo feito para os quatro períodos, os seus resultados são apresentados nas tabelas 14,15,16 e 17.

Tabela 14 - Resultados para o 1º período no edifício Mansfield

Média de gastos 1º período pré mudança (kWh)	Média de gastos 1º período pós mudança (kWh)	Média de ganhos 1º período (kWh)
21,96	15,75	6,22

Tabela 15 - Resultados para o 2º período no edifício Mansfield

Média de gastos 2º período pré mudança (kWh)	Média de gastos 2º período pós mudança (kWh)	Média de ganhos 2º período (kWh)
21,93	15,80	6,13

Tabela 16 - Resultados para o 3º período no edifício Mansfield

<b>Média de gastos 3º período pré mudança (kWh)</b>	<b>Média de gastos 3º período pós mudança (kWh)</b>	<b>Média de ganhos 3º período (kWh)</b>
21,81	16,39	5,42

Tabela 17 - Resultados para o 4º período no edifício Mansfield

<b>Média de gastos 4º período pré mudança (kWh)</b>	<b>Média de gastos 4º período pós mudança (kWh)</b>	<b>Média de gastos 4º período (kWh)</b>
22,04	22,09	-0,05

Adaptando a todos os edifícios onde a informação de submedidores está disponível e agrupando-os pelos seus tipos de loja, pode-se observar diferenças enormes nas suas reações a estas mudanças. Estes resultados são apresentados nas tabelas seguintes 18,19,20 e 21.

Tabela 18 - Resultados para o grupo Core Grande

<b>Número do edifício</b>	<b>Nome do edifício</b>	<b>Tipo de loja</b>	<b>kWh poupados por hora</b>
23	Mansfield	Core - Grande	8,86
27	Staveley	Core - Grande	6,14
69	Binley	Core - Grande	15,22
125	Burton	Core - Grande	7,71
419	Rothwell	Core - Grande	14,21
<b><u>Média (kWh)</u></b>			<b><u>10,43</u></b>

Tabela 19 - Resultados para o grupo Core Supermercado

<b>Número do edifício</b>	<b>Nome do edifício</b>	<b>Tipo de loja</b>	<b>kWh poupados por hora</b>
60	Chorley	Core - Supermercado	4,47
136	Cardonald	Core - Supermercado	10,99
368	Holbrooks	Core - Supermercado	2,77
496	Exeter	Core - Supermercado	6,69
652	Porth	Core - Supermercado	3,19
672	Carterton	Core - Supermercado	8,93
<b><u>Média (kWh)</u></b>			<b><u>6,17</u></b>

Tabela 20 - Resultados para o grupo Safeway - Superloja

Número do edifício	Nome do edifício	Tipo de loja	kWh poupados por hora
164	Arbroath	Safeway - Superloja	25,45
170	Dumfries	Safeway - Superloja	17,98
210	Ellesmere Port	Safeway - Superloja	20,27
<b>Média (kWh)</b>			<b>21,24</b>

Tabela 21 - Resultados para o grupo Pequeno - Ex Netto/ Co-op/ Somerfield

Número do edifício	Nome do edifício	Tipo de loja	kWh poupados por hora
486	Corringham	Pequeno - Ex Netto/ Co-op/ Somerfield	0,81
504	Tamworth	Pequeno - Ex Netto/ Co-op/ Somerfield	2,89
<b>Média (kWh)</b>			<b>1,85</b>

A diferença é notória e bastante dependente do tipo de loja. Também foi possível verificar que em todas as lojas o 4º período de redução da intensidade de luminosidade não foi sentido e é um problema que será solucionado pela Bureau Team.

### 3.3. Análise de resultados tendo em conta variações de temperatura no exterior

A temperatura no exterior muda consideravelmente ao longo do ano pelo que é importante relacionar a mesma com dados energéticos correspondentes aos valores gastos no aquecimento de um edifício. Como foi referido anteriormente, o gás é o combustível utilizado para alimentar os aparelhos que aquecem os edifícios Morrisons. Estima-se que o consumo de gás relacionado com o aquecimento do edifício seja 90% dos gastos de gás quando a temperatura no exterior é extremamente baixa e cerca de 0% quando a temperatura exterior é extremamente alta.

Será usado o edifício 001 como objeto de estudo (escolhido aleatoriamente). O edifício 001 corresponde ao Morrisons de Chingford. Chingford está situado no Nordeste de Londres, tem uma área de 42 448 m<sup>2</sup> e pertence ao grupo Core Grande.

Para fazer esta análise serão seguidos os conselhos do website [degreedays.net](http://degreedays.net) [10].

Utilizando a plataforma Dexma foram exportados os valores totais de energia gasta em gás usando a frequência de uma semana para o edifício 001 – Chingford. Foi usada a frequência semanal para garantir que cada período tenha apenas um Domingo, onde o horário difere dos outros dias. Daqui foram retirados os dados de consumo para esta loja desde a semana que começa no dia 01/01/2018 até à semana que começa no dia 24/12/2019. Parte destes dados para o ano de 2018 estão exemplificados na tabela 22.

Tabela 22 - Exemplo de valores totais de gás por semana durante o ano de 2018 no edifício 001-Chingford com quebra

<b>Semana começando no dia</b>	<b>001 - Chingford [kWh]</b>
<b>01/01/2018</b>	51 303,62
<b>08/01/2018</b>	51 378,56
<b>15/01/2018</b>	54 561,32
<b>22/01/2018</b>	44 131,39
<b>29/01/2018</b>	51 948,06
-----	-----
<b>10/12/2018</b>	57 375,94
<b>17/12/2018</b>	49 532,10
<b>24/12/2018</b>	45 510,43

De seguida, foram recolhidos dados de graus dia referentes a 2018 usando a temperatura base sugerida para a procura dos GDaq de 15,5°C. Os dados de graus dia foram retirados do website degreedays.net e a estação meteorológica escolhida foi a “London City Airport” (0.06E,51.51N) pois é a que está localizada mais perto de Chingford [10]. Esta compilação pode ser vista na tabela 23.

Tabela 23 - Valores totais de energia VS GDaq ao longo do ano de 2018 com quebra

<b>Semana começando no dia</b>	<b>001 - Chingford gastos semanais [kWh]</b>	<b>GDaq 15,5°C [GDaq]</b>
<b>01/01/2018</b>	51 303,62	58
<b>08/01/2018</b>	51 378,56	62
<b>15/01/2018</b>	54 561,32	65
<b>22/01/2018</b>	44 131,39	41
<b>29/01/2018</b>	51 948,06	63
-----	-----	-----
<b>10/12/2018</b>	57 375,94	68
<b>17/12/2018</b>	49 532,10	38
<b>24/12/2018</b>	45 510,43	54



Fazendo uma regressão linear com os dados da tabela 23 obtém-se o resultado apresentado na figura 16.

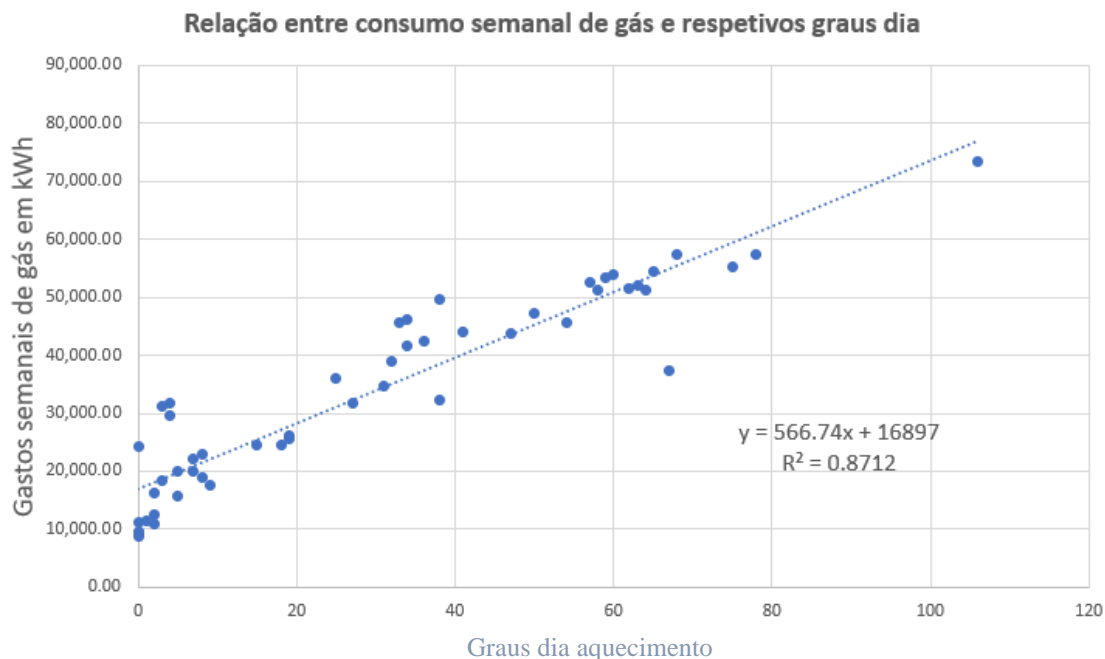


Figura 16 - Gráfico utilizando a função scatter para os dados da tabela 23. Por favor considerar nesta figura “.” como separador decimal e “,” com separador de milhares

Obtém-se então a equação:

$$y = 556,74x + 16897$$

onde:

- y é a energia em kWh consumida por semana
- x corresponde ao valor semanal de GDaq

Também se obteve o valor de  $R^2 = 0,8712$ . Este valor é um indicador de quão boa esta regressão é. Por regra da indústria comunicado por funcionários experientes da Optimised Buildings, um valor de  $R^2 > 0,75$  é considerado aceitável, mas quanto mais próximo este valor é de 1 melhor a correlação entre os parâmetros estudados. No entanto, estes cálculos foram feitos utilizando uma temperatura base sugerida de 15,5°C. Esta é a temperatura mais usada pois os edifícios costumam ser aquecidos até uma temperatura de 19°C e estima-se que os ganhos internos de calor causados por pessoas e aparelhos correspondam a cerca de 3,5°C (19 – 3,5= 15,5) [9]. No entanto, em supermercados o frio produzido pelas câmaras frigoríficas vai tornar este valor maior do que o de um edifício comum. Assim sendo, replicar-se-á a regressão linear feita anteriormente para diferentes temperaturas base de GDaq. Os resultados de  $R^2$  para algumas das regressões lineares feitas podem ser vistos na tabela 24.

Tabela 24 - Resultados para diferentes valores de temperatura base de GDaq

Temperatura base de GDaq	20 °C	21°C	21,5°C	22°C	22,5°C
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9007	0,019	0,9020	<u>0,9046</u>	0,9037

O valor de  $R^2$  é máximo para uma temperatura base de GDaq 22°C sendo então esta a série mais compatível com o consumo de gás em Chingford. Obtém-se então a equação:

$$y = 421,23x + 6091,$$

onde:

- y é a energia em kWh consumida por semana
- x corresponde ao valor semanal de GDaq

Usando esta fórmula e os dados de graus dia de aquecimento (mantendo a temperatura base de 22°C para a procura dos GDaq) para o ano de 2019 foi obtida uma estimativa dos valores de energia gastos em 2019 caso o edifício mantivesse a relação de consumo de gás com a temperatura ambiente de 2018. Estes resultados podem ser observados na tabela 25. A semana 1 corresponde à semana que tem começo no dia 01/01 para o ano de 2018 e no dia 07/01 para o ano de 2019. As semanas foram então ordenadas até à semana 51 que corresponde ao dia 17/12 para o ano de 2018 e 23/12 de 2019.

*Tabela 25 - Valores reais de energia gasta (gás) VS valores estimados obtidos usando a regressão linear obtida anteriormente para o ano de 2019 sendo o valor de x igual aos graus dia para cada semana do ano de 2019*

<b>Semana</b>	<b>001 - Chingford REAL 2019 [kWh]</b>	<b>001 - Chingford ESTIMATIVA [kWh]</b>	<b>001 - Chingford [kWh] REAL 2018</b>
<b>Semana 1</b>	53 263	47 372	51 304
<b>Semana 2</b>	61 270	54 533	51 379
<b>Semana 3</b>	61 651	55 796	54 561
<b>Semana 4</b>	69,258	62 115	44 131
----- -	----- ---	----- ---	----- ----
<b>Semana 51</b>	39 211	46 529	49 532
<b>SOMA</b>	1,53E+06	1,72E+06	1,71E+06

Como se pode observar, o valor estimado para os gastos energéticos de gás para o edifício 001 – Chingford durante o ano de 2019 é de 1,72 E<sup>6</sup> kWh, o valor real total de gastos energéticos de gás para o ano de 2019 é de 1,53 E<sup>6</sup> kWh e o valor real total de gastos energéticos de gás para o ano de 2018 é de 1,71 E<sup>6</sup> kWh.

Caso tivesse sido feita uma comparação dos gastos do ano de 2018 versus o ano de 2019 usando valores reais seria obtido um total de 1,8 E<sup>5</sup> kWh de poupanças energéticas.

$$\text{Poupanças reais no ano de 2019 VS Abril de 2018} = 1,71E^6 - 1,53E^6 = \mathbf{1,8E^5 \text{ kWh}} .$$

Foram retirados dados de temperatura em °C para o ano de 2019 e de 2018 na plataforma Dexma com uma frequência de 30 minutos entre cada medição. Como se pode ver pelos dados mostrados na tabela 26, a temperatura em 2019 foi, em média, menor.

*Tabela 26 – Média e mediana de temperaturas em Londres para o ano de 2018 versus 2019 com frequência de medições de 30 min*

	<b>Temperatura Londres 2018 [°C]</b>	<b>Temperatura Londres 2019 [°C]</b>
<b>Média</b>	12,77	12,46
<b>Mediana</b>	12,00	11,80

Esta diminuição de temperatura deveria ter provocado um aumento dos gastos de gás para aquecimento do interior do supermercado. Assim sendo, se o supermercado tivesse mantido a performance de 2018 (antes de ser otimizado) teria tido gastos energéticos em gás para o ano de 2019 estimados em  $1,72E^6$  kWh. Os verdadeiros ganhos provocados pela Optimised Buildings podem então ser estimados em:

$$\text{Ganhos estimados por otimização ano de 2019 VS 2018} = 1,72E^6 - 1,53E^6 = \mathbf{1,9E^5 \text{ kWh}} .$$

Pode-se então comprovar que, tendo em conta variações nas condições climáticas, este edifício está a ter consumos energéticos abaixo do esperado provando que a Optimised Buildings está a ser eficaz no seu trabalho de otimizar os gastos energéticos deste edifício.

Apesar deste estudo ser uma boa demonstração de como os graus dia podem ser usados, deve-se ter em conta o erro existente em fazer um estudo como este, devido a não serem utilizados dados apenas relacionados com os gastos energéticos utilizados para aquecimento do edifício, mas sim os gastos totais de gás.

### 3.3.1. Refinamento do estudo da variação do consumo de gás com graus dia

O edifício Chingford tem horário de abertura 07:00-22:00 durante a semana e sábados. Aos domingos tem o horário 10:00-16:00. O aquecimento deste edifício está programado para ligar duas horas antes da sua abertura e é desligado 2 horas antes do seu fecho. Aí começa um período de arrefecimento onde o aquecimento está desligado até que a temperatura interior seja de 15,5°C. Quando esta temperatura é atingida o aquecimento é ligado de novo com um setpoint inferior ao do horário de abertura. Resumindo, o aquecimento está ligado com um setpoint de 19°C das 05:00-20:00 (dias da semana e sábados) / 08:00-14:00 (domingo), de seguida terá um período de arrefecimento que pode durar alguns minutos (no Inverno onde a temperatura exterior é baixa) a horas (no Verão onde a temperatura exterior é alta) até que seja atingida uma temperatura interior de 15,5°C e finalmente entrará em modo de fecho onde o aquecimento está ligado com um setpoint de 16°C.

Como existem estas variações na maneira como a loja funciona ao longo do dia é então importante fazer o mesmo estudo aplicando esta importante separação relativa aos horários.

Os dados de graus dia retirados da plataforma degreedays.net referida anteriormente podem ser exportados com uma frequência mínima de 1 dia [10]. Para calcular os valores de GD<sub>aq</sub>, esta plataforma utiliza todas as leituras partilhadas pela estação escolhida. Por vezes pode haver um intervalo de uma hora, meia hora ou apenas alguns minutos entre leituras. Por exemplo, se houver um espaçamento de meia hora entre leituras de temperatura, o valor de GD<sub>aq</sub> para essa meia hora será igual à diferença da temperatura base pela temperatura exterior e posterior divisão desse valor por 48 (existem 48 períodos de meia hora num dia). Se este valor for negativo será contado como 0.

Neste estudo, sendo necessário calcular os graus dia apenas para o período de tempo onde a loja está aberta/fechada, a frequência mínima de uma dia fornecida pela [degreedays.net](http://degreedays.net) é insuficiente logo estes valores foram calculados manualmente. Para obter estes valores foram analisadas medições de temperatura para Londres com frequência de 1 hora retiradas da plataforma Dexma. Os dados para o consumo de gás durante as horas de fecho e abertura também foram retirados da mesma plataforma. Foi considerado como horário de abertura o período onde o aquecimento está ligado com setpoint de 19°C e como fechado o resto do dia.

Replicando a regressão linear vista nesta secção para estes valores separados pelos horários de fecho e abertura e mantendo o processo de obtenção de uma temperatura base “ideal” obtém-se o gráfico visto na figura 17.

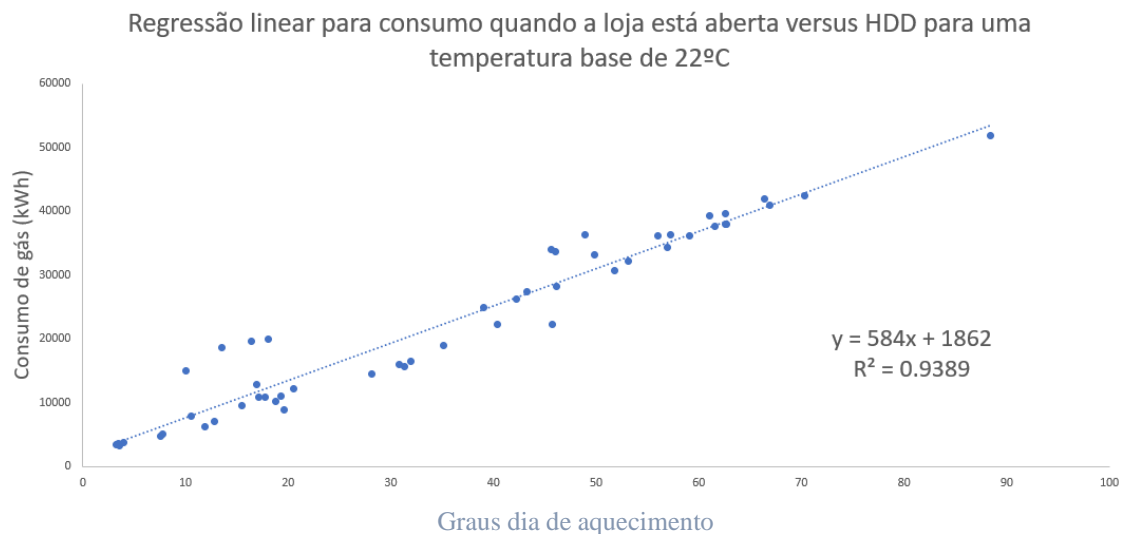


Figura 17 - Regressão linear refinada para consumo de gás versus GDaq durante horário de abertura. Por favor considerar nesta figura “.” como separador decimal e “,” com separador de milhares.

Como pode ser visto, o valor de  $R^2$  aumentou consideravelmente provando que esta é uma regressão linear de melhor qualidade que a apresentada no início da secção 3.3. Os ganhos reais para este período foram 1,91 E<sup>5</sup> kWh e os ganhos estimados foram 1,96 E<sup>5</sup> kWh. Pode-se estimar então que os ganhos foram todos conseguidos durante o período de abertura.

Para o horário de fecho que engloba o período de arrefecimento da loja e o posterior aquecimento a setpoint reduzido obteve-se a regressão linear representada na figura 18.

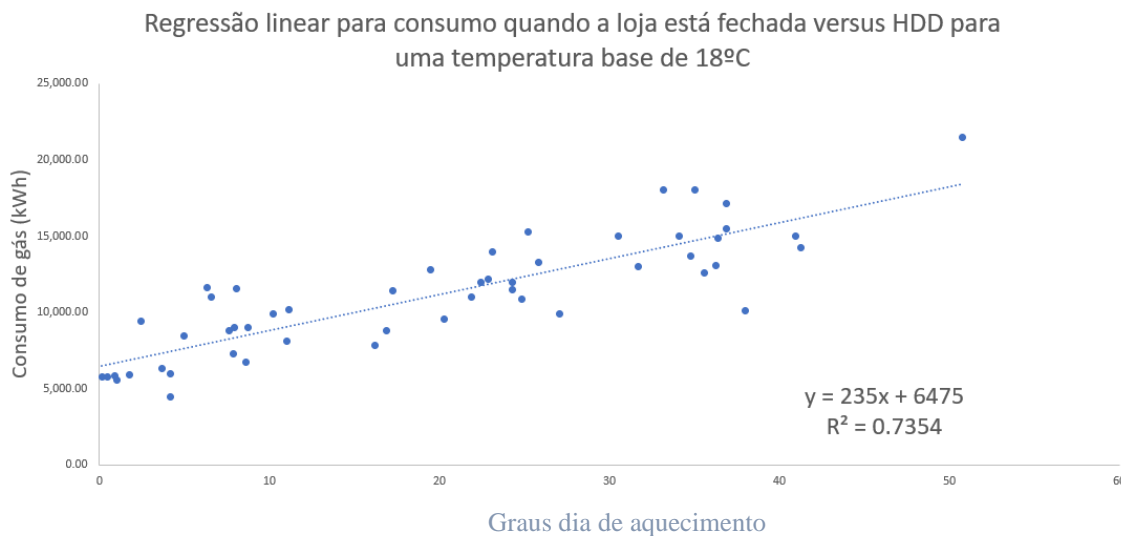


Figura 18 - Regressão linear refinada para consumo de gás versus GDaq durante horário de fecho. Por favor considerar nesta figura “.” como separador decimal e “,” com separador de milhares.

Como se pode observar pelo valor de  $R^2$  esta regressão linear tem baixa qualidade. O facto de o período de arrefecimento ter uma duração indeterminada aparenta ser a causa da fraca regressão. Devido a este resultado, esta regressão não deverá ser utilizada para estimativas. Comparando os ganhos durante o horário de abertura com os ganhos totais do edifício vistos na secção 3.3 estima-se então que, durante o período de fecho, foi gasto mais gás em 2019 do que em 2018. Este resultado é esperado visto que a Optimised Buildings definiu um setpoint noturno. Manter o edifício a uma temperatura de 16°C durante o período de fecho diminuirá o esforço necessário pelo equipamento de aquecimento no início do período de abertura do edifício. Este aumento de consumo noturno de gás será então recompensado por uma diminuição grande dos gastos de gás durante o dia.

## 4. Conclusões e trabalhos futuros

Este trabalho assentou no desenvolvimento das análises energéticas feitas pela Optimised Buildings nos edifícios da cadeia de supermercados Morrisons.

Apesar da falta/má qualidade de alguns dados e as graves alterações no funcionamento de ambas as empresas no período de tempo em que foi escrita esta dissertação provocadas pelo COVID-19, foi criada uma boa base para futuros estudos com o objetivo final de aumentar a precisão das análises energéticas e melhorar a quantificação dos ganhos energéticos provocados pela Optimised Buildings.

Com este projeto, foi alcançada uma melhoria nas análises das performances energéticas na empresa Optimised Buildings e também confirmou a importância da disponibilidade de dados e a qualidade dos mesmos.

### 4.1. Satisfação de objetivos

A informação resumida no capítulo 2 servirá como base para futuros analistas entenderem mais facilmente as informações vitais para fazerem o seu trabalho.

Com a ajuda das adaptações feitas tendo em conta a mudança de horário, foi possível estimar que as atualizações feitas aos controladores dos edifícios PFS em 2020 estão a poupar nestes edifícios 6500 kWh por semana havendo uma diminuição de cerca de 20% dos consumos de energia elétrica vistos em 2019.

Foi feita a primeira análise de dados de submedidores na empresa provando a importância deste tipo de dados à Morrisons que prometeu expandir e partilhar este tipo de dados com a Optimised Buildings. Os estudos permitiram verificar e estimar poupanças relativas às mudanças de funcionamento das lojas devido ao COVID-19 assim como realçar as diferenças existentes entre lojas de diferentes tipos. Com a utilização destes dados também foi possível estimar as poupanças relativas à diminuição da intensidade da iluminação nas lojas durante as primeiras duas horas da manhã permitindo estimar uma poupança de cerca de 68 MWh por semana em eletricidade devido a estas mudanças.

A exploração da utilização de estudos de graus dia permitiu encontrar maneiras de aumentar a precisão deste estudo. Utilizando este estudo e com a ajuda de um programador da Optimised Buildings foi possível criar estas regressões lineares para todos os sites do portfolio da Optimised Buildings usando como referência o ano de 2019. Fazendo uma comparação entre os consumos reais de edifícios em 2020 com as estimativas dos seus consumos caso tivessem a performance de 2019 sob as condições exteriores do ano de 2020 foi possível encontrar com facilidade aqueles que estão a sobre consumir e pedir à Bureau Team que solucionasse o problema na plataforma SET. Um exemplo de um perfil energético de um destes edifícios pode ser encontrado na figura 19. Com estas mudanças espera-se poupar à Morrisons centenas de milhares de libras esterlinas em gás no ano de 2020.

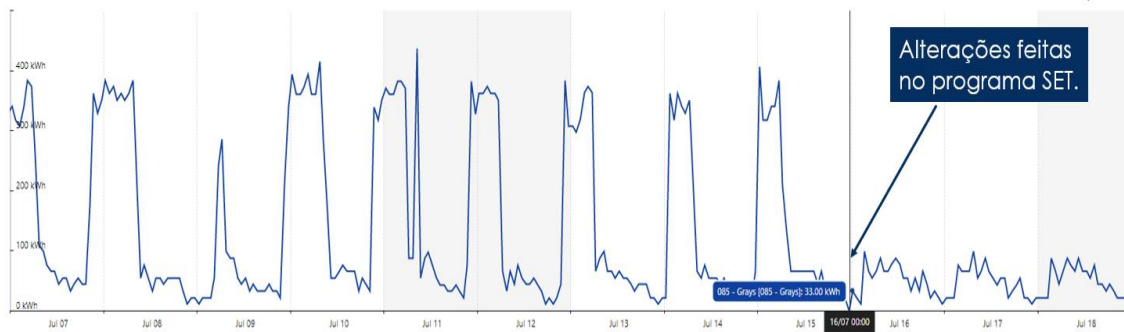


Figura 19 - Perfil do consumo de gás no site 085 em 2020. Problema encontrado e solucionado dia 16/07/2020

## 4.2. Trabalhos futuros

No futuro, será interessante replicar os estudos feitos usando dados de submedidores para um grupo de estudo maior.

Por último, deverá ser colocada mais pressão do lado da empresa Morrisons para que estes melhorem a qualidade e quantidade dos dados de consumos energéticos que disponibilizam, com especial ênfase nos dados de consumo de gás. Isto levará ao aumento da precisão de todos os estudos mencionados previamente e possibilitará novos estudos.

## Referências

- [1] Kolokotroni, M., Mylona, Z., Evans, J., Foster, A. and Liddiard, R. (2019). Supermarket Energy Use in the UK. *Energy Procedia*, 161, pp.325–332.
- [2] Optimisedbuildings.com. 2020. [online] Available at: <<https://www.optimisedbuildings.com/post/2018/12/06/retail-energy-project-of-the-year-2018-goes-to-optimised-buildings>> [Accessed 17 May 2020].
- [3] PLC, M., 2020. *Company History - Morrisons Corporate*. [online] Morrisons. Available at: <<https://www.morrisons-corporate.com/about-us/company-history/>> [Accessed 17 May 2020].
- [4] www.trendcontrols.com. (n.d.). HVAC Controls | Building Energy Management Systems - Trend. [online] Available at: <http://www.trendcontrols.com/en-GB/Pages/default.aspx>.
- [5] Disruptive Technologies. (2018). Smart, Wireless Mini-sensors | Disruptive Technologies. [online] Available at: <https://www.disruptive-technologies.com/> [Accessed 25 Oct. 2019].
- [6] www.dexma.com. (n.d.). DEXMA - Energy Intelligence and Management. [online] Available at: <https://www.dexma.com/> [Accessed 27 Jul. 2020].
- [7] Riley, A., 2020. *Morrisons Releases Statement In Wake Of Coronavirus Panic Buying*. [online] huldailymail. Available at: <<https://www.huldailymail.co.uk/whats-on/shopping/morrisons-increasing-food-coronavirus-panic-3953879>> [Accessed 17 May 2020].
- [8] Chillingsworth, L., 2020. *Morrisons Offering Big Fuel Saving This Week - How To Claim Money Off Petrol*. [online] Express.co.uk. Available at: <<https://www.express.co.uk/life-style/cars/1176567/fuel-savings-morrisons-petrol-price-money-off>> [Accessed 17 May 2020].
- [9] www.energylens.com. (n.d.). Degree Days - Handle with Care! [online] Available at: <https://www.energylens.com/articles/degree-days> [Accessed 8 Jun. 2020].
- [10] Degreedays.net. (2020). Heating & Cooling Degree Days - Free Worldwide Data Calculation. [online] Available at: <https://www.degreedays.net/#generate>.





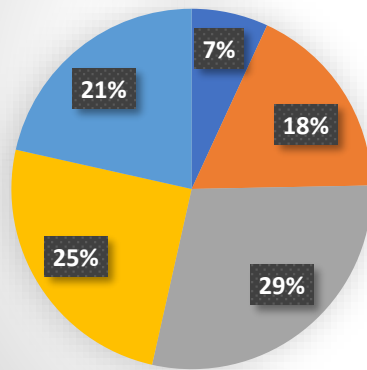
## **5. Anexos**



**Anexo A**

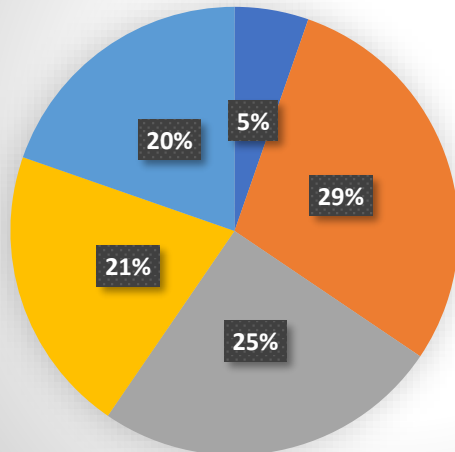
**Exemplo Core Supermarket**

**Período 1 - Chorley - Core Supermarket**



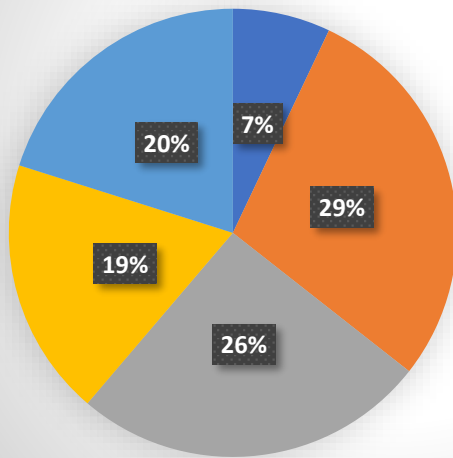
- Chorley Brooke Street ShopServices
- Chorley Brooke Street Refrigeration
- Chorley Brooke Street FoodPreparation
- Chorley Brooke Street LightingMeters
- Chorley Brooke Street CustomerCafé

**Período 2 Chorley - Core Supermarket**



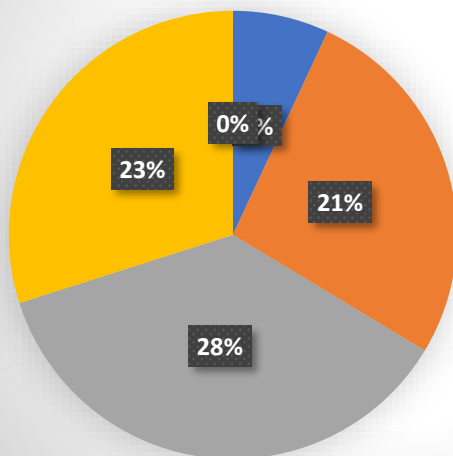
- Chorley Brooke Street ShopServices
- Chorley Brooke Street Refrigeration
- Chorley Brooke Street FoodPreparation
- Chorley Brooke Street LightingMeters
- Chorley Brooke Street CustomerCafé

### Período 3 Chorley - Core Supermarket



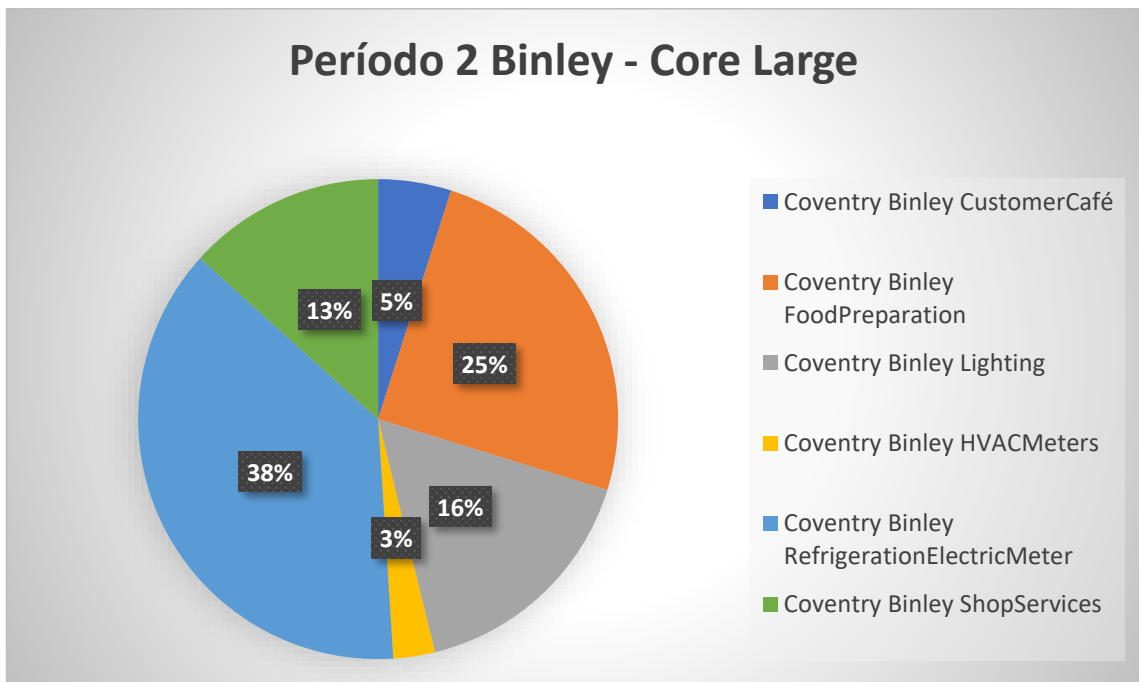
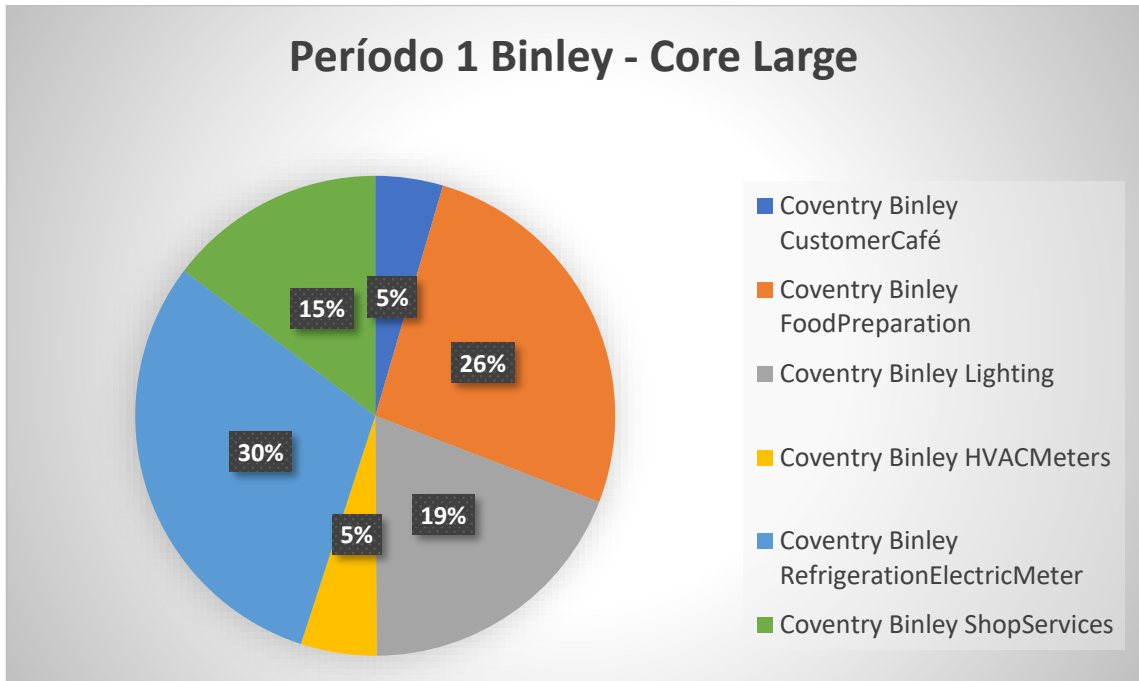
- Chorley Brooke Street ShopServices
- Chorley Brooke Street Refrigeration
- Chorley Brooke Street FoodPreparation
- Chorley Brooke Street LightingMeters
- Chorley Brooke Street CustomerCafé

### Período 4 Chorley - Core Supermarket

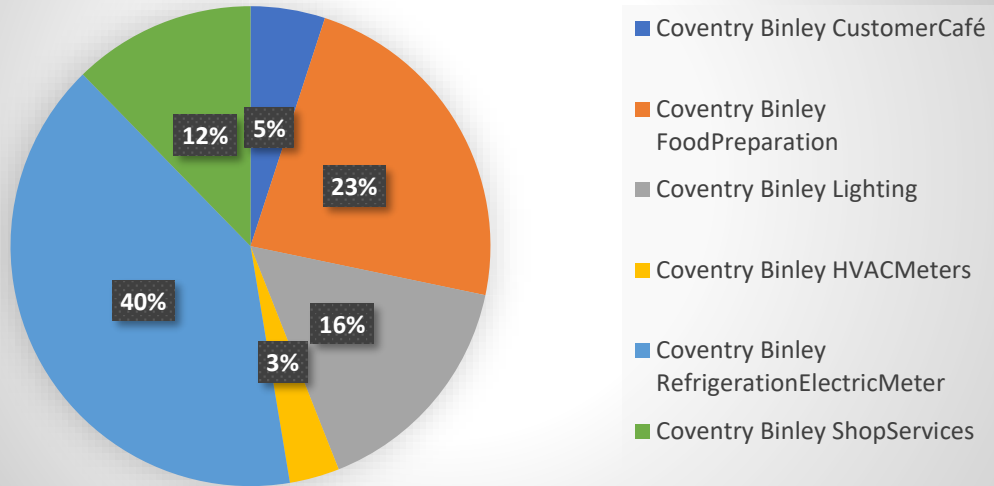


- Chorley Brooke Street ShopServices
- Chorley Brooke Street Refrigeration
- Chorley Brooke Street FoodPreparation
- Chorley Brooke Street LightingMeters
- Chorley Brooke Street CustomerCafé

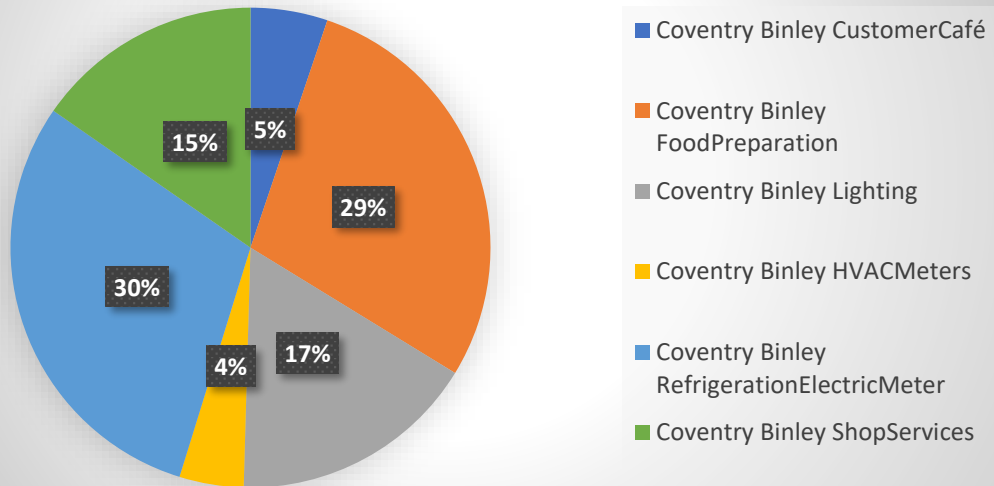
### Exemplo Core Large



### Período 3 Binley - Core Large

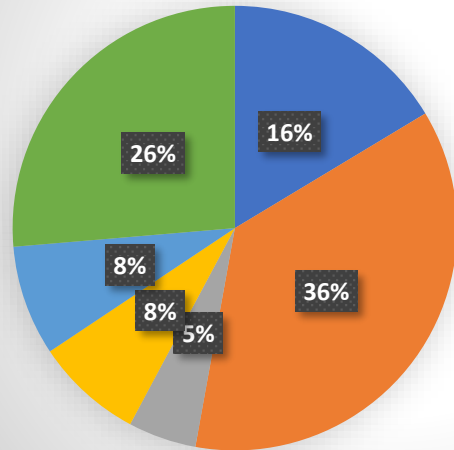


### Período 4 Binley - Core Large



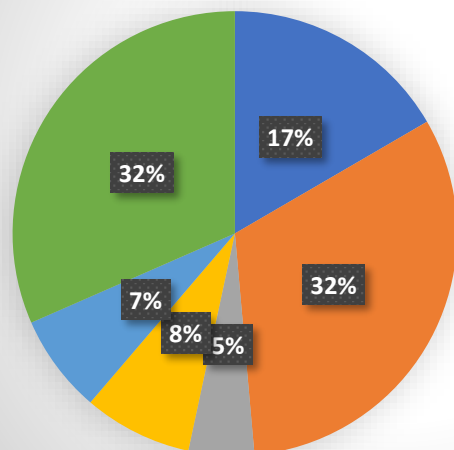
### Exemplo Safeway Superstore

#### Período 1 Cowgate - Safeway Superstore



- Newcastle U Tyne Cowgate CustomerCafé
- Newcastle U Tyne Cowgate FoodPreparation
- Newcastle U Tyne Cowgate HVACMeters
- Newcastle U Tyne Cowgate LightingMeters
- Newcastle U Tyne Cowgate ShopServices
- Newcastle U Tyne Cowgate RefrigerationElectricMeter

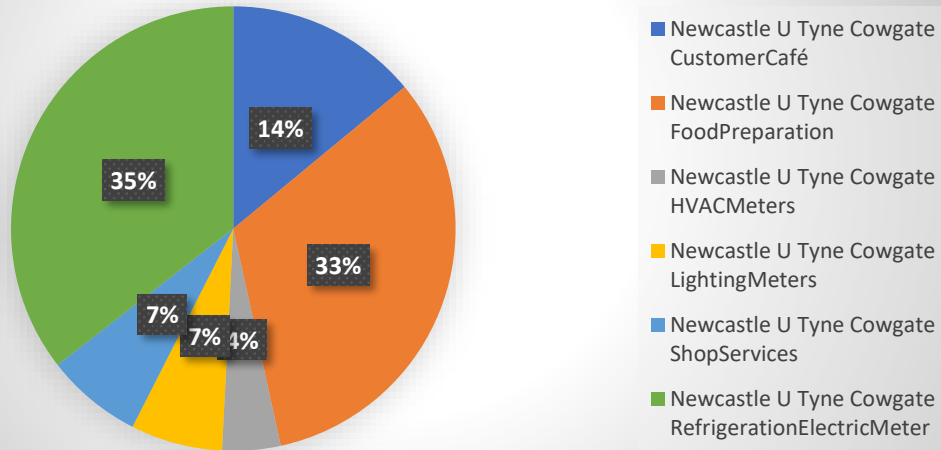
#### Período 2 Cowgate - Safeway Superstore



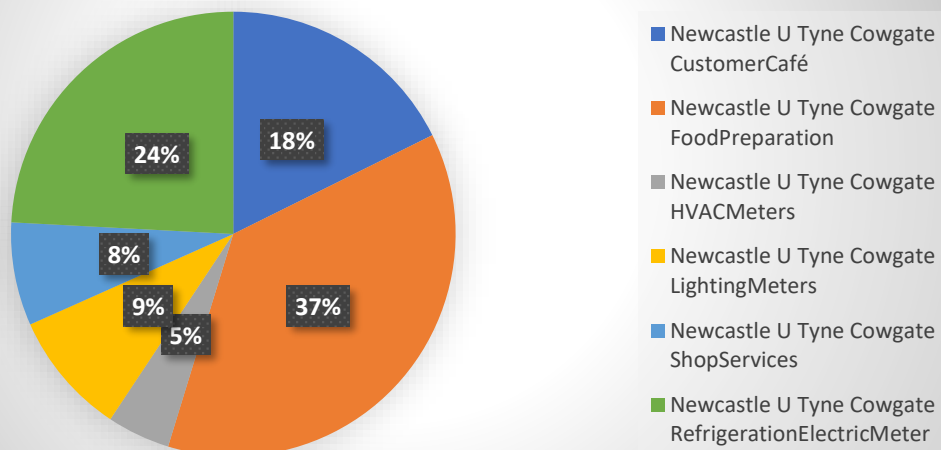
- Newcastle U Tyne Cowgate CustomerCafé
- Newcastle U Tyne Cowgate FoodPreparation
- Newcastle U Tyne Cowgate HVACMeters
- Newcastle U Tyne Cowgate LightingMeters
- Newcastle U Tyne Cowgate ShopServices
- Newcastle U Tyne Cowgate RefrigerationElectricMeter



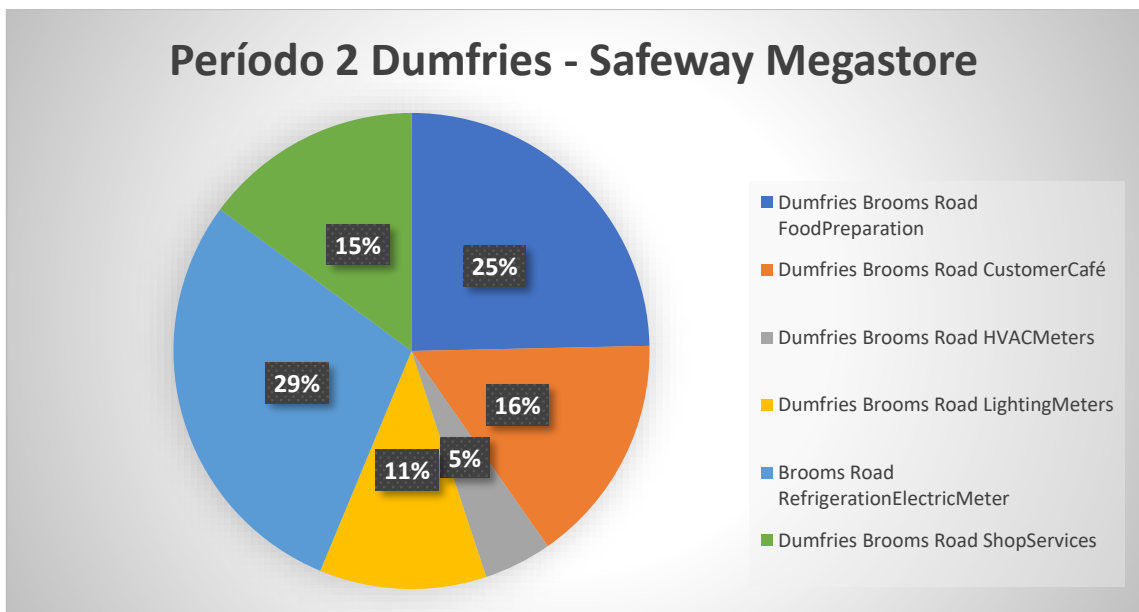
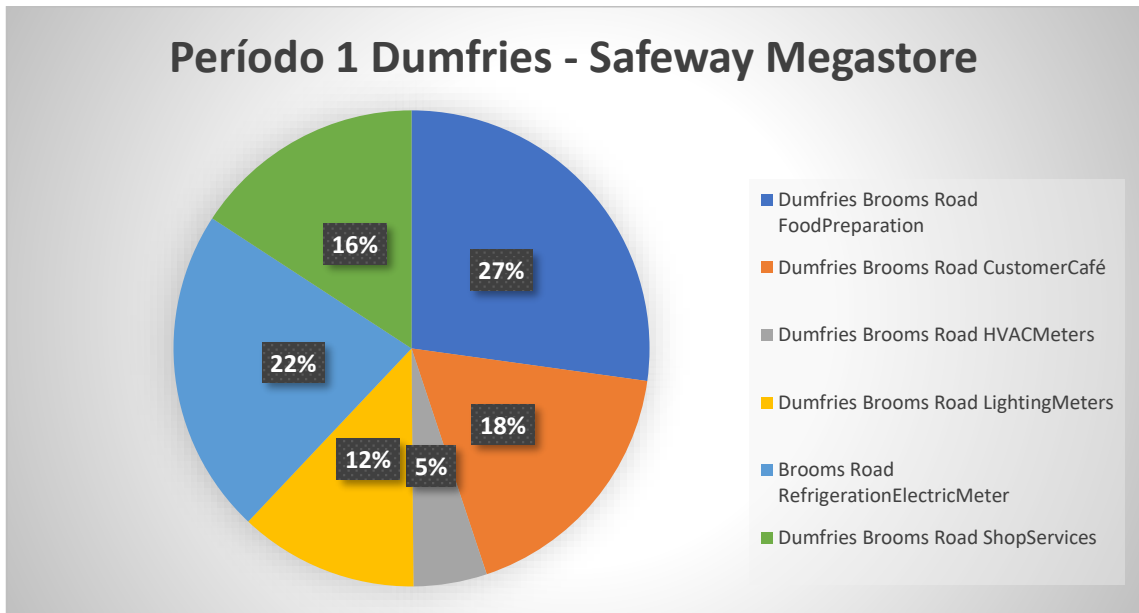
### Período 3 Cowgate - Safeway Superstore



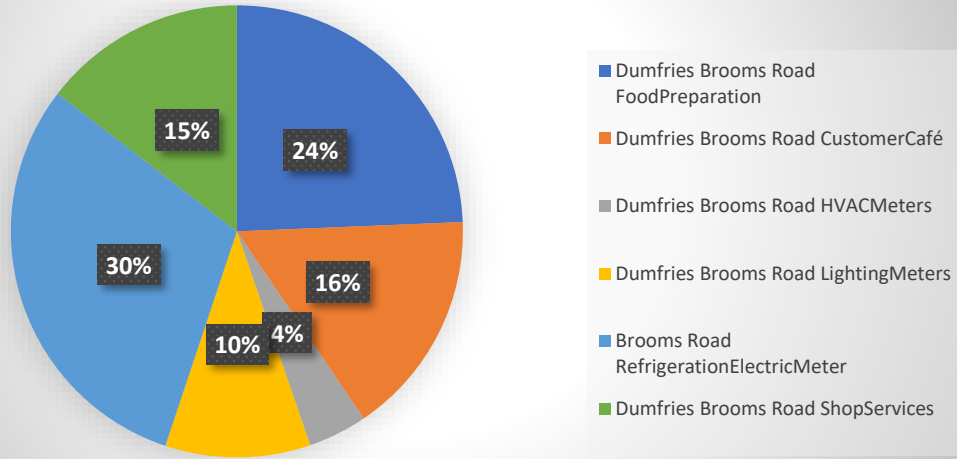
### Período 4 Cowgate - Safeway Superstore



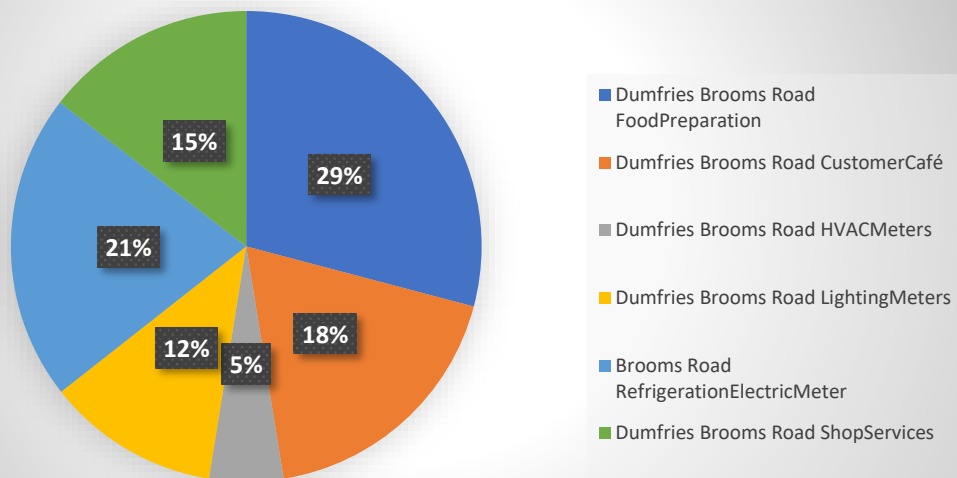
## Exemplo Safeway Megastore



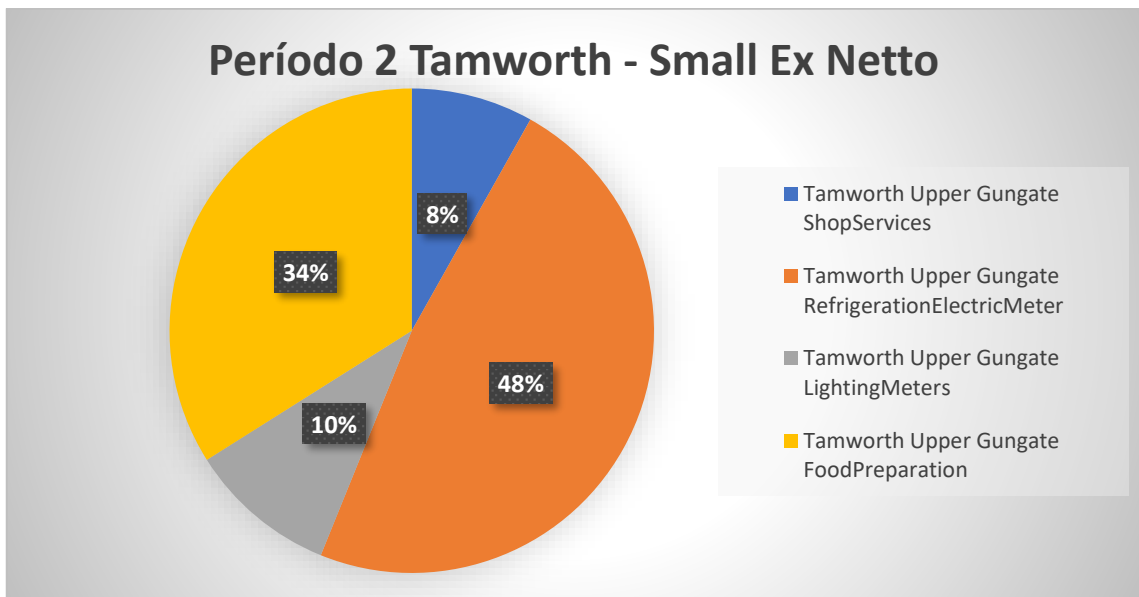
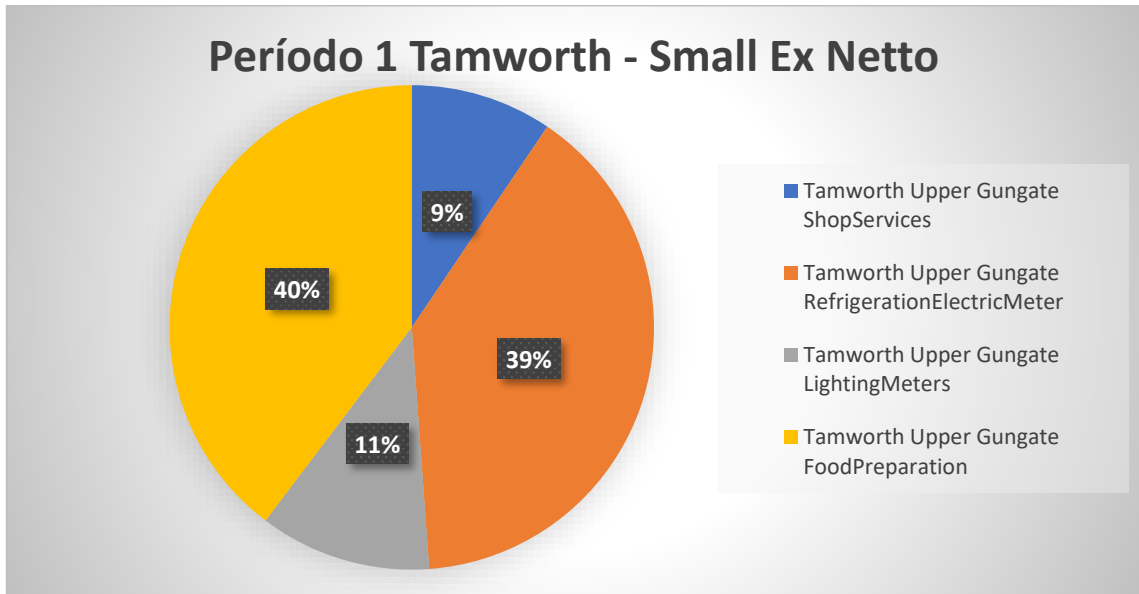
### Período 3 Dumfries - Safeway Megastore



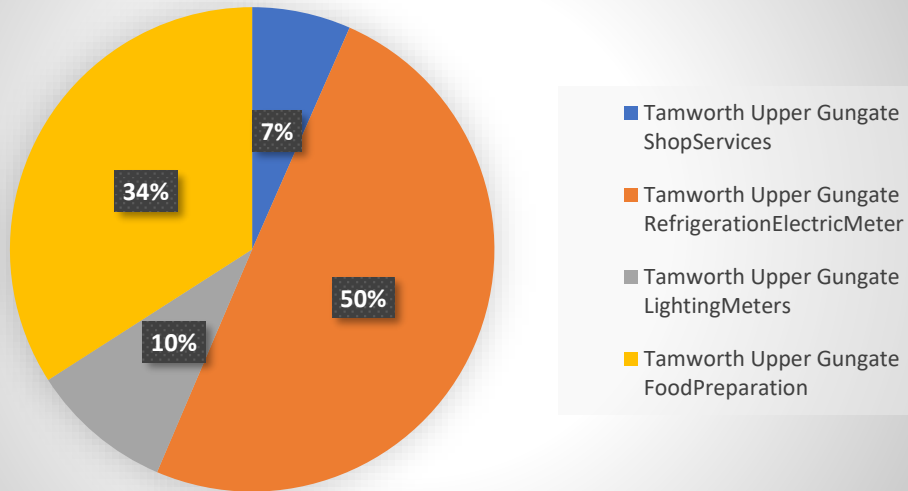
### Período 4 Dumfries - Safeway Megastore



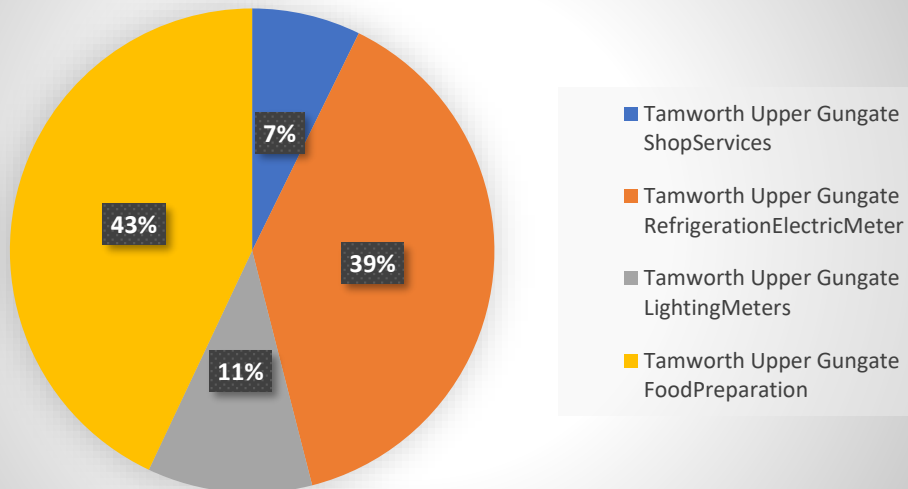
### Exemplo Small Ex Netto



### Período 3 Tamworth - Small Ex Netto



### Período 4 Tamworth - Small Ex Netto



# Anexo B

## SPECIFICATIONS

### Electrical

Connection	:1 part screw terminals for 0.5 to 2.5 mm <sup>2</sup> cross section area (14 to 20 AWG) cable. 2 terminals for TB/TS, 3 for TB/TS/K, and 6 for all other options.
Thermistor	:10 kΩ @ 25 °C (77 °F)
Temperature range	:0 to +40 °C (recommended).
Temperature Accuracy	:of sensor, ±0.44 °C, ±0.79 °F(0 to +40 °C, 32 to 104 °F)
Potentiometer	:1 kΩ to 11 kΩ ±20 %.
Override	
/O	:7s duration pulse (open circuits knob input).
/E	:volt free contact closure
Status LEDs	:Occupied green LED 5.5 V to 10 V, Unoccupied yellow LED 4.5 V to 5.0 V.
Fan Control for IQ	:5 level switched voltage (0 V to 9.7 V).
for IQL	:5 level switched resistance 4.7 kΩ to 17.9 kΩ (TB/TS/KEF only).

### Input channels and sensor scaling

**Knob**  
The input channel should be linked for thermistor, T.

The sensor type module must be set up with the correct scaling. The recommended method of setting the sensor type scaling is to use SET. For all IQ2 series controllers with firmware version 2.1 or greater, or IQ3 series controllers, the SET Unique Sensor Reference given below should be used

**Knob TB 3 deg trim** (guaranteed ±3 trim)  
alternatively: **Knob T 3 deg trim** (±3 ±20% linear trim)

Alternatively set sensor type scaling mode 5, characterise, and enter scaling manually using table below (this produces a guaranteed trim of -3 to +3). Note that for IQ3 the scaling mode and exponent (E) do not need to be set up.

Y	Input type	3 (thermistor volts)
E	Exponent	1
U	Upper	3.2
L	Lower	-3.2
P	Points	4
x	lx	Ox
1	.95	-3.1
2	1.05	-3
3	8.95	+3
4	13.05	+3.1

For all other IQ controllers see the Sensor Scaling Reference Card, TB100521A.

**Thermistor**  
The input channel should be linked for thermistor, T.

The sensor type module must be set up with the correct scaling. The recommended method of setting the sensor type scaling is to use SET. For all IQ2 series controllers with firmware version 2.1 or greater, or IQ3 series controllers, the SET Unique Sensor Reference given below should be used

**Thermistor TBTS (°C)**  
**Thermistor TBTS F (°F)**

Alternatively set sensor type scaling mode 5, characterise, and enter scaling manually using table below. Note that for IQ3 the scaling mode and exponent (E) do not need to be set up.

**System Accuracy**  
(including controller)  
:±0.9 °C, ±1.62 °F  
(0 °C to +40 °C, 32 °F to 104 °F)

Units	°C	°F
Y	Input type	1 (thermistor volts)
E	Exponent	3
U	Upper	50
L	Lower	-5
P	Points	6
x	lx	Ox (°C)
1	2.641	50
2	3.47	40
3	4.46	30
4	6.663	10
5	7.668	0
6	8.102	-5

For all other IQ controllers see the Sensor Scaling Reference Card, TB100521A.

**Fan Control**  
The input channel should be linked for voltage, V.

The sensor type module must be set up with the correct scaling. The recommended method of setting the sensor type scaling is to use SET. For all IQ2 series controllers with firmware version 2.1 or greater, or IQ3 series controllers, the SET Unique Sensor Reference given below should be used.

**Fan Control V**

Alternatively set sensor type scaling mode 5, characterise, and enter scaling manually using table below (this produces the input in the range 0 to 9.7). Note that for IQ3 the scaling mode and exponent (E) do not need to be set up.

Y	Input type	0 (volts)
E	Exponent	2
U	Upper	10
L	Lower	0
P	Points	2
x	lx	Ox
1	0	0
2	10	10

For all other IQ controllers see the Sensor Scaling Reference Card, TB100521A.

### Mechanical

Flush fitting	:86 mm (3.39") x 86 mm (3.39") x 26 mm (1.02") depth. Add 6 mm (0.24") to depth for /..F, add 4 mm (0.16") for /K..
Enclosure Material	:Flame retardant (V0) ABS.
Environmental	: -10 °C (14 °F) to +50 °C (122 °F) 0 to 90 %RH non-condensing.

Manufactured for and on behalf of the Environmental and Combustion Controls Division of Honeywell Technologies Sàrl, Ecublens, Route du Bois 37, Switzerland by its Authorized Representative, Trend Control Systems Limited.

Trend Control Systems Limited reserves the right to revise this publication from time to time and make changes to the content hereof without obligation to notify any person of such revisions or changes.

### Trend Control Systems Limited

P.O. Box 34, Horsham, West Sussex, RH12 2YF, UK. Tel:+44 (0)1403 211888 Fax:+44 (0)1403 241608 www.trend-controls.com

### Trend Control Systems USA

6670 185th Avenue NE, Redmond, Washington 98052, USA. Tel: (425)897-3900, Fax: (425)869-8445 www.trend-controls.com

**Anexo C**

<b>Número do edifício</b>	<b>Nome dos edifícios</b>	<b>Horário de abertura</b>
4	VICTORIA	06:00 to 23:00
14	BEVERLEY	06:00 to 22:30
19	WIDNES	06:00 to 22:00
22	FAILSWORTH	06:00 to 22:30
29	CATCLIFFE	06:00 to 22:00
33	DEWSBURY RD WFIELD	05:30 to 23:30
49	WELLINGTON	06:00 to 22:00
50	STOKE	06:00 to 22:00
53	ROCHDALE	06:00 to 22:30
56	SKIPTON	06:00 to 22:30
58	STOCKTON	06:00 to 22:30
62	LINCOLN	06:00 to 22:00
63	WALSALL	05:30 to 00:00
65	STARBECK	06:00 to 22:30
67	NETHERFIELD	06:00 to 22:00
81	IPSWICH	06:00 to 22:00
92	ENFIELD	06:00 to 22:30
99	MILTON KEYNES WESTCROFT	06:00 to 23:00
102	DOXFORD PARK	06:00 to 22:30
104	NELSON	06:30 to 22:30
113	ERITH	07:00 to 22:30
114	RETFORD	06:00 to 23:00
124	MORTON PARK	06:00 to 00:00
131	CHESTER LIVERPOOL RD	06:30 to 22:00
137	LEEDS SWINNOW RD	06:00 to 22:30
147	GRANTON	06:30 to 22:30
153	WEDNESBURY	06:00 to 00:00
160	ABERDEEN KING ST	06:00 to 23:00

161	AIRDRIE GARTLEA RD	06:00 to 22:00
162	ALLOA CLACKMANNAN RD	05:30 to 22:30
169	DUMBARTON GLASGOW RD	06:00 to 22:00
173	EDINBURGH FERRY RD	06:30 to 22:30
175	EDINBURGH MOREDUN	06:00 to 22:00
177	EDINBURGH SOUTH GYLE	06:00 to 22:00
179	GLASGOW ANNIESLAND	06:00 to 22:30
180	GLASGOW BAILLIESTON	06:30 to 22:30
182	GLASGOW CAMBUSLANG	06:30 to 22:30
184	GLENROTHES FLEMINGTON RD	06:00 to 22:30
189	INVERURIE BLACKHALL RD	06:30 to 22:00
197	STIRLING MUNROE RD	06:00 to 00:00
206	NEWCASTLE UT COWGATE	06:00 to 22:30
208	BUXTON BAKEWELL RD	06:00 to 22:30
209	CHAPEL EN LE FRITH MARKET ST	05:30 to 00:00
212	HARWOOD LEE GATE	06:00 to 22:30
220	WEST KIRBY DEE LANE	06:30 to 22:30
221	WHITEHAVEN FLATT WALKS	06:00 to 22:30
223	WORKINGTON DERWENT RETAIL PK	06:00 to 22:30
225	CHESTERFIELD CHATSWORTH RD	06:00 to 22:00
233	HINCKLEY STOKE RD	06:00 to 22:00
238	NOTTINGHAM GAMSTON	06:00 to 23:30
243	BURNTWOOD HIGH ST	06:00 to 22:30
245	CASTLE BROMWICH HURST LANE	06:00 to 23:30
247	EVESHAM	06:00 to 22:00
250	DUDLEY KINGSWINFORD	06:00 to 22:30
276	CANVEY ISLAND NORTHWICK RD	06:00 to 22:30
280	DISS VICTORIA RD	06:00 to 22:30
285	HARWICH ICONFIELD PK	06:00 to 22:00
288	PETERBOROUGH LINCOLN RD	06:00 to 22:30
301	LEIGHTON BUZZARD LAKE ST	06:00 to 23:00
303	LONDON CAMDEN TOWN	06:00 to 22:00



306	LONDON PECKHAM	06:30 to 22:30
307	LONDON QUEENSBURY	06:00 to 23:00
317	ST ALBANS HATFIELD RD	06:00 to 00:00
333	PLYMSTOCK POMPHLETT RD	05:30 to 22:30
338	TIVERTON KENNEDY WAY	06:00 to 22:00
339	TOTNES CORONATION RD	06:00 to 23:00
345	BASINGSTOKE THORNEYCROFT	06:00 to 23:30
351	FARNBOROUGH SOUTHWOOD	06:00 to 22:30
353	HASTINGS QUEENS RD	06:00 to 22:30
354	HORNDEAN LAKESMERE RD	06:00 to 22:00
381	MORPETH STANLEY TERRACE	06:00 to 22:00
383	CHORLTON CUM HARDY WILBRAHAM RD	06:30 to 23:30
391	OPENSHAW	06:00 to 22:30
429	FLEET ELVETHOM HEATH	06:00 to 00:00
442	WILLENHALL WEST MIDLANDS	06:00 to 23:00
472	MANSFIELD WOODHOUSE	06:00 to 22:30
553	ALDERSHOT	06:30 to 22:00
567	BLAYDON	06:00 to 22:30
573	BARGOED	06:00 to 22:30