



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
INFORMÁTICA

**Positive Energy Assessment in Smart
Cities**

Autor

Patrícia Sofia Pereira Ferreira

Orientador

**Professora Doutora Ana Cristina da Costa Oliveira
Alves**

Coimbra, julho 2021

INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E SISTEMAS

Positive Energy Assessment in Smart Cities

Estágio para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Informática

Especialização em Engenharia de Software

Autor

Patrícia Sofia Pereira Ferreira

Orientador

Professora Doutora Ana Cristina da Costa Oliveira Alves

Supervisores na empresa Ubiwhere

Doutor João José Lopes Peixoto

Engenheiro André Filipe Gomes Duarte

INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, julho 2021

Agradecimentos

Ao longo destes anos, o meu percurso académico nem sempre foi fácil, mas foi graças a todos os obstáculos que foram surgindo que fui crescendo, não só como pessoa, mas também profissionalmente. Foi um caminho essencialmente de aprendizagem e do qual levarei comigo todas as recordações e emoções que senti. Assim sendo, não podia deixar de agradecer a todas as pessoas que me acompanharam nesta caminhada para o qual o meu agradecimento é interminável.

Primeiramente quero agradecer à Ubiwhere pela oportunidade em realizar este estágio e pelo bom ambiente que sempre proporcionaram na empresa.

Quero agradecer muito também ao Engenheiro André Duarte e Doutor João Peixoto por todo o conhecimento que me transmitiram e por toda a ajuda imprescindível prestada ao longo do estágio e agradecer também aos restantes colaboradores da Ubiwhere por me terem recebido sempre tão bem desde o primeiro momento.

Um obrigada a todos os docentes do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra pela disponibilidade e formação concedida ao longo destes anos.

Um agradecimento especial à professora Doutora Ana Alves por ter sido incansável durante este último ano e estar sempre disposta a ajudar, por ter sempre uma palavra de motivação a transmitir e por todos os ensinamentos e aconselhamentos que me deu.

Uma palavra de gratidão também aos meus amigos e à minha família que estiveram presentes desde o início do meu percurso académico e por me ouvirem e darem sempre um apoio fundamental.

Por fim, o meu principal agradecimento é aos meus pais, Sandra Pereira e Rui Ferreira, por me terem dado o privilégio de ter uns pais maravilhosos como eles e por serem o meu pilar em tudo. Sem eles nada disto teria sido possível.

O meu sincero obrigada!

Resumo

Um dos grandes problemas mundiais é o aumento do consumo energético e muito dele advém da grande concentração de população, bens e serviços que resulta da produção de mais poluentes nas cidades, tendo um enorme impacto nas alterações climáticas. O aparecimento das *smart cities* pode mitigar estes problemas pois visa a otimização do uso de recursos e a redução de consumo, melhorando a infraestrutura e mudando hábitos.

A Plataforma Urbana é uma solução inteligente que oferece às cidades uma visão global e integrada do seu ambiente urbano focando-se em diferentes domínios. Esta plataforma está a ser implementada pela empresa onde se está a realizar este estágio, a Ubiwhere, contudo falta realçar o vertical energético e, como tal, o principal objetivo deste estágio, que motivou a escrita do presente documento, é a criação do módulo de energia da plataforma que seja capaz de consumir dados vindos de sistemas externos, bem como implementar funcionalidades para relacionar os dados consumidos de modo a calcular um conjunto de indicadores de performance energética ou ambiental.

Este módulo tem o apoio do projeto H2020 POCITYF que é um projeto de cidades inteligentes e comunidades, cujo objetivo principal é criar um conjunto de *Positive Energy Blocks* – áreas geograficamente delimitadas com uma produção local renovável superior ao consumo, em termos de média anual – nas cidades piloto de Évora e Alkmaar e em algumas cidades seguidoras [1]. Assim sendo, os dados analisados e os KPIs calculados tiveram um maior foco nestas cidades.

Palavras-Chave: *smart cities*, energia, padrões de consumo energético, indicadores de performance, *smart grids*.

Abstract

One of the major global problems is the increase in energy consumption and much of it comes from the large concentration of population, goods and services that results in the production of more pollutants in cities, having a huge impact on climate change. The emergence of smart cities can mitigate these problems as they aim to optimise the use of resources and reduce consumption by improving infrastructure and changing habits.

The Urban Platform is a smart solution that offers cities a global and integrated vision of their urban environment focusing on different domains. This platform is being implemented by the company where this internship is being carried out, Ubiwhere, however the energy vertical remains to be highlighted and, as such, the main objective of this internship, which motivated the writing of this document, is the creation of the energy module of the platform that is able to consume data coming from external systems, as well as implement functionalities to relate the consumed data in order to calculate a set of energy or environmental performance indicators.

This module is supported by the H2020 POCITYF project, which is a smart cities and communities project, which main objective is to create a set of Positive Energy Blocks - geographically delimited areas with a local renewable production higher than consumption, in terms of annual average - in the pilot cities of Évora and Alkmaar and some follower cities [1]. Therefore, the data analysed and the KPIs calculated had a greater focus on these cities.

Keywords: smart cities, energy, energy consumption patterns, performance indicators, smart grids.

Índice

| | |
|---|-----|
| Agradecimentos | i |
| Resumo | iii |
| Abstract | v |
| Índice de Figuras | ix |
| Índice de Tabelas | x |
| Definições e Acrónimos | xi |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Ubiwhere | 2 |
| 1.2 Objetivos | 2 |
| 1.3 Estrutura do Documento | 3 |
| 2 Estado da Arte..... | 5 |
| 2.1 Smart Cities..... | 5 |
| 2.1.1 Exemplo de Smart City..... | 7 |
| 2.1.2 O conceito Smart City | 7 |
| 2.2 KPIs..... | 10 |
| 2.2.1 ISO 37120 | 11 |
| 2.2.2 ISO 37122 | 12 |
| 2.2.3 ISO 37123 | 15 |
| 2.2.4 KPIs do POCITYF | 15 |
| 2.3 Energia | 18 |
| 2.3.1 Padrões de Consumo Energético | 19 |
| 2.3.2 Smart Grids | 28 |
| 2.4 Soluções Tecnológicas para as Cidades..... | 29 |
| 2.4.1 Plataforma Urbana da Ubiwhere..... | 30 |
| 2.4.2 Outras soluções | 30 |
| 2.4.3 Comparativo de soluções | 33 |
| 2.5 Conclusão | 35 |
| 3 Metodologias e Plano de Trabalho | 37 |
| 3.1 Ferramentas de trabalho..... | 37 |
| 3.2 Metodologia de desenvolvimento de software..... | 37 |
| 3.3 Plano de Trabalho..... | 39 |
| 3.3.1 Primeiro Semestre | 39 |
| 3.3.2 Segundo Semestre | 39 |
| 3.4 Gestão de Riscos | 40 |
| 3.4.1 Riscos Internos: | 40 |
| 3.4.2 Riscos externos:..... | 41 |
| 4 Especificação Técnica | 43 |
| 4.1 Especificação de Requisitos | 43 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1.1 | Requisitos Funcionais | 43 |
| 4.1.2 | Requisitos Não Funcionais | 47 |
| 4.2 | Proposta de Arquitetura | 48 |
| 4.3 | Tecnologias | 52 |
| 5 | Fases de Desenvolvimento do Projeto | 55 |
| 5.1 | Caracterização dos <i>Datasets</i> | 55 |
| 5.2 | Pré-processamento dos dados | 56 |
| 5.3 | Análise e Correlação dos dados | 57 |
| 5.3.1 | Correlação de Pearson | 59 |
| 5.3.2 | Correlação de Spearman | 60 |
| 5.3.3 | Correlação de Kendall..... | 61 |
| 5.3.4 | Conclusões acerca de algumas correlações | 62 |
| 5.4 | Demonstração e aplicação das ferramentas utilizadas | 63 |
| 5.4.1 | Django e Django Rest Framework..... | 63 |
| 5.4.2 | Docker | 65 |
| 5.4.3 | RabbitMQ, Celery e Flask | 66 |
| 5.4.4 | Tarefas Periódicas | 66 |
| 5.5 | Conexão com o PostgreSQL | 67 |
| 5.6 | API de Indicadores | 67 |
| 5.7 | Microserviço de previsão dos dados..... | 69 |
| 5.8 | Testes..... | 70 |
| 6 | Produto Final | 73 |
| 7 | Conclusões e Trabalho Futuro..... | 77 |
| 7.1 | Conclusões e considerações finais..... | 77 |
| 7.2 | Trabalho Futuro..... | 78 |
| | Referências Bibliográficas..... | 79 |
| | Anexo A – Proposta de Estágio | 85 |
| | Anexo B – Resultados de algumas das correlações calculadas | 90 |
| | Anexo C - Matrizes de correlação para as cidades do <i>dataset</i> | 93 |
| | Correlação de Pearson | 93 |
| | Correlação de Spearman | 93 |
| | Correlação de Kendall..... | 94 |
| | Anexo D – Alguns <i>endpoints</i> da API..... | 95 |
| | Autenticação na plataforma | 95 |
| | Lista de utilizadores | 95 |
| | Lista de dados energéticos | 96 |
| | Criação de uma entrada de dados energéticos | 96 |
| | Tentativa de criação de uma entrada de dados energéticos sem estar autenticado | 97 |
| | Atualização de dados energéticos | 97 |
| | Remoção de dados energéticos | 97 |
| | Lista de Indicadores | 98 |
| | Atualização de um KPI..... | 98 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| Remoção de um KPI | 99 |
| Listagem de dados de previsão | 99 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Características do Modelo Smart City [6] | 6 |
| Figura 2. Dispersão da temperatura em função do consumo de eletricidade [34]..... | 20 |
| Figura 3. Consumo de eletricidade e os principais feriados nacionais [34] | 21 |
| Figura 4. Consumo de eletricidade nos diferentes dias da semana [34] | 21 |
| Figura 5. Diagrama do consumo energético, tendo em conta os diferentes meses, em Évora [35] | 22 |
| Figura 6. Comparação do consumo de eletricidade em Évora, no inverno e no verão [25] | 22 |
| Figura 7. Portugal o 5º país com menor consumo de energia final por habitante [26] | 23 |
| Figura 8. Consumo energético no setor dos transportes nacionais [37] | 24 |
| Figura 9. Consumo energético no setor de agricultura e pescas [26] | 24 |
| Figura 10. Consumo energético no setor industrial [26] | 25 |
| Figura 11. Consumo energético no setor dos serviços [26] | 26 |
| Figura 12. Consumo energético no setor residencial [26] | 27 |
| Figura 13. Ciclo do desenvolvimento Scrum original..... | 38 |
| Figura 14. Ciclo de desenvolvimento Scrum adaptado | 38 |
| Figura 15. Planeamento do primeiro e segundo semestres | 40 |
| Figura 16. Matriz de avaliação de riscos | 42 |
| Figura 17. Diagrama de caso de uso - Administrador de Sistemas | 46 |
| Figura 18. Diagrama de caso de uso - Utilizador comum (cidadão) | 46 |
| Figura 19. Diagrama de caso de uso - Técnico camarário..... | 47 |
| Figura 20. Diagrama de contexto do sistema | 49 |
| Figura 21. Diagrama de containers do sistema | 50 |
| Figura 22. Fluxo da criação de dados..... | 51 |
| Figura 23. Fluxo da ingestão de dados..... | 52 |
| Figura 24. Consumo anual de eletricidade na Holanda..... | 58 |
| Figura 25. Número de conexões por ano em Eindhoven | 59 |
| Figura 26. Serializer do modelo Indicators | 64 |
| Figura 27. Utilização da classe CreateAPIView | 65 |
| Figura 28. Definição do estilo de paginação do projeto..... | 65 |
| Figura 29. Ficheiro docker-compose.yml..... | 66 |
| Figura 30. Gráfico que ilustra o dataframe de previsão..... | 69 |
| Figura 31. Diferentes gráficos gerados para cada tabela..... | 73 |
| Figura 32. Parte de um dos dashboards do modelo Forecast | 74 |
| Figura 33. Interface de administração do Django | 74 |
| Figura 34. Interface de administração do Django - Listagem de dados de eletricidade | 75 |
| Figura 35. Endpoint da listagem de dados da eletricidade | 75 |
| Figura 36. Adição de dados da eletricidade | 75 |
| Figura 37. Documentação da API..... | 76 |

Índice de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1. KPIs da norma ISO 37120 | 12 |
| Tabela 2. KPIs da norma ISO 37122 | 14 |
| Tabela 3. KPIs da norma ISO 37123 | 15 |
| Tabela 4. KPIs do projeto POCITYF | 18 |
| Tabela 5. Comparativo das soluções tendo em conta funcionalidades | 33 |
| Tabela 6. Escala de probabilidade, impacto e tratamento dos riscos | 40 |
| Tabela 7. Requisitos não funcionais | 47 |
| Tabela 8. Tecnologias utilizadas | 52 |
| Tabela 9. Interpretação do valor r | 60 |
| Tabela 10. Testes unitários realizados | 70 |

Definições e Acrónimos

APETRO – Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas

API – *Application Programming Interface*

CO2 – Dióxido de Carbono

CPI - Comissão Parlamentar de Inquérito

CSV – *Comma-Separated Values*

CRUD – *Create, Read, Update, Delete*

DEIS – Departamento de Engenharia Informática e Sistemas

DRF – *Django Rest Framework*

EC-H2020-SCC – *European Commission's Horizon 2020: Smart Cities and Communities*

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

GPL – Gás de Petróleo Liquefeito

HTTP – *HyperText Transfer Protocol*

IDE - *Integrated Development Environment*

IoT – *Internet of Things*

ISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

ISO – *International Organization for Standardization*

JSON – *Java Script Object Notation*

JWT – *Json Web Tokens*

KPI – *Key Performance Indicator*

MaaS – *Mobility as a Service*

NaN – *Not a Number*

NGSI – *Next Generation Sensors Initiative*

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

ORM – *Object-Relational Mapping*

PIB – Produto Interno Bruto

POCITYF – *POsitive Energy CITY Transformation Framework*

REST – *REpresentational State Transfer*

SaaS – *Software as a Service*

SCC – *Smart Cities and Communities*

SCIS – *Smart City Information System*

SQL - *Structured Query Language*

TI – Tecnologias de Informação

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

UE – União Europeia

UML - *Unified Modeling Language*

URE – Utilização Racional de Energia

URL – *Uniform Resource Locator*

UTC – *Universal Time Coordinated*

V2G – *Vehicle-to-Grid*

WEB – *World Wide Web*

1 Introdução

O rápido crescimento populacional aliado a uma melhoria das condições de vida e ao desenvolvimento tecnológico de cada país ou região têm sido fatores preponderantes na procura exponencial de energia verificada [2]. Com este crescimento abrupto do consumo energético têm emergido algumas questões como a dificuldade nítida que surge na busca de alternativas ao abastecimento de energia por parte de setores dependentes dos combustíveis fósseis, o elevado grau de exploração das fontes de energia não renováveis e o impacto ambiental que este consumo tem proporcionado como a destruição da camada de ozono, o aquecimento global, alterações climáticas, entre outros [3].

Uma forma de enfrentar alguns desses problemas é tornar as cidades mais inteligentes, otimizando o uso dos seus recursos e infraestrutura de forma sustentável e melhorando a qualidade de vida da população. Para atingir esse objetivo, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) devem reunir e analisar informações geradas por diversas fontes de dados, sendo que estas fontes podem ser utilizadas de formas inovadoras para a criação de aplicações integradas que melhorem os serviços da cidade [2].

De forma também a mitigar os impactos negativos significativos, são necessários ferramentas e procedimentos que contribuam para um bom desempenho energético que visem a conservação de energia e é necessário que haja também um conhecimento dos impactos que poderá haver no panorama do consumo energético de uma cidade ou país, tais como fatores demográficos, fatores meteorológicos e ambientais, a mobilidade elétrica, a intensidade turística, etc.

Este estágio propõe uma solução para calcular alguns indicadores-chave de desempenho (KPIs) quanto à parte energética e, para isso, é necessário relacionar o consumo energético com os fatores apresentados anteriormente e indicar o motivo dos padrões de consumo de energia. Esta solução será integrada na Plataforma Urbana, lançada pela Ubiwhere, no âmbito das cidades inteligentes que atua em diferentes verticais como o trânsito, qualidade do ar, ruído, recolha de resíduos, tráfego, ocorrências e incidentes, mobilidade e também energia. Já existe uma tentativa de integrar dados de energia na Plataforma Urbana através do cálculo de alguns indicadores de performance energética, contudo é necessário ser feita essa correlação dos dados e perceber quais as principais razões do consumo energético.

O presente relatório documenta o trabalho desenvolvido durante este estágio académico que está incluído no plano curricular do Mestrado em Engenharia Informática no ramo de Engenharia de *Software* do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. A Ubiwhere é a empresa de acolhimento do estágio que, devido à pandemia Sars Cov 2, foi efetuado em regime remoto.

1.1 Ubiwhere

A Ubiwhere é uma empresa *high-tech* portuguesa de investigação e desenvolvimento de *software*, fundada em 2007 e sediada em Aveiro, com escritórios em Coimbra e São João da Madeira.

A Ubiwhere projeta soluções de última geração e aposta na inovação tecnológica em áreas como *Smart Cities*, *Internet of Things* (IoT) e telecomunicações do futuro, focando-se essencialmente na criação de produtos baseados em resultados de projetos de Investigação e Inovação nestas áreas de operação, ajustando-as às necessidades dos seus clientes. Conta com uma equipa dinâmica e qualificada com cerca de 80 colaboradores e coopera com empresas tecnológicas líderes.

Esta empresa, de modo a criar soluções inteligentes, contribui para alguns projetos europeus como o POCITYF, o BroadWay, o TeNDER, entre outros.

1.2 Objetivos

Com vista a responder às necessidades da proposta de estágio feita pela Ubiwhere, esta dissertação tem como principal objetivo a conceção de um módulo de análise de dados que tenha a capacidade de correlacionar os diferentes fatores impactantes do consumo energético e identificar as causas dos padrões de consumo em termos demográficos, geográficos e ambientais.

Os objetivos são integrar dados de diferentes fontes externas como sistemas de informação geográfica, portais de dados abertos, plataformas de gestão de *smart grids* e dados de satélites, entre outros, tendo em vista o desenho de uma arquitetura escalável para o processamento da informação e, como resultado final, uma prova de conceito que demonstre indicadores de performance energéticos.

Este trabalho terá o suporte do projeto H2020 POCITYF que tem a missão de envolver cidades históricas na transição para as energias renováveis na Europa e irá demonstrar tecnologias de cidades inteligentes em duas cidades piloto - Alkmaar, na Holanda e Évora, em Portugal e em seis cidades seguidoras.

O processo de desenvolvimento do projeto compreendeu as seguintes etapas:

- Estudar os conceitos ligados a *smart cities*, *smart grids* e plataformas de gestão de consumos elétricos e, com isso, documentar o estado da arte;
- Desenhar e implementar o módulo de *data science* para análise de dados de consumos energéticos e respetivas causas;
- Implementar conectores e importadores de dados de diferentes fontes externas de modo a obter informação energética;
- Implementar uma API REST para a obtenção de indicadores de performance energética;
- Integração do serviço em interface *web* para visualização dos KPIs gerados.

1.3 Estrutura do Documento

Esta dissertação encontra-se estruturada da seguinte maneira:

O presente capítulo - **Introdução** - é centrado na apresentação do tema deste estágio, no enquadramento da empresa Ubiwhere bem como nos objetivos da dissertação.

No capítulo 2 - **Estado da arte** - são analisados conceitos relevantes para o projeto, entre eles o conceito de *smart cities* e algumas cidades neste âmbito. É realizado um estudo sobre padrões de consumo energético e *smart grids*. Neste capítulo são ainda abordados os indicadores de performance energética de determinadas normas e várias plataformas já existentes que atuam no vertical energético.

Quanto ao capítulo 3 – **Metodologias e Plano de Trabalho** – são apresentadas as metodologias que irão ser utilizadas durante a implementação do projeto e é feito um planeamento do trabalho para o primeiro e segundo semestres.

No capítulo 4 – **Especificação técnica** – são descritos os requisitos funcionais, não funcionais e os *user stories* do sistema. É apresentada a proposta de arquitetura de *software* e são dadas a conhecer as ferramentas e tecnologias utilizadas.

O capítulo 5 – **Fases de Desenvolvimento do Projeto** – aborda todo o trabalho feito durante as etapas de desenvolvimento do projeto e as várias funcionalidades implementadas.

O capítulo 6 – **Produto Final** – mostra o resultado final da implementação descrita no capítulo anterior.

No capítulo 7 – **Conclusões e Trabalho Futuro** - é feito um balanço geral dos resultados obtidos, uma retrospectiva sobre o trabalho realizado ao longo do estágio e apontados os principais desafios que surgiram. É feita também uma descrição do que deve ou pode ser realizado futuramente.

Nesta dissertação existe ainda a secção de Anexos que inclui materiais complementares ao projeto que ajudam na sua compreensão e enriquecimento.

2 Estado da Arte

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados da pesquisa efetuada sobre os temas relacionados com o projeto. Primeiramente, é feita uma contextualização do que são *Smart Cities* e são dados exemplos de *Smart Cities* e da sua evolução. De seguida, são identificados os principais indicadores energéticos e ambientais relevantes. Depois disso é explorado os conceitos de energia, padrões de consumo energético bem como *smart grids*. Por fim, é apresentada a Plataforma Urbana da Ubiwhere e é feita uma análise de projetos semelhantes à plataforma a ser desenvolvida visto que é importante conhecer o que já existe na área da energia, para que se possa perceber como é que a solução pretendida se diferencia das outras já existentes no mercado, tentando satisfazer as necessidades de futuros utilizadores.

2.1 Smart Cities

O crescimento da população urbana e a rápida urbanização estão a desenvolver alguns problemas a nível mundial como a dificuldade na gestão de resíduos, escassez de recursos, poluição do ar, preocupações com a saúde humana, congestionamento de tráfego, infraestruturas inadequadas, entre outros [4].

Analisando todos estes problemas, muitas cidades mundiais tentaram, de uma forma inteligente, mitigá-los através das *Smart Cities*.

Uma *Smart City* tem como finalidade otimizar a qualidade de vida da população, a infraestrutura, os serviços e o uso dos recursos da cidade, utilizando a tecnologia de informação para essa melhoria.

De acordo com a Comissão da União Europeia, “uma cidade inteligente é um lugar onde redes e serviços tradicionais são mais eficientes com o uso de tecnologias digitais e de telecomunicações em benefício dos seus habitantes e negócios” [5].

Segundo o modelo de Giffinger et al. [6], caracterizado pela Figura 1, a avaliação das *smart cities* tem em conta seis áreas distintas: economia, pessoas, governo, mobilidade, meio ambiente e vida. Através da análise deste modelo para uma determinada cidade, é possível perceber em que situação esta se encontra, tendo em conta as características que estão em conformidade e as que necessitam de melhoria de modo a satisfazer as necessidades da cidade.

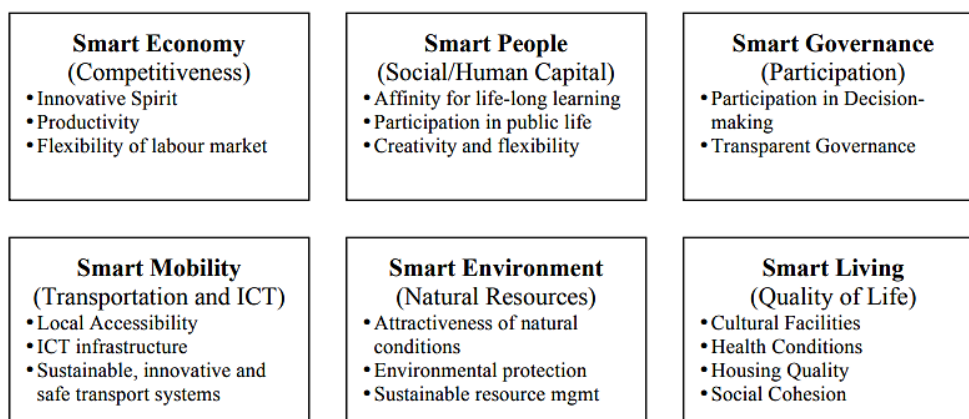


Figura 1. Características do Modelo Smart City [6]

Os seis fatores mencionados são considerados fatores externos visto que podem ser influenciados pelos fatores internos: tecnologia, gestão e política. A tecnologia é o principal fator interno a ser considerado visto que está a ser intensamente utilizada na grande parte das iniciativas de cidades inteligentes e, por essa razão, tem uma enorme influência nos fatores externos [4]. Um número crescente de países em todo o mundo está a construir *Smart Cities* com base em tecnologias, como é o caso da computação em nuvem, a IoT, *Big Data* e a mobilidade. Estas agregam, partilham e convergem recursos em toda a cidade para fornecer serviços eficientes e inteligentes em tempo real. Portanto, as *Smart Cities* estão a reconfigurar as formas como os serviços são fornecidos e geridos [7].

A ISO, “*Internacional Organization for Standardization*”, está empenhada em desenvolver normas para apoiar o desenvolvimento inteligente, saudável e seguro das cidades. Da união entre o desenvolvimento sustentável das comunidades e a ISO resultaram várias publicações relacionadas com o desenvolvimento de *Smart Cities*. Destacam-se documentos como [8]:

- Norma ISO 37101 “*Sustainable development and resilience of communities*” tem como objetivo ajudar as comunidades a tornarem-se mais resilientes, inteligentes e sustentáveis, por meio da implementação de estratégias, programas, projetos, planos e serviços através da sua demonstração e comunicação das suas realizações [9];
- ISO 37150 “*Technical report on smart urban infrastructures around the world*” que fornece uma revisão das atividades existentes relevantes para métricas para infraestruturas de comunidades inteligentes [10];
- ISO 37151 “*Standard on harmonized metrics for benchmarking smartness of infrastructures*” que fornece princípios e recomendações para análise e especifica requisitos de métricas de desempenho de infraestrutura da comunidade (energia, água, transporte, resíduos e TIC). Nesta norma, a definição de inteligência é relevante para soluções tecnologicamente implementáveis, de acordo com o desenvolvimento sustentável e resiliência das comunidades [11];
- Norma ISO 37120 que irá ser abordada no capítulo 2.2.1;

- Norma ISO 37122 que irá ser abordada no capítulo 2.2.2;
- Norma ISO 37123 que irá ser abordada no capítulo 2.2.3.

2.1.1 Exemplo de Smart City

Existem inúmeras cidades, que já são consideradas cidades inteligentes como Singapura, Zurique, Helsínquia [12] [13].

Esta última engloba a área urbana mais populosa da Finlândia e foi considerada uma das capitais mais funcionais do mundo por várias razões: terem fornecido acesso a dados abertos, utilizarem avanços tecnológicos e o facto de todo o ecossistema estar a cooperar para tornar esta cidade o mais inteligente possível [14].

Helsínquia é frequentemente designada como uma das cidades mais habitáveis do mundo e ganhou o prémio do concurso Capital Europeia do Turismo Inteligente em 2019, lançado pela Comissão Europeia com o intuito de recompensar as cidades europeias e fazer com que partilhem as suas práticas exemplares de turismo inteligente. Para ser considerada uma capital Europeia do Turismo Inteligente é necessário ser uma cidade sustentável, oferecer soluções através das TIC e de ferramentas digitais, culturais e criativas e, por fim, ter uma boa acessibilidade para a população e os turistas com diferentes necessidades. Helsínquia apresentou todos estes requisitos e, portanto, foi premiada [15].

Segundo Jan Vapaavuori, o presidente da câmara de Helsínquia, todas estas considerações à cidade devem-se por três principais fatores: educação, transparência e fim da burocracia. Vapaavuori afirma também que “O elemento mais importante de uma cidade inteligente são as pessoas inteligentes. E, como sabemos, fomos classificados como tendo as melhores escolas do mundo. E penso que essa é a base para uma sociedade inovadora” [14].

Outro dos grandes objetivos desta cidade e também um dos fatores para ser considerada uma cidade inteligente é pretender ser neutra em carbono até, pelo menos, 2035, sendo que a cidade já obteve algum progresso nesse sentido (em 2017, as emissões de carbono foram cerca de 24% menores do que em 1990, apesar de ter aumentado o número de habitantes) [16].

Helsínquia é também uma das três cidades farol no projeto *mySMARTLife* da União Europeia e desenvolveu soluções inteligentes para reduzir o uso de energia urbana em 10–20% e aumentar o uso de energia renovável [16].

Esta cidade é apenas um exemplo de muitos que poderiam ser mencionados que tem várias soluções para ter um ecossistema funcional e sustentável em inúmeras áreas como o transporte, a energia, os edifícios com eficiência energética, economia limpa e circular, digitalização, entre outros.

2.1.2 O conceito Smart City

As cidades são atualmente responsáveis por 70% das emissões de poluentes atmosféricos e por 60 a 80% do consumo de energia, apesar de ocuparem “apenas”

3% do território do planeta. Com mais de metade da população mundial a viver atualmente em cidades, os desafios habitacionais, económicos e sociais aumentaram exponencialmente, sendo que os municípios têm vindo a sofrer uma forte pressão para implementar medidas que os ajudem a atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), aprovados em 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU) que tem, como um dos principais objetivos, tornar as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. Para isso, pretende-se que, até 2030, sejam melhorados vários aspetos como a segurança rodoviária sendo disponibilizados sistemas de transporte seguros, sustentáveis e com um preço acessível para todos, através da expansão da rede de transportes públicos para que seja reduzido o impacto ambiental principalmente na qualidade do ar e gestão de resíduos municipais [17], fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o património cultural e natural do mundo, reduzir o impacto ambiental *per capita* nas cidades, entre outras metas [18].

Deste modo, as cidades têm apostado no crescimento da infraestrutura e soluções tecnológicas cujos objetivos sejam recolher e digitalizar informação proveniente do meio urbano, através de diferentes sensores, plataformas e aplicações. Estas têm vindo a ser instaladas para auxiliar a resolução destes desafios, tentando otimizar tarefas e processos e reduzir o consumo de recursos e o impacto ambiental destes serviços [17].

Existem inúmeras cidades que podem já ser consideradas cidades inteligentes, mas pretendem evoluir e tornar-se ainda mais. Uma das cidades é Évora, capital do Distrito de Évora, na região do Alentejo, prepara-se para ser a cidade de demonstração de soluções para cidades inteligentes no âmbito do projeto europeu POCITYF (*Positive Energy CITY Transformation Framework*) que irá ser apresentado mais adiante. O principal objetivo é melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, o desenvolvimento económico e a sustentabilidade ambiental.

Évora tem dado prioridade a projetos de cidades inteligentes e sustentáveis que contribuem para alcançar os objetivos da *Strategy Europe 2020* que designa a estratégia de crescimento para a União Europeia de 2010 a 2020 [19].

Em 2007, iniciou-se o projeto *Inovgrid*, realizado pela EDP Distribuição, que tinha como objetivo inovar a interação entre as redes e os seus consumidores, de modo a obter um sistema elétrico de distribuição inteligente, centrado na telegestão da energia. Ocorreu uma renovação tecnológica e organizacional da operação do sistema de distribuição e relacionamento com as partes interessadas, com base numa infraestrutura que visa responder às necessidades decorrentes de eficiência energética, comando e controlo remoto, geração distribuída e microgeração e assumir atividades de controlo ativo das redes inteligentes.

Este projeto causou um impacto tão positivo na cidade de Évora que, no final de 2010 cerca de 30 mil clientes de baixa tensão (doméstico, pequeno comércio e indústria), cobrindo todo o município de Évora, estavam ligados a este sistema elétrico integrado e inteligente, consequentemente, houve uma poupança no consumo da eletricidade e, para além disso, foram instaladas cerca de 100 mil EDP boxes, contadores

inteligentes de eletricidade, permitindo que os valores das faturas energéticas dos seus utilizadores diminuíssem [20].

Em 2010, participou no projeto *InovCity Évora*, como a primeira cidade a integrar todas as dimensões deste projeto e demonstrou exemplos de eficiência energética, micro geração e mobilidade elétrica, sendo que, com este projeto houve a introdução e utilização de veículos elétricos na cidade [20].

Recentemente, em 2019, a cidade iniciou a sua participação num novo projeto europeu, o POCITYF que tem como grande objetivo tornar Évora uma cidade energeticamente positiva e autossustentável, tentando que se produza mais energia do que a que se consome.

O POCITYF tem quatro componentes específicas [21]:

- Edifícios e distritos energeticamente positivos – utilização de energia renovável, implementação de medidas de eficiência energética e renovação de edifícios. Tentar substituir sistemas que consomem mais energia por painéis, vidros e telhas fotovoltaicas, etc;
- Gestão avançada de energia e sistemas de armazenamento – utilização de baterias renováveis;
- Inovação social para o cidadão – criação de centro interpretativo, aplicações móveis para monitorização de consumos, técnicas de gamificação entre os edifícios municipais com o intuito de aumentar o envolvimento dos habitantes da cidade, promovendo uma competição saudável entre utilizadores;
- Mobilidade elétrica e MaaS (*Mobility as a Service*) - serviços de mobilidade partilhada e carregamento inteligente V2G (*Vehicle-to-Grid*). Instalação de carregadores associados a uma plataforma de gestão inteligente de carregamentos, de três carregadores V2G e carregadores bidirecionais para carregamento de veículos elétricos.

O POCITYF vai dar suporte ao projeto implementado no decorrer do estágio, na medida em que está previsto fornecer, principalmente, alguns dados e visa assistir as cidades nas suas necessidades de otimização energética, para tornar o ambiente urbano mais seguro, limpo e eficiente, oferecendo serviços que propiciem uma relação de cooperação entre os cidadãos e *stakeholders* de cada cidade [22], no entanto, os sistemas a construir durante a dissertação não foram desenvolvidos apenas com base no projeto, devendo ser compatíveis e testados com outros.

O projeto vai atuar em três áreas principais da cidade de Évora: o centro da cidade que sendo Património Mundial da UNESCO, representa um desafio em termos de implantação de soluções que modifiquem alguns aspetos importantes da cidade como as fachadas ou telhados de edifícios, Valverde que é uma pequena aldeia rural do interior de Évora e ainda o parque industrial e comercial [23].

Este projeto não se restringe apenas à cidade de Évora como cidade piloto, mas também deve ser implementado em Alkmaar, na Holanda e respetivas cidades seguidoras de Granada, em Espanha, Bari, na Itália, Celje, na Eslovénia, Budapeste,

na Hungria, Janina, na Grécia e Hvidovre, na Dinamarca. As soluções integradas serão desenvolvidas, testadas e monitorizadas. Évora e Alkmaar, sendo as cidades piloto do projeto atuarão como exemplo, ajudando as cidades seguidoras a planejar e iniciar a replicação das soluções perspetivadas [22].

O Horizonte 2020 da Comissão Europeia: Programa-quadro Cidades e Comunidades Inteligentes (EC-H2020-SCC), recomenda que "se se provar que um piloto funciona numa comunidade ou região, poderia ser exportada para outras comunidades ou regiões (no mesmo país ou no estrangeiro), mas tendo em conta que as condições de fronteira podem ser bastante diferentes das condições do piloto" [24].

Futuramente, o objetivo é que este projeto possa expandir para outras cidades históricas na Europa.

2.2 KPIs

Como já foi referido anteriormente, as cidades inteligentes têm como um dos grandes objetivos alcançar o desenvolvimento sustentável e, para atingir esse objetivo, são necessários sistemas de avaliação por indicadores permitindo a comparação numa ampla gama de medidas de desempenho entre as cidades, apoiar o desenvolvimento de políticas e definição de prioridades e gerir o desempenho dos serviços da cidade e da qualidade de vida ao longo do tempo. Posto isto, os indicadores de desempenho podem ser um instrumento universal para avaliar o progresso das cidades inteligentes.

Os KPIs, no geral, medem a eficácia de um processo para o cumprimento de um objetivo específico, em que o processo de seleção desses KPIs também ajuda a esclarecer as medidas de sucesso do projeto. Os indicadores devem expressar tão precisamente quanto possível até que ponto um objetivo, uma meta ou um padrão foi alcançado ou mesmo superado. Caso não estejam vinculados a padrões ou objetivos específicos, podem ser usados como informações quantitativas básicas [25].

O POCITYF extraiu potenciais KPIs a partir do SCIS (Sistema de Informação de Cidades Inteligentes) para assegurar a uniformidade com a Estratégia Europeia e, para além disso, também capitaliza os resultados de projetos semelhantes bem como as normas internacionais e europeias (ISO 37120 e ISO 37123) e planos e iniciativas estratégicas (por exemplo, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU) [26].

Posto isto, de seguida será apresentado um conjunto de indicadores de desempenho energético e ambiental tendo em conta algumas normas ISO analisadas no projeto POCITYF: 37120 e 37123 e também a 37122 visto que, em conjunto com a ISO 37120, tem como objetivo fornecer um conjunto completo de indicadores para medir o progresso em direção a uma cidade inteligente. Foram ainda analisados os KPIs do projeto POCITYF.

2.2.1 ISO 37120

Para começar, irá ser apresentada a ISO 37120 [27] e respetivos KPIs que se tornaram o ponto de referência internacional para cidades sustentáveis. Esta norma estabelece definições e metodologias para um conjunto de indicadores da cidade que visam monitorizar o progresso de uma cidade no desempenho dos seus serviços e na qualidade de vida, ajudando as cidades na definição de metas e na sua realização, de modo a alcançar o desenvolvimento sustentável.

Os indicadores de desempenho energético que correspondem a esta norma são os seguintes:

Indicadores principais:

- Uso total de energia elétrica residencial per capita (kWh/ano) – permite-nos perceber quanta eletricidade está a ser consumida atualmente, nas áreas residenciais de uma cidade, de modo a ser possível gerir eficazmente a geração, o consumo e a conservação de eletricidade;
- Percentagem da população da cidade com serviço elétrico autorizado – este indicador fornece informação acerca do número de pessoas na cidade com conexão legal ao sistema de abastecimento elétrico. Este sistema é de particular relevância para cidades em regiões menos desenvolvidas;
- Consumo total de energia de edifícios públicos por ano (kWh/m²) – os edifícios são considerados um dos maiores consumidores de energia das cidades e, como tal, é necessário diminuir esse consumo para que haja uma redução da emissão de gases de efeito de estufa, ajudando a combater as mudanças climáticas e alcançar uma economia de baixo carbono;
- Percentagem da energia total derivada de fontes renováveis como uma parcela do consumo total de energia da cidade – a utilização de fontes de energia renovável é uma mais-valia para o desenvolvimento sustentável devido à diversificação do fornecimento de energia e proteção ambiental. O consumo de fontes renováveis deve incluir as energias geotérmica, solar, eólica, hidráulica, energia das marés e das ondas e combustíveis;

Indicadores de suporte:

- Uso total de energia elétrica per capita (kWh/ano) – é necessário compreender quanta eletricidade está a ser consumida atualmente. O consumo elétrico total reflete o consumo geral usado pelos setores comercial, industrial e residencial;
- Número médio de interrupções elétricas por cliente por ano – ajuda a rastrear e avaliar o desempenho de confiabilidade em serviços de concessionárias de energia elétrica e pode ser afetado por vários fatores como a idade, padrão de manutenção e credibilidade da infraestrutura da rede elétrica bem como a capacidade de transmissão de eletricidade que atende a rede;

- Duração média das interrupções elétricas (em horas) – este indicador tem o mesmo objetivo e as mesmas características que o indicador anterior, mas em vez de medir a quantidade de interrupções elétricas que existem, mede a duração média de cada interrupção.

Pode ser destacado apenas o seguinte indicador de desempenho ambiental desta norma ligado à área da energia:

Indicador principal:

- Emissões de gases de efeito estufa medidas, em toneladas, por capita - A emissão de gases de efeito estufa não é um fator favorável para as mudanças climáticas. Este indicador calcula a quantidade total de gases de efeito estufa em toneladas geradas ao longo de um ano civil por todas as atividades dentro da cidade.

Para sumarizar os indicadores apresentados da norma ISO 37120 foi realizada a seguinte tabela:

Tabela 1. KPIs da norma ISO 37120

| Área | Indicadores Principais | Indicadores de Suporte |
|----------|---|--|
| Energia | Uso total de energia elétrica residencial per capita (kWh/ano) | Uso total de energia elétrica per capita (kWh/ano) |
| | Porcentagem da população da cidade com serviço elétrico autorizado | Número médio de interrupções elétricas por cliente por ano |
| | Consumo total de energia de edifícios públicos por ano (kWh/m ²) | Duração média das interrupções elétricas (em horas) |
| | Porcentagem da energia total derivada de fontes renováveis como uma parcela do consumo total de energia da cidade | |
| Ambiente | Emissões de gases de efeito estufa medidas, em toneladas, por capita | |

2.2.2 ISO 37122

A norma ISO 37122 [28] complementa a 37120 apresentada anteriormente e a 37101 que se trata de um sistema de gestão para o desenvolvimento sustentável. A junção destas normas estabelece indicadores a medir e considera aspetos e práticas que aumentam o ritmo para que as cidades melhorem os seus resultados de sustentabilidade social, económica e ambiental. A ISO 37122 especifica e estabelece definições e metodologias para os seguintes indicadores principais de desempenho energético para cidades inteligentes:

- Percentagem de energia elétrica e térmica produzida a partir do tratamento de águas residuais, tratamento de resíduos sólidos, líquidos e outros recursos de calor residual, como uma parte da matriz energética total da cidade num determinado ano - O calor residual é um recurso energético interno de cada cidade e pode ser obtido a partir de estações de tratamento de águas residuais e resíduos sólidos ou outros processos industriais. As águas residuais são um recurso renovável que transporta energia térmica e química;
- Energia elétrica e térmica produzida a partir do tratamento de águas residuais per capita por ano - As cidades devem reconhecer o potencial das águas residuais como fonte de energia sustentável. Além disso, as estações de tratamento de águas residuais usam uma quantidade considerável de energia e criam uma estufa de emissões de gases, podendo também ser fontes de energia renovável para as cidades;
- Energia elétrica e térmica produzida a partir de resíduos sólidos ou outros resíduos líquidos per capita por ano – O resíduo sólido pode apresentar uma oportunidade para recuperar energia, usando tecnologias novas e possivelmente mais limpas. Outros resíduos líquidos, como gorduras, óleos e graxas também são uma fonte de energia;
- Percentagem da eletricidade da cidade que é produzida usando eletricidade descentralizada dos sistemas de produção – O sistema de produção de eletricidade pode ser definido como a localização da produção de eletricidade mais perto do local de consumo em vez de obter eletricidade de uma instalação que está distante da cidade. Um sistema descentralizado pode levar ao uso mais otimizado de fontes de energia renováveis, portanto, o rastreamento da quantidade de produção descentralizada de eletricidade é usado para avaliar o potencial de uma região a utilizar fontes de energia renováveis e expandir o acesso a serviços de energia limpa, que poderiam não estar disponíveis devido à distância de instalações centralizadas de produção de eletricidade;
- Capacidade de armazenamento da rede de energia da cidade por consumo total de energia – A capacidade de armazenamento eficiente é essencial para equilibrar o fornecimento e a demanda de energia numa determinada região;
- Percentagem de iluminação pública gerida por um sistema de gerenciamento de desempenho de luz – Os pontos de luz geridos remotamente contribuem para uma maior eficiência energética, podem ser adaptados a qualquer área da cidade e, se houver uma falha, pode ser imediatamente localizada para garantir um reparo rápido. O consumo de energia por ponto de luz pode ser medido com precisão com o sistema de gerenciamento de luz, para melhor monitorizar o custo de energia e de CO₂ (dióxido de carbono);
- Percentagem de iluminação pública que foi reformada e instalada recentemente – As renovações das luzes das ruas de uma cidade podem ajudar a melhorar a eficiência energética. A introdução no mercado de tecnologias de eficiência energética para iluminação pública oferece economias de alto custo com tempos de retorno comparativamente curtos;

- Percentagem de edifícios públicos que requerem renovação/reforma – Os edifícios que requerem renovação/reforma podem impedir o progresso da redução do consumo de energia, contribuindo assim para mais mudanças climáticas bem como para outros fatores não tão positivos;
- Percentagem de edifícios na cidade com medidores de energia inteligentes – Os medidores de energia inteligentes registam e exibem o consumo de energia em tempo real e ajudam os consumidores a entender e gerir o uso de energia;
- Número de estações de carregamento de veículos elétricos por veículo elétrico registado – Os veículos elétricos são alimentados por eletricidade de baterias, portanto emitem menos gases de efeito estufa e poluentes do que os veículos convencionais. Porém, os carros elétricos têm uma capacidade limitada de motor e bateria logo é necessário que tenham acesso a estações de carregamento de veículos.

À semelhança da ISO anterior foi efetuada uma tabela onde sintetize os indicadores da norma ISO 37122:

Tabela 2. KPIs da norma ISO 37122

| Área | Indicadores Principais |
|-------------|--|
| Energia | Percentagem de energia elétrica e térmica produzida a partir do tratamento de águas residuais, tratamento de resíduos sólidos, líquidos e outros recursos de calor residual, como uma parte da matriz energética total da cidade num determinado ano |
| | Energia elétrica e térmica produzida a partir do tratamento de águas residuais per capita por ano |
| | Energia elétrica e térmica produzida a partir de resíduos sólidos ou outros resíduos líquidos per capita por ano |
| | Percentagem da eletricidade da cidade que é produzida usando eletricidade descentralizada dos sistemas de produção |
| | Capacidade de armazenamento da rede de energia da cidade por consumo total de energia da cidade |
| | Percentagem de iluminação pública gerida por um sistema de gerenciamento de desempenho de luz |
| | Percentagem de iluminação pública reformada/instalada recentemente |
| | Percentagem de edifícios públicos que requerem renovação/reforma |
| | Percentagem de edifícios na cidade com medidores de energia inteligentes |
| | Número de estações de carregamento de veículos elétricos por veículo elétrico registado |

2.2.3 ISO 37123

Embora a ISO 37120 contenha uma série de indicadores de relevância para o planejamento e avaliação da resiliência de uma cidade e a ISO 37122 para as cidades inteligentes, foi identificada a necessidade de analisar indicadores adicionais apenas para cidades resilientes, refletidos na ISO 37123 [29].

Uma cidade resiliente tem a capacidade de se preparar, adaptar ou recuperar de uma forma eficiente dos efeitos de um desastre como inundações, terremotos, incêndios, entre outros.

De seguida serão apresentados os dois indicadores relacionados com a energia que a norma ISO 37123 contém:

- Número de diferentes fontes de eletricidade, fornecendo pelo menos 5% da energia total da capacidade de abastecimento - Uma mistura diversificada de fornecimento de eletricidade ajuda a garantir que provisões alternativas de eletricidade estejam disponíveis para a cidade em caso de falha do sistema;
- Capacidade de fornecimento de eletricidade como uma percentagem do pico de demanda de eletricidade – Esta capacidade permite que as cidades lidem com o crescimento futuro previsto em demanda e picos de demanda temporários decorrentes de choques e tensões. É importante que as cidades consigam gerir a demanda de eletricidade em relação à capacidade de fornecimento disponível para avaliar a vulnerabilidade e robustez do sistema de alimentação elétrica.

De modo a sintetizar estes dois indicadores da ISO 37123 foi realizada a tabela 3:

Tabela 3. KPIs da norma ISO 37123

| Área | Indicadores Principais |
|---------|---|
| Energia | Número de diferentes fontes de eletricidade, fornecendo pelo menos 5% da energia total da capacidade de abastecimento |
| | Capacidade de fornecimento de eletricidade como uma percentagem do pico de demanda de eletricidade |

2.2.4 KPIs do POCITYF

Por fim, serão apresentados os indicadores chave de desempenho do projeto H2020 POCITYF [30]. Os indicadores serão usados para avaliar o sucesso geral do POCITYF como um projeto de cidade inteligente. Os KPIs foram compilados por meio de uma abordagem metodológica considerando uma variedade de estruturas e iniciativas de Cidades e Comunidades Inteligentes (SCC), critérios para avaliação de indicadores e a experiência dos parceiros do POCITYF. Este projeto tem em conta oito principais grupos, mas apenas serão analisados os indicadores da área da energia e alguns do ambiente:

Indicadores principais:

- Demanda e Consumo de Energia – A demanda e o consumo de energia correspondem à energia final necessária e consumida pelos utilizadores finais ou sistemas, a fim de garantir a operação do sistema na prestação de determinados serviços de energia. Este indicador pode ser usado para avaliar a eficiência energética de um sistema;
- Grau de autoabastecimento energético por fontes de energia renováveis – Este grau é definido como a proporção de energia produzida localmente a partir de fontes de energia renovável e o consumo final de energia ao longo de um determinado período de tempo;
- Economia de energia – Este KPI determina a redução do consumo final de energia para atingir os mesmos serviços após intervenções, levando em consideração o consumo da energia final no período de referência;
- Redução do corte de energia nas fontes e distribuição de energia renovável – Redução do corte de energia devido a problemas técnicos e operacionais, como sobretensão, frequência, congestionamento local, entre outros;
- Energia fotovoltaica instalada para 100 habitantes – Capacidade instalada de energia fotovoltaica interpolada para 100 habitantes. Este indicador é avaliado por setor (residencial, terciário, industrial e público);
- Capacidade de armazenamento inteligente - O armazenamento de energia é essencial devido à imprecisão na geração usando fontes de energia renováveis. A capacidade de armazenamento inteligente inclui todas as tecnologias de armazenamento de energia integradas na rede inteligente da cidade contendo eletricidade, aquecimento e mobilidade;
- Taxa de recuperação de calor – Este indicador mede a eficácia do sistema de recuperação de calor;
- Sistema de gestão integrado de edifícios – Os sistemas de gestão integrado são sistemas de gestão, comunicação e controlo de edifícios para parâmetros como energia, água, etc. Os edifícios inteligentes podem reduzir significativamente o consumo de energia, facilitar a economia de custos, oferecer conforto aos habitantes e, conseqüentemente, melhorar a sua qualidade de vida;
- Percentagem de edifícios na cidade com medidores de energia inteligentes – Os medidores de energia inteligentes registam e exibem o consumo de energia em tempo real e podem enviar digitalmente leituras do medidor para o fornecedor ou para um local central sem fio de modo a perceber como e quando a energia está a ser usada para um melhor planeamento e conservação de energia. Além disso, estes medidores ajudam os consumidores a entender e monitorizar melhor o uso de energia.

Indicadores de suporte:

- Rendimento Específico – O rendimento específico é a energia de saída medida de um sistema de alimentação relacionado com o tamanho/capacidade do sistema que é descrito pela área de superfície ou pico de energia;
- Perdas de energia de armazenamento – Este KPI ilustra as perdas de energia devido ao armazenamento da bateria que são essenciais para a flexibilidade das redes de energia usando maiores quantidades de eletricidade derivada de fontes de energia renováveis;
- Redução de carga térmica – Redução da carga de aquecimento/arrefecimento devido ao isolamento de uma zona térmica específica;
- Redução da carga de pico - A carga de pico é o consumo máximo de energia de um edifício ou grupo de edifícios. No SCIS este indicador é usado para analisar a demanda máxima de energia de um sistema em comparação com a potência média;
- Percentagem de iluminação pública gerida por um sistema de gestão de desempenho de luz - Um sistema de gerenciamento de desempenho de luz deve ter a capacidade de gerir os pontos de luz, definir horários para ligar/desligar e ajustar os níveis de luz. Um ponto de luz pode ser alterado individualmente e remotamente com um sistema baseado em TIC, que está conectado através de uma rede de comunicação e é capaz de medir a energia elétrica consumida pelo ponto de luz e identificar qualquer falha ocorrida;
- Índice de autossuficiência – Autossuficiência refere-se ao grau em que a geração no local é suficiente para preencher as necessidades de energia do edifício/sistema, num determinado período de tempo.

No projeto POCITYF existem também alguns indicadores principais de desempenho ambiental que estão diretamente ou indiretamente relacionados com a área da energia, tais como:

- Emissão de gases de efeito estufa – Este indicador já foi apresentado na ISO 37120, também como um indicador de desempenho ambiental;
- Redução da emissão de dióxido de carbono – Como já foi referido, os gases de efeito de estufa contribuem para o aumento das temperaturas da superfície. Este indicador está também relacionado com o anterior e é essencialmente útil para avaliar a contribuição das emissões de gases nas alterações climáticas;
- Demanda e Consumo de Energia Primária - A demanda e consumo de energia primária de um sistema abrange a energia que é consumida na cadeia de abastecimento das transportadoras de energia usadas.

Para finalizar este capítulo irá ser apresentada, à semelhança das normas anteriores, a Tabela 4 onde tem a informação dos KPIs do POCITYF mais sintetizada:

Tabela 4. KPIs do projeto POCITYF

| Área | Indicadores Principais | Indicadores de Suporte |
|----------|--|--|
| Energia | Demanda e Consumo de Energia | Rendimento Específico |
| | Grau de autoabastecimento energético por fontes de energia renováveis | Perdas de energia de armazenamento |
| | Economia de energia | Redução de carga térmica |
| | Redução do corte de energia nas fontes e distribuição de energia renovável | Redução da carga de pico |
| | Energia fotovoltaica instalada para 100 habitantes | Percentagem de iluminação pública gerida por um sistema de gestão de desempenho de luz |
| | Capacidade de armazenamento inteligente | Índice de autossuficiência |
| | Taxa de recuperação de calor | |
| | Sistema de gestão integrado de edifícios | |
| | Percentagem de edifícios com medidores de energia inteligentes | |
| Ambiente | Emissão de gases de efeito estufa | Demanda e Consumo de Energia Primária |
| | KPI 2. Redução da emissão de CO2 | |

2.3 Energia

Nos dias de hoje, é cada vez mais notória a intensa intervenção humana na utilização de recursos naturais, em especial da água, solo, recursos minerais e energia.

“A energia é uma grandeza física definida como a capacidade de corpos e sistemas realizarem trabalho mecânico. Sendo o trabalho uma medição indireta da energia, esta é geralmente explicada tendo em conta o seu comportamento” [31].

A energia não se “cria” nem se “destrói”, apenas muda de forma. Estas transformações de energia incluem processos como a produção de calor e realização de trabalho mecânico. Ao longo da transformação de energia, esta passa por quatro formas [31]:

- Energia primária - energia disponível na natureza tal como ela é, sem transformação tais como o carvão, petróleo e gás natural;
- Energia final – apresenta-se tal como é recebida pelos utilizadores nos diferentes setores e está pronta para comercialização - eletricidade, gásóleo, gasolina e gás processado;
- Energia útil – representa o modo como a energia na forma de luz, calor, arrefecimento e trabalho mecânico é utilizada e está diretamente relacionada com a eficiência dos equipamentos consumidores de energia final;
- Energia produtiva - corresponde à fração de energia útil que é realmente usada.

Existem dois tipos de fontes de energia: energia renovável e não renovável. São consideradas fontes de energia renovável a energia hídrica, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, geotérmica, energia das ondas e marés e biomassa e derivam de recursos inesgotáveis ou que podem ser repostas a curto ou médio prazo, espontaneamente ou por intervenção humana. Estas fontes encontram-se, neste momento, a ser utilizadas em todo o mundo e a sua importância tem vindo a aumentar ao longo dos anos representando uma parte considerável da produção de energia mundial. As principais fontes de energias não renováveis são o urânio e combustíveis fósseis, tais como o carvão, petróleo e gás natural. Todas estas fontes de energia têm reservas finitas, visto que é necessário muito tempo para as repor, e a sua distribuição geográfica não é homogénea, ao contrário das fontes de energia renováveis, originadas graças ao fluxo contínuo de energia proveniente da natureza [32].

Um dos grandes problemas ambientais resultante da utilização de fontes de energia não renováveis é o aumento do efeito de estufa. As instalações que utilizam combustíveis fósseis não produzem apenas energia, mas também grandes quantidades de vapor de água, de dióxido de carbono e outros gases nocivos que provocam não só o aumento de efeito de estufa como também várias alterações ambientais graves como a poluição, chuvas ácidas, névoa, entre outras. A energia nuclear é um exemplo de uma fonte de energia não renovável que tem também várias desvantagens como o lixo produzido por esta energia é muito perigoso tanto para a saúde como para o meio ambiente em geral, durante o processo produtivo da energia nuclear, utiliza-se água do mar para resfriar o reator e movimentar as turbinas. Essa água é devolvida para o ambiente mais quente do que quando foi encontrada, podendo ocasionar danos para a fauna e flora marinha. Outra das grandes desvantagens é o facto de haver um grande risco de contaminação derivada de acidentes e vazamentos [33].

Posto isto, o consumo de energias não renováveis deveria tentar ser substituído gradualmente por energias renováveis limpas.

2.3.1 Padrões de Consumo Energético

Portugal continua dependente do exterior no que diz respeito à produção de energia ainda que tenha ocorrido uma grande melhoria, nos últimos anos, relativamente à exploração de energias renováveis. É extremamente útil analisar, ao longo do tempo, a evolução dos indicadores de consumo, de modo a monitorizar-se o desempenho de um equipamento, de um edifício e até mesmo de uma cidade.

Visto que os dados relacionados com a eletricidade têm de ser bastante precisos e aproximados à realidade no que diz respeito à previsão de consumo, deve-se considerar alguns fatores que influenciam esse mesmo consumo como a meteorologia (temperatura), os fatores de calendário, em particular aos fins de semana e feriados, os diferentes setores, entre outros [34].

Portugal é um país com clima mediterrâneo, onde as mudanças bruscas de temperatura são raras, porém podem sofrer pequenas oscilações. A mudança de

temperatura influencia as condições de conforto térmico de uma determinada região, produzindo mudanças de comportamento no consumidor final e, conseqüentemente, mudanças no consumo de energia visto que dependendo de dias frios ou quentes, a sociedade recorre a mais ou menos energia para se sentir confortável no seu dia-a-dia, como por exemplo o facto de ligar o ar condicionado. Na figura 2, é apresentado um esquema de dispersão da temperatura, em Portugal, em função do consumo de eletricidade, dos anos de 2006 a 2015 onde se verifica que, até aproximadamente aos 17 graus, quanto menor a temperatura maior o consumo energético e, nas temperaturas superiores os pontos apresentam-se lineares com um pequeno aumento nas temperaturas mais elevadas [34].

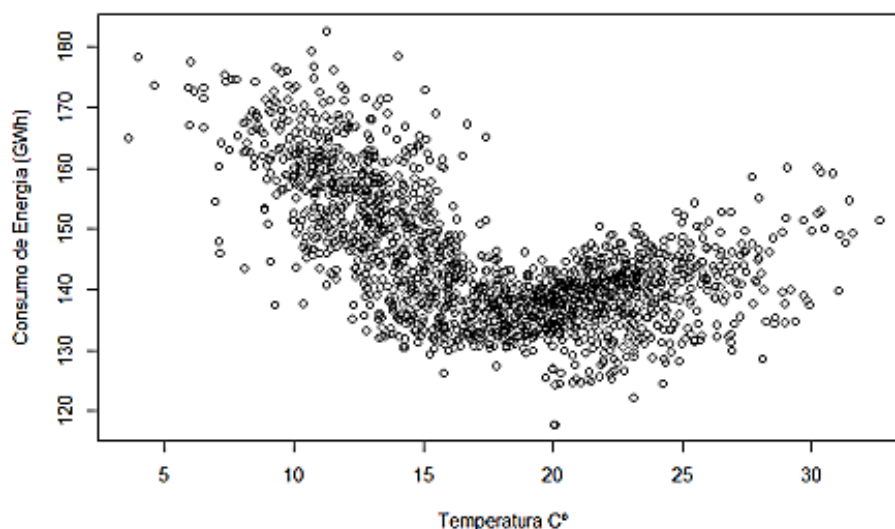


Figura 2. Dispersão da temperatura em função do consumo de eletricidade [34]

Relativamente aos fatores de calendário, ao mudar a rotina diária das pessoas muda também o consumo de eletricidade em casa e no escritório, principalmente aos fins de semana e feriados. O gráfico da figura 3 representa o consumo de eletricidade nacional de 2015 onde se observa que os dias assinalados que têm um consumo bastante baixo correspondem a grandes feriados nacionais (1 de janeiro – Ano novo; 5 de abril – feriado da Páscoa; 25 de dezembro – Natal) e é possível verificar também que nos meses de janeiro e fevereiro que são geralmente considerados os meses mais frios do ano, o consumo energético é muito mais alto comparativamente com os outros meses, provavelmente devido ao uso de equipamentos de aquecimento. Nos extremos mais quentes também se observa um aumento do consumo de energia que pode justificar-se pelo arrefecimento das habitações, espaços comerciais, etc.

A figura 4 indica o consumo de eletricidade em Portugal nos diferentes dias da semana onde se percebe que sábado e domingo (números 6 e 7 da figura, respetivamente), considerados os dias de fim-de-semana, correspondem aos dias com menor consumo, devido ao tradicional abrandamento das atividades económicas [34]. Os restantes dias da semana estão ilustrados pelo número 1 para segunda, 2 para terça e assim sucessivamente.

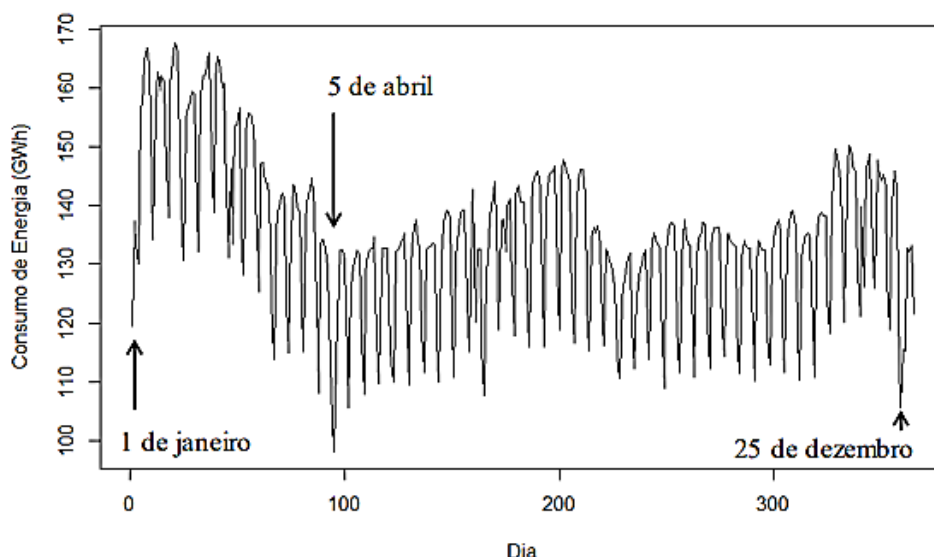


Figura 3. Consumo de eletricidade e os principais feriados nacionais [34]

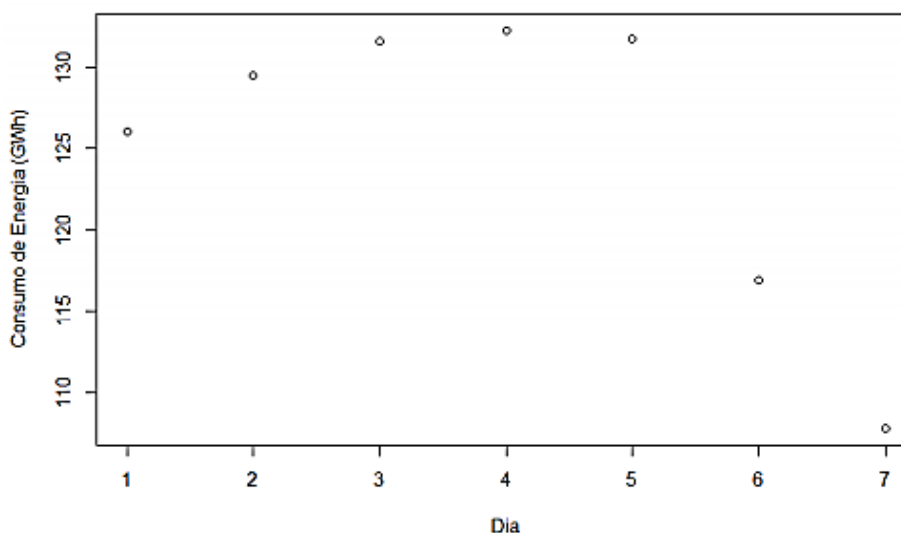


Figura 4. Consumo de eletricidade nos diferentes dias da semana [34]

O consumo energético depende muito da zona geográfica do país. A região Norte é caracterizada pelo maior consumo de energia no Inverno e menor no Verão, no entanto, na região Sul, nos meses quentes, o consumo de energia elétrica também é elevado devido ao funcionamento de equipamentos de ar condicionado. Como se pode verificar na Figura 5, o consumo de Évora está elevado tanto no Inverno como nalguns meses de Verão essencialmente pela necessidade de ligação de aparelhos de aquecimento e arrefecimento, respetivamente, no entanto, é notório um grande aumento no mês de julho que pode ser justificado não só pelo tempo mais quente como também pelo aumento da atividade turística [35].

Relativamente à Figura 6, esta demonstra a comparação de uma semana de Verão (4 a 10 de agosto) com uma semana de Inverno (6 a 12 de janeiro), na cidade de Évora, sendo bastante perceptível que há uma redução de consumo na semana de verão [35].

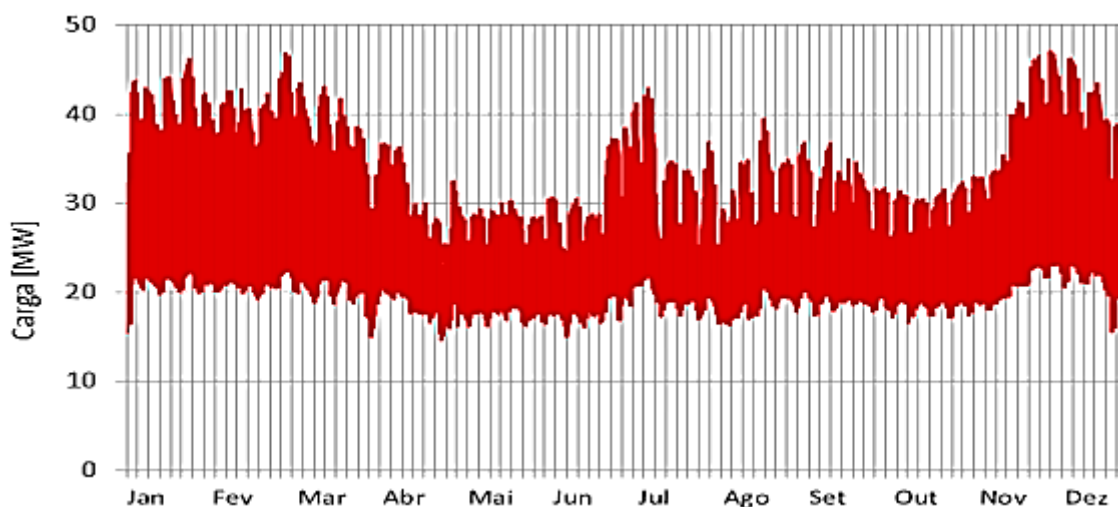


Figura 5. Diagrama do consumo energético, tendo em conta os diferentes meses, em Évora [35]

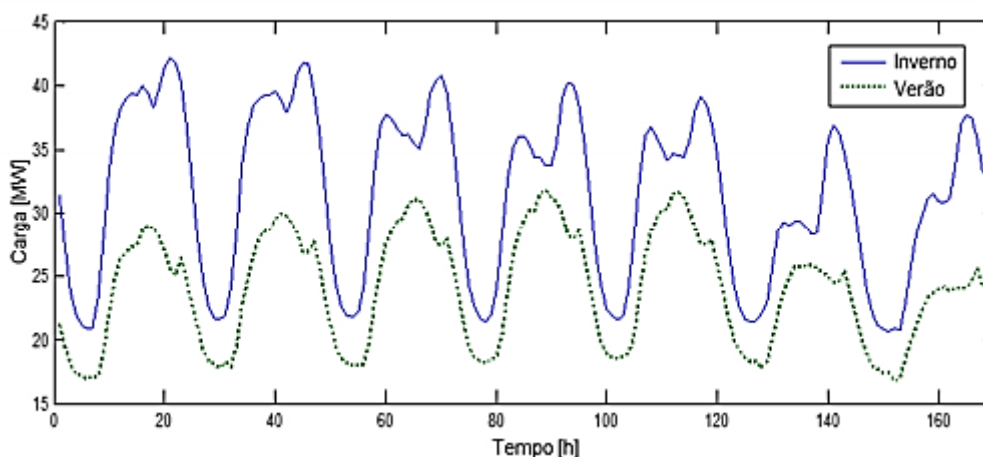


Figura 6. Comparação do consumo de eletricidade em Évora, no inverno e no verão [25]

Como é possível verificar na Figura 7, em 2018, Portugal foi o 5º país com o menor consumo de energia final por habitante, com menos 24% do que a União Europeia (UE) [36].

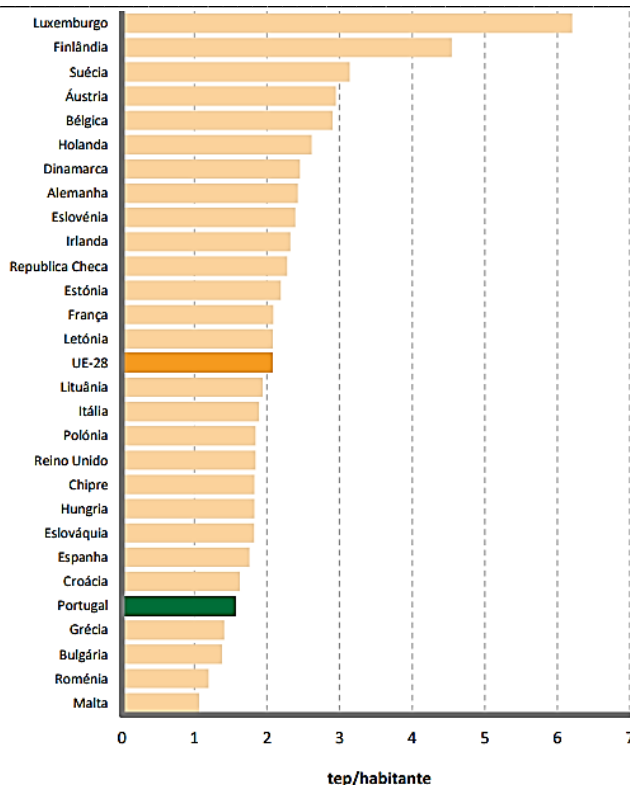


Figura 7. Portugal o 5º país com menor consumo de energia final por habitante [26]

Nas figuras que se seguem são apresentados os vários consumos energéticos em Portugal e a respetiva evolução ao longo dos anos tendo em conta os diversos setores de atividade da economia [37]. Os setores analisados são os transportes nacionais, o setor de agricultura e pescas, industrial, serviços e doméstico.

A Figura 8 mostra a evolução do consumo nos transportes nacionais, onde se consegue perceber que 95% corresponde ao transporte rodoviário. O peso do consumo dos veículos elétricos no total do consumo em transportes rodoviários, ainda foi residual em 2018 (0,008%). No entanto, num estudo feito pela Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas (APETRO), analisou-se que se todos os automóveis que circulam em Portugal fossem 100% elétricos, haveria um aumento de 14% no consumo de eletricidade, mas em contrapartida, as importações de petróleo e produtos petrolíferos teriam uma quebra de aproximadamente 35% o que representaria para Portugal uma poupança de cerca de 1723 milhões de euros [37].

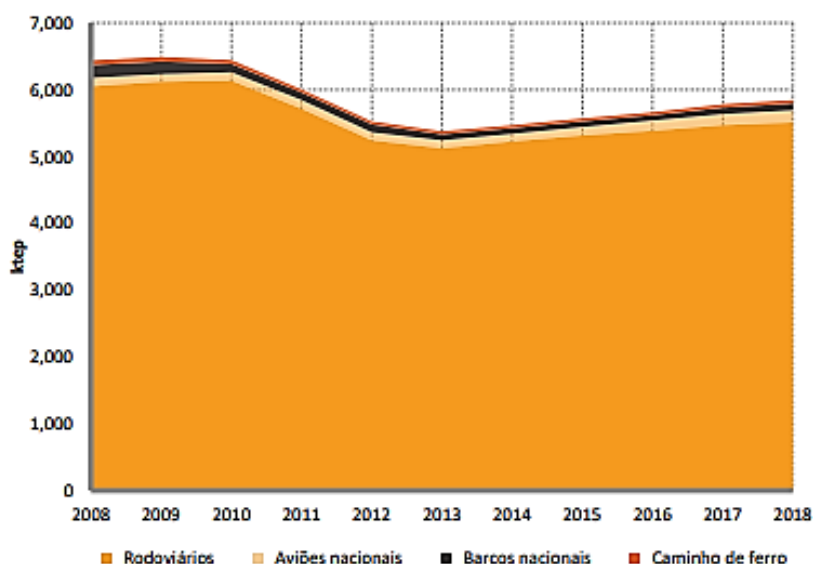


Figura 8. Consumo energético no setor dos transportes nacionais [37]

Relativamente à Figura 9, esta retrata o consumo no setor de agricultura e pescas sendo que a forma energética predominante neste setor é o gasóleo (81%) e os restantes 19% dizem respeito ao consumo de eletricidade. De 2014 a 2018, verificou-se um aumento de cerca de 9% no consumo energético. A agricultura tem, como é evidente uma maior atividade onde o clima e os solos sejam propícios enquanto a pesca se limita apenas à faixa costeira [37].

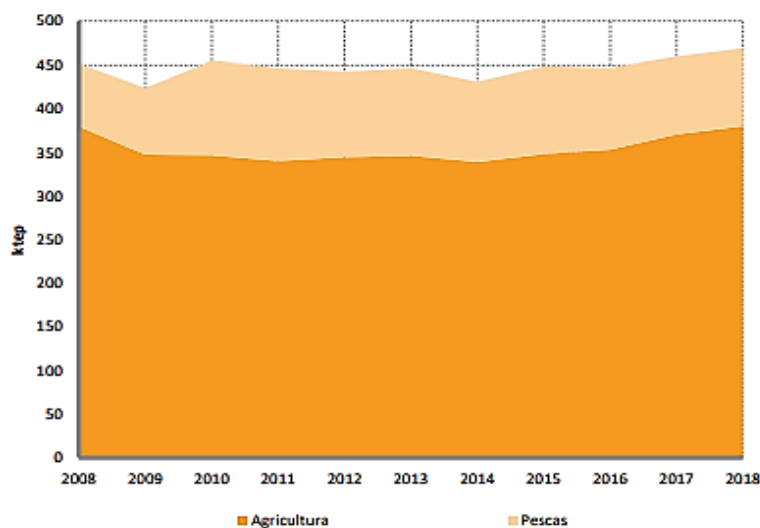


Figura 9. Consumo energético no setor de agricultura e pescas [26]

O setor da indústria (Figura 10) engloba a indústria transformadora, extrativa, construções e obras públicas. O consumo energético neste setor, de 2008 a 2018 desceu 17%. O petróleo passou de uma contribuição de 22% para 13%, enquanto o gás natural passou de 18% para 26%. O consumo de eletricidade, neste setor também aumentou 5% sendo, em 2018, 31% o total de energia consumida [26].

A indústria não depende das variações climáticas de região para região, no entanto, é necessário mais calor do que frio neste setor visto que os processos produtivos na sua maioria necessitam, ou produzem calor e, portanto, existe uma grande fatia de consumo gasto na produção desse mesmo calor.

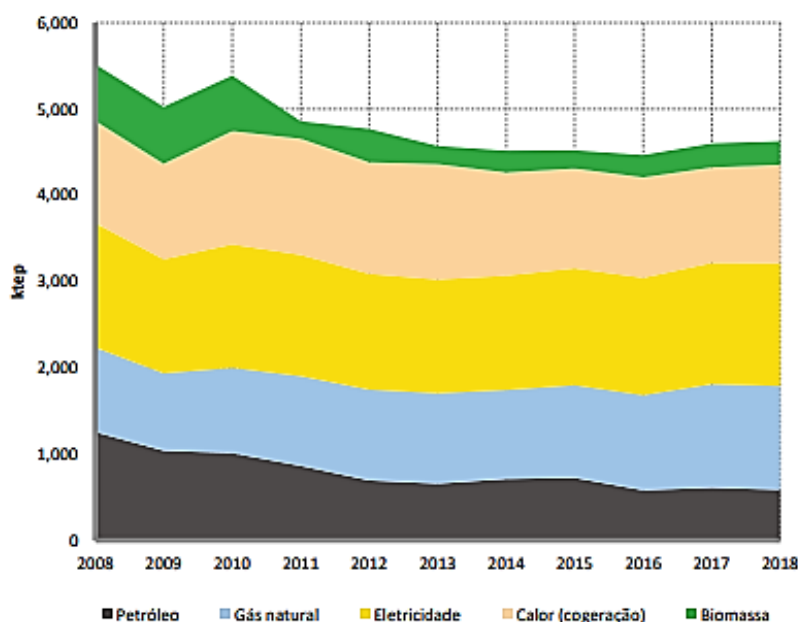


Figura 10. Consumo energético no setor industrial [26]

Quanto ao setor dos serviços que corresponde à Figura 11 inclui os serviços públicos e privados. De 2014 a 2018, com o contributo renovável das bombas de calor que utiliza um circuito de gás frigorígeno para extrair energia do ar exterior e aumentar a temperatura da água, o consumo energético subiu cerca de 6% e só esse contributo representou, em 2018, 16% do consumo deste setor. O consumo de petróleo diminuiu para menos de metade, o gás natural aumentou 53% e a eletricidade manteve-se sempre praticamente estável apenas com pequenas oscilações [26].

Visto que no setor dos serviços tanto existem pequenas unidades de comércio como grandes centros comerciais, hospitalares, entre outros, existe uma grande variação no consumo de energia. No entanto, no geral, a procura térmica para arrefecimento predomina neste setor, com necessidades de aquecimento reduzidas.

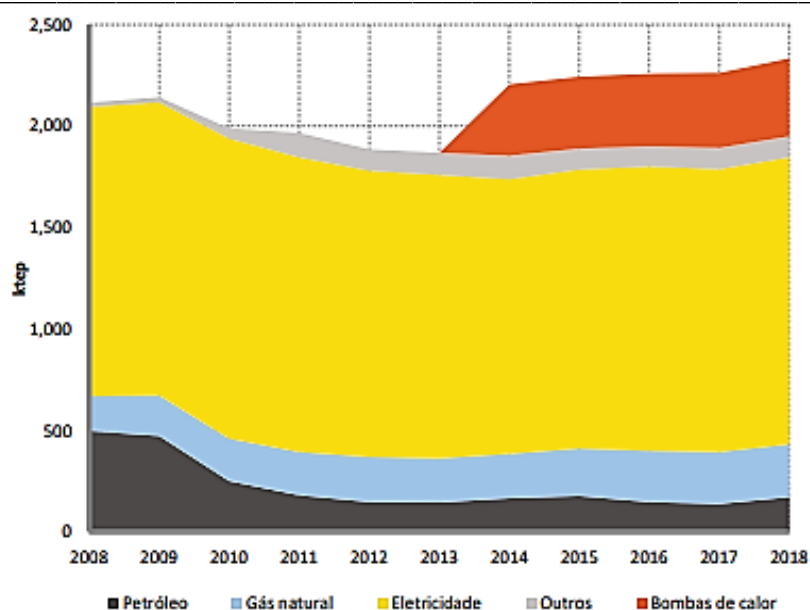


Figura 11. Consumo energético no setor dos serviços [26]

Por fim, analisando o gráfico da Figura 12 que corresponde ao setor residencial, verifica-se que de 2014 a 2018, com o contributo renovável das bombas de calor, houve também um pequeno aumento no consumo energético de aproximadamente 2%. De 2010 a 2018, como houve uma diminuição dos produtos de petróleo (gasóleo de aquecimento e GPL) houve também a redução de 38% e os consumos do gás natural e eletricidade desceram cerca de 8%. O contributo de toda a energia renovável no total de consumo do setor residencial em 2018 foi cerca de 58% [26].

Portugal, neste setor, apresenta valores baixos comparativamente com outros países da Europa devido à suavidade do clima português, no entanto existem algumas variações ao longo do território nacional.

A baixa duração e importância das estações quentes, associada a limitações financeiras, explica o número reduzido de alojamentos com instalação de aquecimento central, assim como o número significativo de alojamentos para os quais não existe registo de qualquer sistema de aquecimento, em qualquer uma das regiões. Outra informação relevante diz respeito à fonte energética usada nos sistemas de aquecimento existentes, sendo notória a importância dos sistemas de aquecimento elétricos, nomeadamente na região de Lisboa. Exceto em novas urbanizações de alta densidade, ou na proximidade de edifícios de serviços já com cogeração, o que se prevê serem casos pouco significativos, não há procura suficiente para justificar a instalação de redes de calor e frio a nível residencial.

A evolução dos consumos do setor residencial tem sofrido uma redução acentuada, cerca de -4% ao ano desde 2009 e está associada ao aumento de eficiência energética resultante de várias medidas implementadas e da melhoria dos equipamentos, assim como ao aumento de taxas e preços de energia. A melhoria de eficiência é aparentemente maior no que diz respeito ao aquecimento ambiente, com uma redução de cerca de 32% de 2000 a 2013, e de cerca de 29% de redução na

cozinha e no aquecimento da água, sendo que a primeira contribui com aproximadamente 39% do consumo final e o segundo com 23% [26].

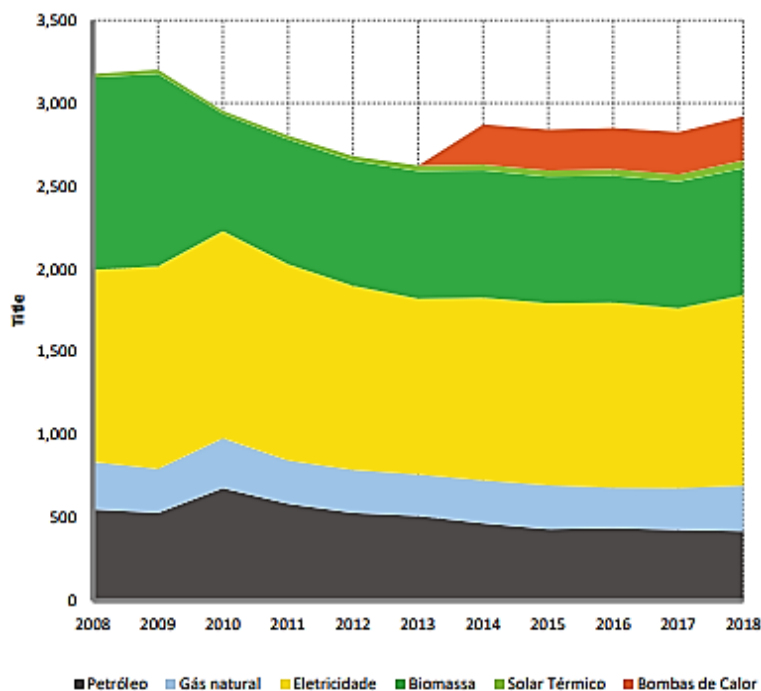


Figura 12. Consumo energético no setor residencial [26]

Posto isto, fazendo um balanço energético do ano 2018, concluiu-se que a produção de eletricidade não térmica aumentou mais de 30% em relação a 2017 e resultou do crescimento de 79% da produção hidroelétrica. O consumo de energia primária diminuiu 2% relativamente ao ano anterior devido, principalmente, à diminuição do consumo de energia fóssil que diminuiu 7%. O setor residencial aumentou 3% o consumo total de energia primária, representando em 2018, 29% e o setor de serviços aumentou também cerca de 3% o seu consumo relativamente a 2017 [36].

Para a melhoria da eficiência energética é necessário o investimento em medidas de Utilização Racional de Energia (URE). Estas medidas correspondem a um conjunto de ações cujo objetivo é diminuir os custos associados ao consumo de energia e às emissões de poluentes. Para ser possível investir em medidas URE, é necessário fazer uma análise dos processos e consumos de energia para que se possam concluir quais os equipamentos que mais gastam e onde se deve atuar com mais precisão. Para isto, é necessário que seja feita uma auditoria energética que analisa o investimento, acompanha o seu desenvolvimento e avalia o cumprimento das metas estipuladas [31].

Para que haja uma redução do consumo energético, é fundamental considerar, analisar e pôr em prática algumas medidas simples e que poderão fazer toda a diferença como, por exemplo, a utilização de janelas com elevado desempenho (elevada resistência térmica e baixa emissividade), o uso de vidros feitos com material cromogénico onde as propriedades variam consoante a temperatura ou o nível de

luminosidade, a aplicação de filmes nos vidros, apresentando diversos valores de transmitância, a colocação de janelas viradas para sul, que para além de atuarem como coletores solares passivos, sendo o calor armazenado no interior do edifício, prevalece também o uso da luz natural, a utilização de um tubo solar que permite que haja luz natural em espaços interiores, afastados das janelas, reduzindo-se, assim, o consumo de energia por parte do sistema elétrico de iluminação, a substituição de alguns aparelhos como o gerador de calor por uma caldeira, bomba de calor ou um sistema de cogeração, as lâmpadas normais por lâmpadas LED, as telhas de edifícios públicos por telhas fotovoltaicas, entre outros [31].

Por fim, outra das grandes práticas que deve ser adotada para a diminuição do consumo energético é a gestão do horário de funcionamento dos equipamentos e instalação de sensores e temporizadores [31].

Para além de tudo isto, é necessário que haja uma sensibilização da população relativamente a este tema visto que o comportamento desta tem um grande impacto no consumo energético e na eficiência dos equipamentos, sendo importante haver uma consciencialização do uso apropriado da energia e das consequências graves para o mundo em geral que poderá advir se isso não acontecer.

2.3.2 Smart Grids

Atualmente, um dos principais desafios é a construção de cidades mais inteligentes, mais eficientes e mais sustentáveis e daí surgiram as *smart grids* que são fundamentais para atingir essa meta. Uma *smart grid* ou rede inteligente pode ser definida como uma rede elétrica que usa tecnologias de informação e de comunicação para reunir informação referente ao comportamento das unidades de geração, dos consumidores e de todo o sistema de transporte e distribuição de eletricidade [38].

As redes inteligentes geram toda a eletricidade desde a sua produção até ao consumo, ou seja, acabam por tornar a rede elétrica mais eficiente, robusta e flexível, garantindo ainda todos os padrões de qualidade e segurança do sistema. São formadas pelo sistema de distribuição e transmissão de energia e por uma interface entre a produção, o armazenamento e o consumo de energia, para além disso têm inúmeros sensores que permitem controlar o estado da rede e prevenir possíveis falhas, em tempo real [38].

O objetivo das redes inteligentes é que os consumidores que produzem energia, mas não a consomem na totalidade, vendam essa parte da energia à rede para que esta a utilize consoante as necessidades.

As redes inteligentes, quando trabalham em conjunto com os contadores inteligentes, disponibilizam informação sobre os consumos a fornecedores e consumidores de energia em tempo real e, com essa informação, os consumidores conseguem ajustar os seus hábitos de consumo tendo em conta os diferentes preços da energia ao longo do dia, optando por consumir mais energia nos períodos mais económicos de forma a poupar dinheiro. Já os fornecedores ajustam os serviços que disponibilizam às necessidades dos consumidores [39].

Com a utilização de *smart grids*, é possível haver melhorias bastante significativas como por exemplo melhorias na qualidade da energia elétrica, redução dos preços da eletricidade, aumento das escolhas do consumidor e a aposta em fontes de energia renováveis. De acordo com as previsões da União Europeia, a implementação de *smart grids* e de contadores inteligentes pode reduzir as emissões de dióxido de carbono e de consumo energético por habitação em 9% [40].

Já surgiram vários projetos relativamente às *smart grids*. Como referido anteriormente, a EDP criou, em 2007, o projeto InovGrid, que prevê a implementação a larga escala de uma rede inteligente de eletricidade e, em 2010 foi lançado em Évora o primeiro piloto desse projeto, com a instalação de 31 mil contadores de eletricidade inteligentes, designados por *Energy Box*, que permitem comunicações nos dois sentidos, e em tempo real, entre clientes e a rede [41]. As funcionalidades recomendadas pela EDP para a *Energy Box* permitem aos consumidores conhecer melhor os seus gastos, saber onde conseguem poupar mais, qual a melhor hora para vender energia à rede, entre outras funcionalidades.

Posteriormente, em 2010, foi iniciado o projeto InovCity na cidade de Évora que representa o conceito das redes inteligentes de eletricidade, em que o objetivo consiste em reduzir emissões de CO₂, aumentar a contribuição das energias renováveis e melhorar a eficiência energética. A rede inteligente de distribuição de energia elétrica foi aberta a todos os comercializadores e empresas de serviços de valor acrescentado, possibilitando o aparecimento de novos serviços e, tentando melhorar os serviços existentes [20].

Mais recentemente, em 2019, está a ser implementado o projeto POCITYF que também já foi referido e muitos mais projetos irão surgir, futuramente, neste âmbito.

A implementação de redes inteligentes é um processo bastante demorado e dispendioso devido à necessidade de investir em novas infraestruturas e equipamentos, no entanto, este investimento leva à melhoria no setor energético, onde os consumidores ganham um estatuto decisivo pois podem ser consumidores e produtores de energia elétrica.

2.4 Soluções Tecnológicas para as Cidades

As *Smart Cities*, como é esperado, têm como suporte diferentes soluções tecnológicas quer para medição de indicadores e com isso contribuem para a sensorização da cidade, quer para a atuação direta na cidade ou para qualquer outro fator. A seguir, são apresentadas algumas dessas soluções e em quais verticais elas atuam visto que algumas delas são mais orientadas só para o vertical da energia, outras são mais abrangentes atuando também noutros verticais relevantes para a sustentabilidade de uma cidade.

2.4.1 Plataforma Urbana da Ubiwhere

Um exemplo de uma solução tecnológica para as cidades é a Plataforma Urbana da Ubiwhere, lançada em 2018, que é essencialmente uma plataforma de sensorização e análise, não atuando de uma forma direta na cidade.

Esta solução tem como principal objetivo oferecer às cidades uma visão global e integrada com uma perspectiva em 3D do seu ambiente urbano inteligente e, desse modo, haver uma diminuição de custos, redução de emissão de gases do efeito estufa na atmosfera e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, cumprindo com os ODS.

A Plataforma Urbana da Ubiwhere integra informação de diferentes fontes de dados como plataformas existentes, sensores, câmaras de vigilância e relatórios de cidadãos. Toda essa informação é apresentada num painel de controlo permitindo aos responsáveis de cada cidade analisarem os dados necessários à gestão eficaz da sua cidade, podendo personalizar esse painel e filtrar os dados por categorias tendo em conta as suas necessidades [42].

Através desta solução é também possível detetar situações de risco e de emergência, em tempo real, como níveis incomuns de poluição ou valores meteorológicos anormais e, a partir da recolha de dados, gerar gráficos que poderão ser exportados para uma análise mais pormenorizada [42].

A Plataforma Urbana da Ubiwhere atua em diferentes domínios, também designados por verticais:

- Trânsito;
- Qualidade do ar;
- Ruído;
- Recolha de resíduos;
- Tráfego;
- Ocorrências e incidentes;
- Mobilidade;
- Energia (módulo desenvolvido neste estágio).

2.4.2 Outras soluções

De seguida serão apresentadas duas soluções que contêm vários verticais com o objetivo de tornar uma *smart city* o mais sustentável possível nas diferentes áreas, como é o caso da Plataforma Urbana da Ubiwhere e também algumas soluções mais focadas apenas no vertical energia.

- **Plataforma Cidades Sustentáveis**

Esta plataforma foi lançada em 2012, mas atualizada com novas funcionalidades em 2019 pela IACIT que é uma empresa privada do Brasil que atua principalmente nos setores de aviação e aeroespacial, no entanto, atua

noutros âmbitos. A plataforma Cidades Sustentáveis foi realizada essencialmente para cidades brasileiras e é um suporte ao planeamento urbano sustentável, tendo em conta vários domínios como acidentes de trânsito, crimes, desemprego, consumos, energia, reciclagem, entre outros. Os principais objetivos desta solução são apoiar as cidades no processo de planeamento urbano integrado e promover boas práticas de sustentabilidade emergentes do trabalho de apoio ao planeamento e tecnologias do projeto. Utiliza métricas e indicadores para o acompanhamento de metas, cujo acesso aos dados é facilitado e feito de forma integrada e conta com uma interface participativa. Esta plataforma pretende evoluir futuramente tendo já muitas ferramentas e funcionalidades planeadas para incorporar nos próximos anos [43].

- **Mentatronic**

Esta solução foi implementada pela Tula Labs, uma empresa originada em Coimbra que fabrica soluções de eletrónica, robótica e *software* para as áreas das *smart cities*, mobilidade, telecomunicações e energia. A Mentatronic apresenta um conjunto de soluções que pretendem responder às iniciativas das cidades que se querem tornar mais inteligentes e eficientes para os seus cidadãos apostando nos verticais da energia, água, edifícios, transporte e trânsito, veículos autónomos, carregamento para veículos elétricos, etc. Calcula, compara e organiza os dados da cidade com a ajuda de análise avançada, inteligência artificial e algoritmos *de machine learning* e consegue obter esses dados de qualquer máquina, converte-os em dados exportáveis e utilizáveis, envia-os para o sistema do Mentatronic que de seguida gera os gráficos na interface do utilizador. Assim sendo, o utilizador consegue ver gráficos em tempo real, comparar o comportamento de máquinas, integrar com outros sistemas, entre outras funcionalidades que podem ser adaptadas e utilizadas de diferentes maneiras dependendo das necessidades do utilizador [44].

- **GRIDS energyCity**

A plataforma GRIDS energyCity foi implementada pela empresa Enersis que opera plataformas digitais para o planeamento e simulação da transição energética e foi lançada em 2018. Fornece todas as informações relevantes, em tempo real, sobre energia para cidades, municípios ou regiões, integrando vários dados e dá uma visão geral sobre o estado da infraestrutura de energia renovável. O objetivo desta estratégia é que os municípios consigam gerir os seus dados de energia de uma forma mais eficiente e que haja uma maior proteção do clima. Para além de apresentar vários dados acerca de consumos de energia e de emissões de dióxido de carbono, identifica áreas adequadas para sistemas fotovoltaicos e solares térmicos e otimiza a energia da iluminação pública [45].

- **Bee2Energy**

Esta solução foi implementada pela empresa FUTURE COMPTA que é uma empresa de inovação e desenvolvimento de produtos digitais, onde se enquadram soluções de IoT transversais a vários mercados. O Bee2Energy oferece às cidades uma plataforma unificada e central onde todas as propriedades da cidade podem ser geridas e operacionalizadas, em tempo real, no que diz respeito aos aspetos relacionados com a energia, trabalhando com diferentes tipos da mesma (eletricidade, água, gás e oxigénio). Nesta plataforma é feita ainda a integração com sensores externos, a definição de parâmetros KPI para análise e tabelas de controlo, o controlo da qualidade da energia, do ar e da água, entre outros [46].

- **ECCOS City**

A solução ECCOS City foi lançada, em 2019, pela empresa Arquiled que é uma empresa que desenvolve soluções de iluminação por LED, com uma forte especialização em iluminação pública e sistemas e serviços com o foco na eficiência energética. Esta plataforma gere mais concretamente luminárias instaladas pela própria empresa do que todos os pontos energéticos de uma cidade e a ideia principal é instalar pontos de luz por toda a cidade e analisar, através de indicadores, a gestão e eficácia de energia dos mesmos, conseguindo aumentar a longevidade das luminárias e permitindo poupanças energéticas e redução de custos. Cada luminária possui o seu próprio módulo de comunicação bidirecional, detetando falhas em tempo real e recebendo dados técnicos das mesmas. Estas são geridas a partir de uma plataforma central em modelo *Software as a Service* (Saas) [47].

- **Cubi Energia**

Esta plataforma foi desenvolvida, em 2016, pela CUBI que se trata de uma *startup* brasileira que tem como objetivo alavancar o mercado de eficiência energética através de um sistema de gestão de energia inteligente. Esta empresa atua não só no Brasil, mas também nos EUA e em Portugal e estão sempre a par de como as suas soluções se posicionam em comparação com as melhores do setor. Relativamente à plataforma Cubi Energia esta trata de reunir, integrar e analisar os dados e medidores, facilita a visualização dos mesmos e reconhece oportunidades de eficiência energética, identificando onde, quanto e quando se consome energia elétrica num processo em tempo real. Permite a medição de resultados e o controlo de custos [48].

- **Eficiência Energética para Edifícios Públicos**

Esta solução foi realizada pela Enel X que é uma empresa que lidera a transformação no setor da energia, utilizando tecnologias inteligentes para a descoberta de novas formas de usar energia em todo o mundo e tem soluções energéticas para quatro âmbitos distintos: casas, empresas, cidades e mobilidade elétrica. A solução que foi analisada foi a Eficiência Energética para Edifícios Públicos que está essencialmente ligada ao âmbito das cidades. Esta solução tem uma oferta em três áreas principais sendo elas os sistemas de monitoramento digital, otimização e gestão energética, os sistemas de produção de energia limpa e as soluções para redução de consumo. Oferece uma visão geral de todo o portfólio de edifícios públicos, comparando também edifícios individuais e serviços de monitoramento e gestão de energia no modo SaaS, controlando continuamente os custos da energia [49].

2.4.3 Comparativo de soluções

Após ter sido realizada a análise de algumas soluções que podem ter bastante impacto no âmbito da energia e não só, foi realizada uma representação matricial capaz de comparar essas mesmas soluções tendo em conta as suas funcionalidades de modo a tornar a informação mais visual e de melhor leitura. As células da Tabela 5 que contêm um “X” indicam que a solução que está na coluna correspondente inclui a funcionalidade que está na linha correspondente ¹.

Tabela 5. Comparativo das soluções tendo em conta funcionalidades

| Funcionalidades | Soluções | | | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|-------------|------------------|------------|------------|--------------|--------|
| | Plataforma Urbana Ubiwhere | Cidades Sustentáveis | Mentatronic | GRIDS energyCity | Bee2Energy | ECCOS City | Cubi Energia | Enel X |
| Tem em conta vários verticais | X | X | X | | | | | |
| Tem em conta o vertical da energia | | | | X | X | | | |
| Tem em conta o vertical da energia, com foco específico | | | | | | X | X | X |
| Acesso facilitado a dados de forma integrada | X | X | X | X | X | X | X | X |

¹ Não foram encontradas algumas informações, mas não significa que as mesmas não existam.

| | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reune informação de diferentes fontes de dados | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Uso de métricas e indicadores | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Comparação e organização de dados em tempo real | X | | X | X | X | X | X | X |
| Deteção de situações de risco e emergência | X | | X | X | X | X | X | X |
| Gestão de alarmes/alertas | X | | X | | X | X | X | X |
| Geração de relatórios | X | | X | | X | | X | X |
| Filtragem dos dados | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Personalização do painel | X | | X | | X | X | X | X |
| Perspetiva da cidade em 2D | X | | | X | X | X | | X |
| Perspetiva da cidade em 3D | X | | | X | | | | |
| Agenda de eventos nacionais e internacionais | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Benchmarking | X | X | X | X | X | X | X | X |

Analisando a Tabela 5, podemos verificar que as oito soluções encontradas estão divididas em três categorias diferentes: as que têm em conta vários verticais, ou seja, não só se focam no âmbito da energia, mas também noutros domínios como a mobilidade, o trânsito, etc. e são estas a Plataforma Urbana da Ubiwhere, a Plataforma de Cidades Sustentáveis e a Mentatronic. Outra das categorias são as soluções que apenas se focam no domínio da energia tendo em conta o âmbito das cidades inteligentes que são as plataformas GRIDS Energycity e Bee2Energy. E, por fim, na última categoria encontram-se as plataformas que se focam também apenas no domínio da energia, mas não tão ligadas à cidade em si e sim com um foco específico em algo que poderá ser uma das principais razões para o aumento do consumo energético da cidade. As plataformas que encaixam nesta categoria são a ECCOS City cujo foco são as luminárias e a Cubi Energia e Enel x que têm como foco específico os edifícios.

Todas estas soluções, que embora poderão encaixar em categorias diferentes, têm certos aspetos em comum como o facto de reunirem, compararem e organizarem um conjunto de dados integrados das cidades de modo a possibilitar a tomada de decisões mais impactantes e desenvolver soluções para cidades inteligentes capazes de melhorar a sustentabilidade, a segurança e a eficiência das mesmas. Todos esses dados provêm de diferentes fontes como outras plataformas, sensores, relatórios, entre outros. Para além disso, em todas elas, são utilizadas métricas e indicadores bem definidos para o acompanhamento de metas, de modo a ajudar as cidades a avaliar o seu progresso.

Os dados de todas as plataformas, exceto os da Plataforma Cidades Sustentáveis, são atualizados em tempo real e de uma forma instantânea e, assim sendo, com a análise destes dados é possível detetar valores anormais que pode ser o indício de situações de risco ou emergência. E, para possíveis ocorrências, estas plataformas (menos a anterior e a GRIDS Energycity) têm uma funcionalidade relevante que é a monitorização de alarmes e alertas. Outra funcionalidade extremamente interessante que estas plataformas têm, à exceção da Plataforma de Cidades Sustentáveis, da GRIDS EnergyCity e da ECCOS City, é a geração de relatórios para possível análise posterior, que resultam da correlação de informações que não só poderão dar origem a relatórios, como também a previsões e a avaliações de impacto.

Relativamente à organização dos dados, em todas as soluções é possível a filtragem dos mesmos, conseguindo assim retornar informações que o utilizador está realmente interessado em encontrar. E, além do mais, em praticamente todas as soluções, as únicas que não tem esta opção é a Plataforma Cidades Sustentáveis e a GRIDS Energycity, há a possibilidade de personalizar o painel de navegação de maneira que este satisfaça as necessidades de cada utilizador.

As soluções, com exceção da Plataforma de Cidades Sustentáveis, Mentatronic e Cubi Energia, têm um mapa com uma perspetiva da cidade em 2 dimensões e, de todas estas soluções, a Plataforma Urbana da Ubiwhere e a GRIDS Energycity têm ainda uma perspetiva da cidade em 3 dimensões para transmitir uma ideia mais real.

Todas as soluções atuam não só a nível nacional como também internacional o que faz com que haja um estudo da concorrência, de modo a analisar as melhores práticas usadas por empresas com o mesmo setor e podendo ser estas replicadas, acabando por reduzir custos, aumentar a produtividade e ampliar a margem de lucro.

2.5 Conclusão

De acordo com o estado da arte e os objetivos do projeto, é então feito um breve resumo do mesmo. Como podemos verificar na primeira secção, foram abordadas as cidades inteligentes onde se destacam vários aspetos importantes da sustentabilidade, tais como a necessidade de recursos responsáveis, gestão, eficiência energética, envolvimento do cidadão, etc., e é dado um exemplo real de uma cidade já considerada inteligente que é Helsínquia bem como de uma cidade que está a apostar em algumas soluções para se tornar mais inteligente como Évora. Uma

dessas soluções é o POCITYF que dá suporte ao *software* implementado neste estágio.

Na segunda secção foram identificados os indicadores de performance energética e ambientais de três ISOs distintas: 37120, 37122 e 37123 e do POCITYF. Estes KPIs têm um papel bastante relevante visto que é importante perceber quais os KPIs mais adequados para avaliar a transição energética de projetos de cidades inteligentes e, dessa forma, os KPIs foram identificados e analisados para facilitar o processo de monitoramento.

De seguida, na terceira secção foram abordados três conceitos bastante significativos para esta dissertação: energia, padrões de consumo energético e *smart grids*. Estes conceitos estão interligados pois as *smart grids* abrangem toda a infraestrutura tecnológica que será necessária, desde a geração de energia, a sua transmissão e distribuição, até o armazenamento elétrico e o consumo da energia gerada. Desta forma, as informações sobre o consumo de energia estão sempre disponíveis, o que permite fazer um uso mais responsável de todo o ciclo.

Por fim, na última secção e, após analisar todas as plataformas e respetivas funcionalidades, é possível perceber que a plataforma mais completa é a Plataforma Urbana da Ubiwhere pelo facto de abranger várias funcionalidades de integração e de monitorização da cidade que outras soluções não abrangem e, mesmo ainda não tendo todos os domínios desenvolvidos na sua totalidade, é considerada ainda assim a mais completa e está a ser trabalhada para que obtenha o máximo de informação útil possível sobre várias cidades.

3 Metodologias e Plano de Trabalho

Neste capítulo serão abordados os tópicos relacionados à gestão de projetos, nomeadamente as ferramentas de trabalho utilizadas, a metodologia de desenvolvimento de *software* empregada, o planeamento idealizado e, para finalizar, a gestão de riscos.

3.1 Ferramentas de trabalho

Para um trabalho mais eficiente e produtivo foram utilizadas várias ferramentas, algumas delas atualmente utilizadas pela empresa, como:

- **BambooHR** [50] e **Clockify** [51] – Ferramentas de gestão de tempo, usadas para o seu controlo e alocação a tarefas e projetos;
- **Google Meet** [52] e **ZOOM** [53] – Realização de reuniões;
- **Slack** [54] – Aplicação que permite a criação e gestão de canais de conversa entre equipas, onde é feita a comunicação com os elementos da Ubiwhere;
- **Google Drive** [55] – Partilha de documentos e conhecimento;
- **Gitlab** [56] – Permite o armazenamento e gestão de repositórios git, execução de testes e *deployment* de aplicações;
- **Visual Studio Code** [57] – IDE utilizado.

3.2 Metodologia de desenvolvimento de software

A metodologia ágil corresponde a uma abordagem de desenvolvimento de *software* que se baseia na entrega frequente de aplicações funcionais criadas por meio de iterações rápidas. Esta metodologia pretende a realização de melhorias e alterações constantes, baseadas no *feedback* e necessidades dos utilizadores, dos próprios clientes e até da equipa. Sem grande rigidez, o processo visa períodos curtos de desenvolvimento, para que os resultados e respetivos *feedbacks* sejam obtidos de maneira rápida.

Existem algumas estruturas metodológicas usadas para implementar o desenvolvimento ágil e uma delas é o *Scrum*. Os projetos desenvolvidos através do *Scrum* são divididos em iterações designadas de *sprints*, que normalmente duram entre duas a quatro semanas. O cliente, denominado no *Scrum* por *Product Owner*, cria uma lista priorizada de requisitos chamada *Product Backlog* e, no início de cada *sprint*, são escolhidos os requisitos a implementar para a *sprint* que irá ser iniciada. No final da *sprint* é feita a *sprint review*, tendo em conta o incremento que representa os itens do *backlog* a ser apresentados nessa *sprint review* [58]. É realizada também uma *sprint retrospective* para fazer um balanço de aspetos positivos e negativos dessa *sprint*. A equipa reúne-se todos os dias (*Daily Scrum*) para avaliar o progresso do projeto. Existe também o *Scrum Master* que a sua principal responsabilidade é ajudar

a equipa a seguir o processo *Scrum* [59]. Todo este ciclo está representado na Figura 13.

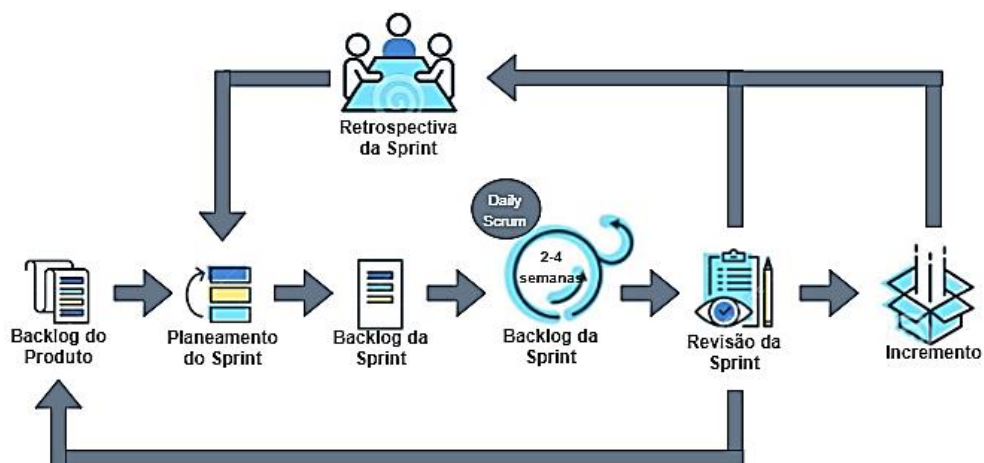


Figura 13. Ciclo do desenvolvimento Scrum original

Neste projeto foi utilizado o *Scrum* mas com algumas adaptações à metodologia tais como:

- Não foram realizados *Daily Scrum* visto não haver necessidade desse acompanhamento diário. As reuniões eram feitas semanalmente;
- Os *sprints* tinham a duração de uma semana;
- Não existiu um *Scrum Master* visto que a equipa era constituída apenas por três membros (a aluna e os orientadores - tanto da Ubiwhere como do ISEC), sendo que, neste caso, existia somente o papel de *product owners* assumido pelos orientadores;
- Não foi utilizado o conceito do incremento.

A representação do *Scrum* com estas adaptações pode ser observada na Figura 14.

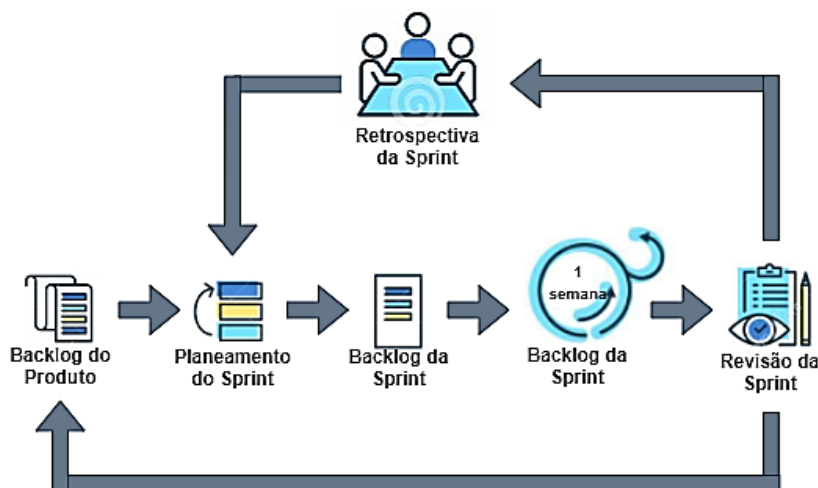


Figura 14. Ciclo de desenvolvimento Scrum adaptado

3.3 Plano de Trabalho

O plano de trabalho apresentado foi dividido nos dois semestres do calendário letivo.

3.3.1 Primeiro Semestre

No primeiro semestre decorreu toda a investigação teórica dos temas mais relevantes para o projeto e que podem ser encontrados no capítulo do estado da arte presente neste documento. Esta fase foi muito importante uma vez que permitiu aprender-se os conceitos teóricos, estudar soluções já existentes e construir uma base de conhecimento para usar durante todo o projeto. De seguida foi feita a gestão do projeto onde foi realizado o planeamento do mesmo bem como estipulada a análise de riscos.

Neste primeiro semestre foi realizada também uma pesquisa de *datasets* para a cidade de Évora, Alkmaar e a nível nacional que contivessem dados acerca do consumo energético de ambos e alguns fatores que pudessem de alguma forma ter impacto nesse consumo. Como forma de comparação com Portugal foram pesquisados também *datasets* para Espanha e Itália. Depois de encontrados alguns conjuntos de dados, foi realizada a análise dos mesmos e foram calculadas as correlações entre o consumo energético e alguns dos fatores encontrados que pudessem ter algum impacto nesse mesmo consumo. Para se efetuar o cálculo das correlações teve de se fazer um pré-processamento dos dados visto que tem de se ter em conta o intervalo temporal dos mesmos bem como as respetivas unidades. Depois disto, foram analisados os resultados de todas as correlações e extraídas as respetivas conclusões.

Num momento seguinte, foram definidos os requisitos funcionais do sistema bem como os seus atributos de qualidade e foi feita uma pesquisa de padrões de arquitetura e tecnologias que poderiam ser utilizadas na implementação do projeto. Por fim, foi feito o desenho de uma proposta de arquitetura para o sistema.

3.3.2 Segundo Semestre

No segundo semestre foi feita a implementação do projeto, tendo sempre em conta o que foi definido no primeiro semestre como requisitos, proposta de arquitetura, gestão do projeto, etc.

Inicialmente foram planeadas as tarefas a serem desenvolvidas nesta fase e foi feita uma formação inicial das tecnologias e ferramentas que iriam ser utilizadas. Depois passou-se para o desenvolvimento e testes do produto deste estágio.

Ao longo de todo o projeto e tanto no primeiro como no segundo semestre foi feita a escrita desta dissertação.

A figura que se segue, Figura 15, representa o planeamento do trabalho do primeiro e segundo semestres onde, as tarefas realizadas estão identificadas pela cor verde, a amarelo as tarefas novas e a laranja as tarefas por realizar. Deste modo, é possível verificar que a integração com a Plataforma Urbana ainda não foi realizada, visto que foram implementadas duas tarefas novas – o microserviço de previsão de dados e a integração com o *metabase* – de forma a ter um caso de estudo que seja possível

- Probabilidade: 2;
- Impacto: 2;
- Tratamento: 3;
- Plano de mitigação: Validar com os orientadores a prioridade de cada tarefa e definir um plano para tentar minimizar qualquer impacto que esses atrasos poderão ter no decorrer do projeto.

C. Mudança de requisitos:

- Probabilidade: 2;
- Impacto: 2;
- Tratamento: 3;
- Plano de mitigação: Reavaliar os requisitos com os orientadores e tentar que estas alterações não tenham muito impacto no desenvolvimento do projeto, de modo que este continue exequível no espaço de tempo previsto.

3.4.2 Riscos externos:

D. Como o *software* em desenvolvimento depende de dados de sistemas externos, estes dados não estarem disponíveis:

- Probabilidade: 1;
- Impacto: 3;
- Tratamento: 3;
- Plano de mitigação: Os dados necessários serão escolhidos com base na sua disponibilidade imediata.

E. A estagiária ou um dos elementos presentes diretamente no estágio ficar doente devido à pandemia vivida atualmente ou por outras razões:

- Probabilidade: 2;
- Impacto: 2;
- Tratamento: 2;
- Infelizmente é um risco que não é possível mitigar.

Depois de identificados e analisados os riscos, foi realizada uma matriz de avaliação dos mesmos de modo a tentar minimizar a probabilidade de risco potencial para otimizar o desempenho do projeto. Esta matriz está representada na Figura 16.

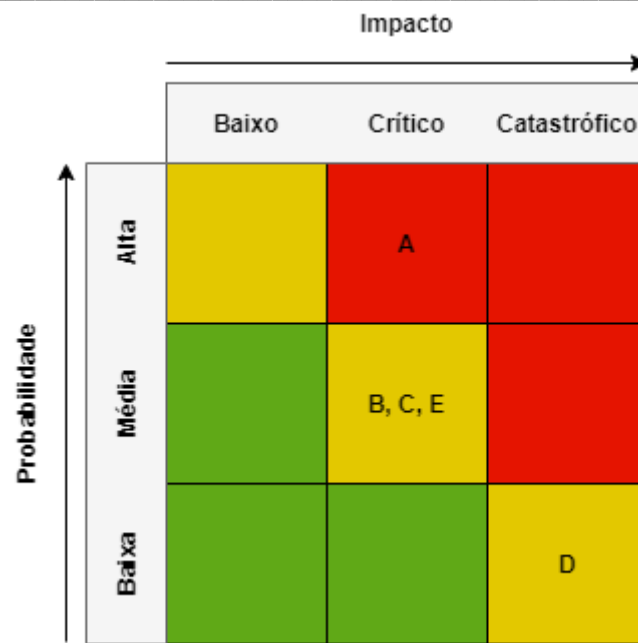


Figura 16. Matriz de avaliação de riscos

4 Especificação Técnica

Neste capítulo são apresentados os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, o desenho da proposta de arquitetura e, por fim, as tecnologias a serem utilizadas.

4.1 Especificação de Requisitos

Um requisito é a propriedade que um *software* exibe para solucionar problemas reais, ou seja, é a conjuntura indispensável para satisfazer um objeto e estão presentes ao longo de todo o ciclo de vida de um *software* [60].

Primeiro começou-se por identificar os utilizadores do sistema que foram consideradas três *roles* do *software* implementado:

- Administrador de sistemas;
- Utilizador/Técnico camarário;
- Utilizador comum (cidadão).

4.1.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais descrevem as funcionalidades e serviços do sistema e foram especificados de duas formas distintas: *user stories* e diagramas de caso de uso UML.

4.1.1.1 User stories

Uma *user story* é uma explicação informal de um recurso de *software* a partir da perspectiva do utilizador final.

Posto isto, de seguida são apresentadas as *user stories* do projeto.

- Como administrador de sistemas posso autenticar-me na plataforma, inserindo o meu *email* e *password*;
- Como administrador de sistemas posso fazer o *logout* da plataforma;
- Como administrador de sistemas posso visualizar as informações do meu perfil;
- Como administrador de sistemas posso editar as informações do meu perfil;
- Como administrador de sistemas posso visualizar a listagem dos dados de eletricidade para cada cidade ao longo dos anos;
- Como administrador de sistemas posso registar uma nova cidade e os seus dados de eletricidade. Para isso, deverei fornecer a seguinte informação:
 - Localização;
 - Consumo total de eletricidade;
 - Consumo de eletricidade no setor residencial;
 - Número de conexões;
 - População;
 - Tipo de propriedade;
 - Tipo de fase;
 - Data e hora da observação;
 - Número de interrupções;

- Duração das interrupções.
- Como administrador de sistemas posso editar os dados de eletricidade de determinada cidade;
- Como administrador de sistemas posso remover os dados de eletricidade de determinada cidade;
- Como administrador de sistemas posso filtrar os dados para que consiga visualizar apenas os dados pretendidos;
- Como administrador de sistemas posso ordenar, através de um campo, uma listagem, de forma ascendente ou descendente;
- Como administrador de sistemas posso visualizar a listagem dos indicadores de performance energética ao longo dos anos;
- Como administrador de sistemas posso adicionar um indicador de performance energética. Para isso, deverei fornecer a seguinte informação:
 - Seleção dos dados de eletricidade;
 - Resultado do cálculo do KPI;
 - ISO do KPI;
 - Número do indicador.
- Como administrador de sistemas posso editar os dados do indicador de performance energética;
- Como administrador de sistemas posso remover o indicador de performance energética;
- Como administrador de sistemas posso visualizar a listagem com os dados da previsão do consumo energético em Évora ao longo dos anos;
- Como administrador de sistemas posso definir a periodicidade das tarefas;
- Como administrador de sistemas posso visualizar a listagem de utilizadores;
- Como administrador de sistemas posso gerir utilizadores;
- Como utilizador comum posso visualizar a listagem dos dados de eletricidade para cada cidade ao longo dos anos;
- Como utilizador comum posso visualizar a listagem dos indicadores de performance energética ao longo dos anos;
- Como utilizador comum posso visualizar a listagem com os dados da previsão do consumo energético em Évora ao longo dos anos;
- Como utilizador comum posso filtrar os dados para que consiga visualizar apenas os dados pretendidos;
- Como utilizador comum posso ordenar, através de um campo, uma listagem, de forma ascendente ou descendente;
- Como utilizador camarário posso autenticar-me na plataforma, inserindo o meu *email* e *password*;
- Como utilizador camarário posso fazer o *logout* da plataforma;
- Como utilizador camarário posso visualizar as informações do meu perfil;
- Como utilizador camarário posso visualizar a listagem dos dados de eletricidade para cada cidade ao longo dos anos;

- Como utilizador camarário posso registar uma nova cidade e os seus dados de eletricidade. Para isso, deverei fornecer a seguinte informação:
 - Localização;
 - Consumo total de eletricidade;
 - Consumo de eletricidade no setor residencial;
 - Número de conexões;
 - População;
 - Tipo de propriedade;
 - Tipo de fase;
 - Data e hora da observação;
 - Número de interrupções;
 - Duração das interrupções.
- Como utilizador camarário posso editar os dados de eletricidade de determinada cidade;
- Como utilizador camarário posso remover os dados de eletricidade de determinada cidade;
- Como utilizador camarário posso filtrar os dados para que consiga visualizar apenas os dados pretendidos;
- Como utilizador camarário posso ordenar, através de um campo, uma listagem, de forma ascendente ou descendente;
- Como utilizador camarário posso visualizar a listagem dos indicadores de performance energética ao longo dos anos;
- Como utilizador camarário posso adicionar um indicador de performance energética. Para isso, deverei fornecer a seguinte informação:
 - Seleção dos dados de eletricidade;
 - Resultado do cálculo do KPI;
 - ISO do KPI;
 - Número do indicador.
- Como utilizador camarário posso editar os dados do indicador de performance energética;
- Como utilizador camarário posso remover o indicador de performance energética;
- Como utilizador camarário posso visualizar a listagem com os dados da previsão do consumo energético em Évora ao longo dos anos.

4.1.1.2 Diagramas de Caso de Uso

Foram também desenhados diagramas UML de caso de uso simples para cada utilizador de modo a representar uma interpretação visual, que apenas com os *user stories* não se conseguiria obter, daí ter surgido a necessidade de especificar os requisitos de ambas as maneiras. Assim sendo, nas imagens que se seguem encontram-se os diagramas de caso de uso para os utilizadores identificados: o diagrama do administrador de sistemas encontra-se na Figura 17, o do utilizador

comum/cidadão está representado na Figura 18 e, por fim, o diagrama da Figura 19 corresponde ao utilizador camarário.

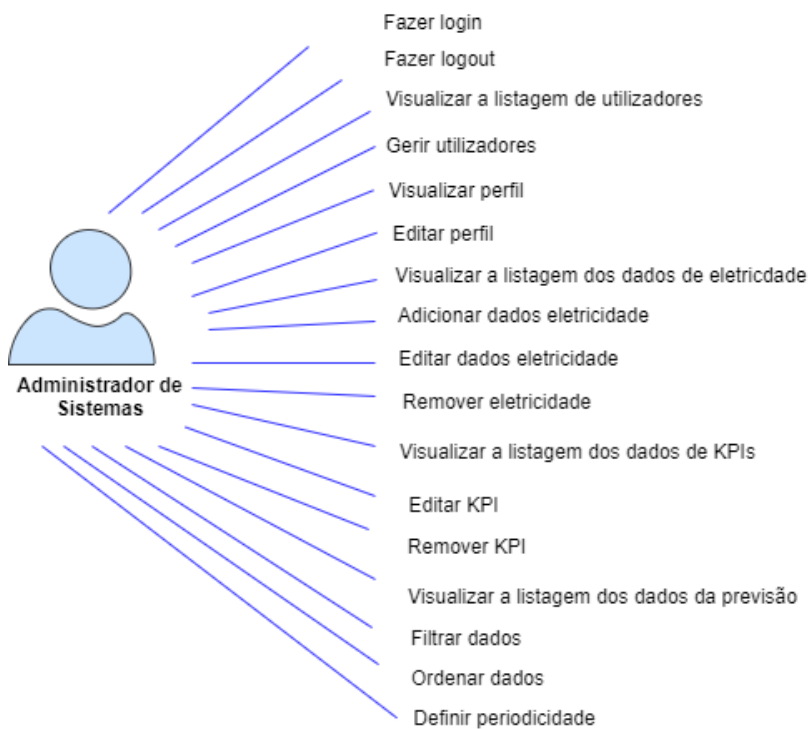


Figura 17. Diagrama de caso de uso - Administrador de Sistemas



Figura 18. Diagrama de caso de uso - Utilizador comum (cidadão)

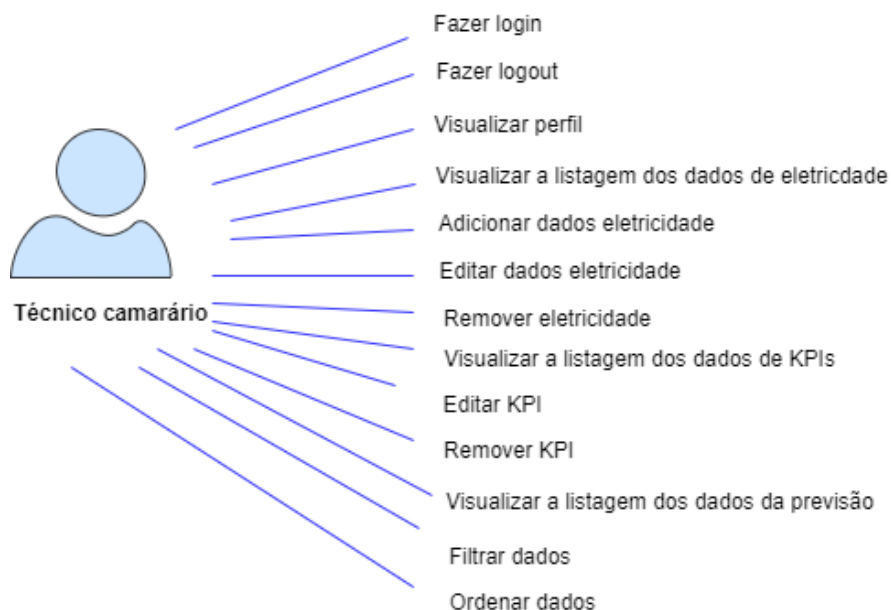


Figura 19. Diagrama de caso de uso - Técnico camarário

4.1.2 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais definem propriedades e restrições do sistema. Foram identificados três requisitos não funcionais do sistema a implementar que podem ser verificados na tabela que se segue.

Tabela 7. Requisitos não funcionais

| Referência | Requisito Não Funcional |
|------------|-------------------------|
| RNF1 | Escalabilidade |
| RNF2 | Modificabilidade |
| RNF3 | Interoperabilidade |

RNF1: Escalabilidade

O sistema deve ter a capacidade de suportar o escalonamento horizontal e vertical com o uso de Docker e tecnologia *cloud* (solução de Tecnologias de Informação (TI) que possibilita o uso de recursos da computação por meio da *internet*).

RNF2: Modificabilidade

É possível fazer pequenas mudanças que não alteram o comportamento do *software*, como por exemplo quando se adiciona um *dataset* não deve ter qualquer impacto noutros *datasets*.

RNF2: Interoperabilidade

A plataforma deve ter a capacidade de comunicar com outros sistemas e de aceder a informação de diversas fontes.

4.2 Proposta de Arquitetura

A arquitetura de *software* contém a relação entre o mapeamento dos componentes, as suas propriedades externas, a sua ligação com outros *software* e diversos detalhes a ter em conta.

Após uma pesquisa dos vários padrões de arquitetura existentes percebeu-se que o padrão de arquitetura que mais fazia sentido neste projeto era a arquitetura em camadas pelo facto de ser possível dividir o projeto em camadas autónomas, ou seja, um conjunto de alterações numa determinada camada não afeta as outras e, deste modo, é possível aumentar a funcionalidade de uma camada e obter uma melhor personalização do sistema. Assim sendo, foi escolhido o modelo C4 [61] para o desenho da arquitetura. Este modelo contém diferentes níveis de detalhe considerando as estruturas de um sistema de *software* em termos de containers, componentes e código.

Foram utilizados dois dos diagramas deste modelo para o desenho da arquitetura do sistema:

- Diagrama de contexto – abordagem mais de alto nível onde mostra a relação entre o sistema e os utilizadores e outros sistemas;
- Diagrama de *containers* - mostra como os *containers*, unidades executáveis separadamente que executam código ou armazenam dados, se comunicam entre si.

Posto isto, nas Figuras 20 e 21 estão representados o diagrama de contexto e de *containers* deste projeto, respetivamente.

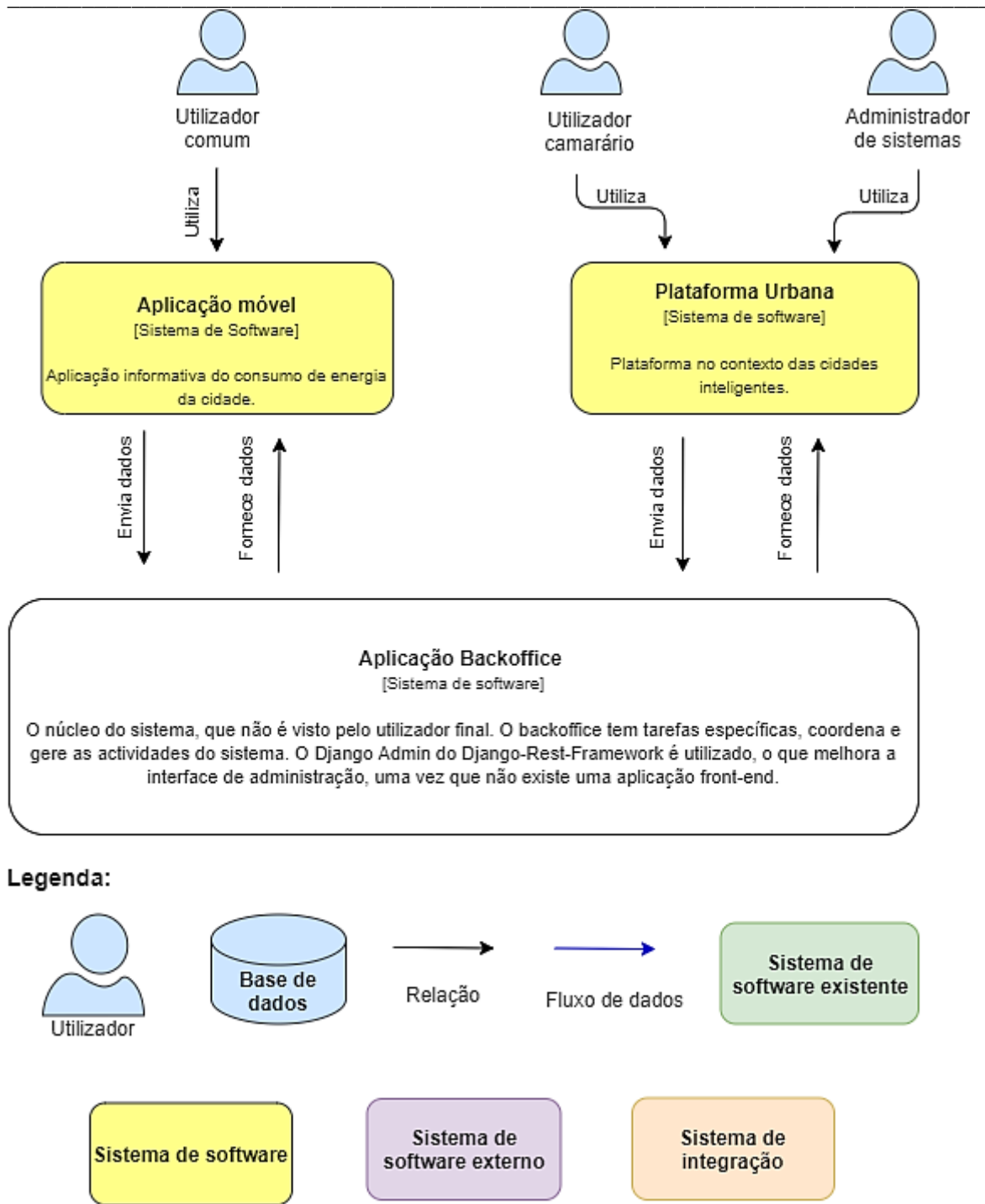


Figura 20. Diagrama de contexto do sistema

de Dados que transforma os dados na estrutura usada pela Ubiwhere. Depois destes dados estarem transformados são então escritos na base de dados.

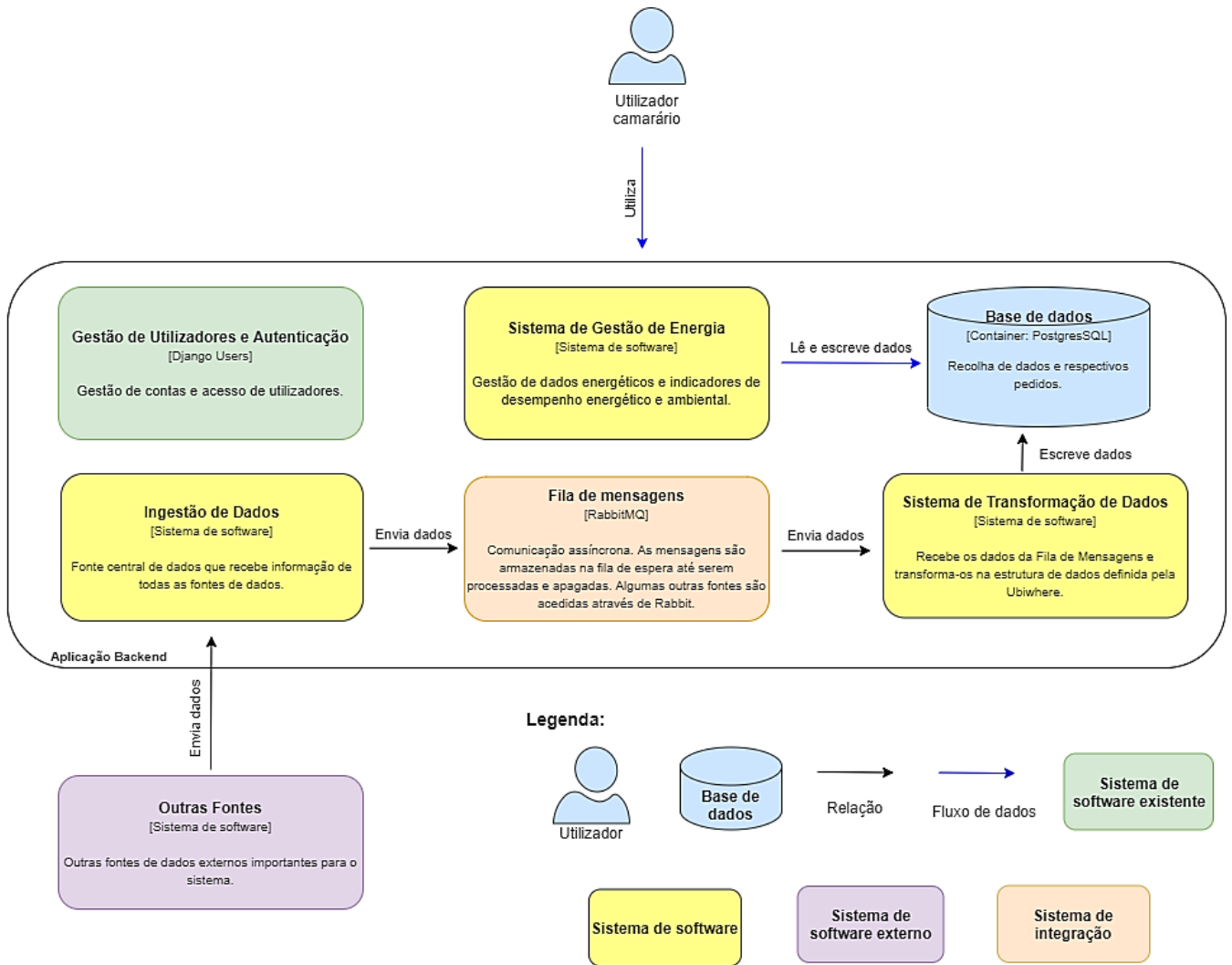


Figura 22. Fluxo da criação de dados

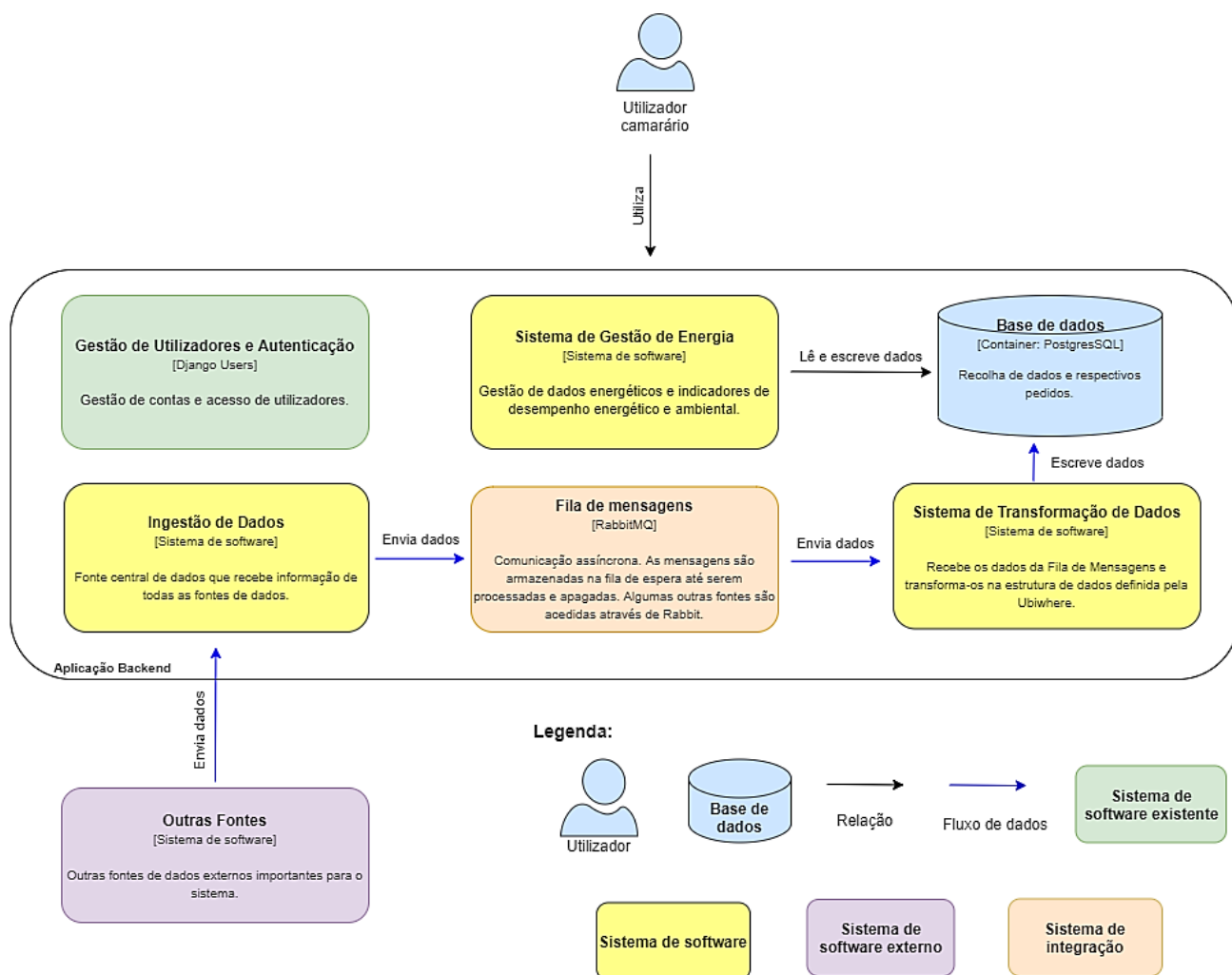


Figura 23. Fluxo da ingestão de dados

4.3 Tecnologias

Para a decisão das tecnologias a serem usadas teve de se ter em conta alguns requisitos como estas terem bom suporte de documentação e serem *open source*.

Como o módulo a ser implementado será integrado na Plataforma Urbana, as tecnologias já estavam definidas no projeto e cumpriam os requisitos referidos acima, portanto, dessa forma, para uma melhor integração, este módulo foi implementado com base nessas mesmas tecnologias e com a utilização de outras consideradas adequadas que são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8. Tecnologias utilizadas

| Referência | Tecnologia |
|------------|--------------------------------|
| T1 | Python |
| T2 | Django e Django Rest Framework |
| T3 | PostgreSQL |
| T4 | Docker |
| T5 | RabbitMQ |
| T6 | Celery |
| T7 | Flask |
| T8 | Prophet |
| T9 | Metabase |

T1: Python

É uma linguagem de propósito geral de alto nível, suporta o paradigma orientado a objetos, imperativo e funcional. Uma das suas principais características é permitir a fácil leitura do código e exigir poucas linhas de código comparativamente com outras linguagens [62]. Para além disto, o Python apresenta um grande número de bibliotecas de *Machine Learning* como o *Pandas* e o *Numpy* que foram usadas para analisar os dados do projeto como é apresentado no subcapítulo 5.3.

T2: Django e Django Rest Framework

O Django é uma framework *web* escrita em Python que utiliza o padrão *Model-Template-View* e incentiva o desenvolvimento rápido e limpo.

Quanto ao Django Rest Framework este provê uma forma simples e rápida para a construção de APIs utilizando as facilidades que o Django oferece, tais como o sistema de rotas e o seu *Object Relation Mapping* (ORM) para a manipulação da base de dados [63].

T3: PostgreSQL

Ferramenta de sistema de gestão de base de dados relacional de código aberto que permite a implementação da linguagem SQL em estruturas, garantindo um trabalho com os padrões desse tipo de ordenação dos dados [64].

T4: Docker

Plataforma *open source* que agrupa partes de *software* de um sistema de arquivo completo e que abrange todos os recursos necessários para a sua execução, daí ser uma plataforma de *containers*. Os *containers* são unidades de *software* que fornecem uma camada de abstração aos programadores entre o que estão a desenvolver e o seu ambiente operacional. Através dos *containers*, o Docker permite empacotar, virtualmente, uma aplicação e todas as suas dependências, para depois serem executadas num servidor [65].

T5: RabbitMQ

Software de mensagens que garante a assincronicidade e diminui o acoplamento entre aplicações, distribui alertas e controla filas de trabalho em *background* [66]. No caso deste projeto a funcionalidade mais importante do RabbitMQ são as mensagens assíncronas.

T6: Celery

Fila de tarefas com foco no processamento em tempo real e, para além disso, suporta também o agendamento de tarefas [67].

T7: Flask

O Flask é uma micro *framework* que utiliza a linguagem Python para criar aplicativos *web* [68].

T8: Prophet

Biblioteca de código aberto para prever dados de série temporal com base num modelo aditivo em que as tendências não lineares são ajustadas com sazonalidade anual, semanal e diária, além de efeitos de feriados. O Prophet é robusto para dados ausentes e normalmente lida bem com *outliers*. Foi lançado pela equipa *Core Data Science* do Facebook [69].

T9: Metabase

O Metabase é uma ferramenta de *business intelligence* de código aberto que permite criar gráficos e painéis usando dados de uma variedade de base de dados e fontes de dados [70].

5 Fases de Desenvolvimento do Projeto

Neste capítulo são descritas todas as etapas de desenvolvimento do projeto desde a seleção e o pré-processamento dos dados até à fase de testes.

5.1 Caracterização dos *Datasets*

No âmbito do projeto POCITYF, foram criados protocolos com algumas empresas parceiras para a disponibilização dos dados das cidades piloto para que o módulo energético fosse desenvolvido utilizando esses dados reais, porém como o projeto tem a duração de 60 meses e ainda se encontra no início não houve esse fornecimento de dados e, dessa forma, tiveram que ser pesquisados alguns dados reais (preferencialmente para as cidades piloto Évora e Alkmaar) que contivessem dados interessantes para o cálculo de alguns KPIs já apresentados.

Assim sendo, para a implementação do projeto foram selecionados três conjuntos de dados de modo a ser possível efetuar o cálculo desses diferentes indicadores de performance energéticos e perceber as variações dos dados.

Um dos conjuntos de dados reais está disponibilizado no Kaggle [71], que contém os dados do consumo de eletricidade e de gás na Holanda, de 2010 a 2019 e são divulgados pelas empresas que administram as áreas que lhes está a cargo, sendo elas a Enexis, a Liander e a Stedin visto que são os três maiores administradores de rede dos Países Baixos e, em conjunto, fornecem energia a quase todo o país.

Os dados estão disponíveis em formato CSV e existem alguns ficheiros de cada empresa que disponibilizam os dados de eletricidade e gás de cada ano.

Este conjunto de dados é composto inicialmente pelas seguintes *features*:

- *net_manager*: código do gestor regional da rede;
- *purchase_area*: código da área onde a energia é comprada;
- *street*: Nome da rua;
- *zipcode_from* e *zipcode_to*: colunas para a gama de códigos postais abrangidos, 4 números e 2 letras;
- *city*: Nome da cidade;
- *num_connections*: número de ligações na gama de códigos postais;
- *delivery_perc*: percentagem do consumo líquido de eletricidade ou gás. Quanto mais baixo, mais energia foi devolvida à rede;
- *perc_of_active_connections*: percentagem de ligações ativas na gama de códigos postais;
- *type_of_connection*: principal tipo de ligação na gama de códigos postais. Para eletricidade é fusível ou ampere. Para o gás é G4, G6, G10, G16 ou G25;
- *type_conn_perc*: percentagem do principal tipo de ligação na gama de códigos postais;
- *annual_consume*: consumo anual de eletricidade, em kWh e de gás, em m³;
- *anual_consume_lowtarif_perc*: percentagem de consumo durante as horas de tarifas baixas. Das 22h às 7h e durante os fins-de-semana;

- *smartmeter_perc*: percentagem de medidores inteligentes nas gamas de códigos postais.

Outro dos *datasets* utilizados está disponibilizado no site da Direção-Geral de Geologia e Energia [72] e contém os dados do consumo de energia elétrica por tipo e por distrito/município em Portugal, desde 1997 a 2018 estando cada ano num ficheiro Excel. Estes dados foram utilizados essencialmente para a cidade de Évora visto ser uma das principais cidades do projeto POCITYF e tem como atributos o consumo de energia elétrica no setor residencial, industrial, na agricultura, nos edifícios públicos, na iluminação da via pública e ainda o consumo de energia elétrica total, em kWh.

Por fim, foi ainda selecionado um outro *dataset* para conseguir efetuar o cálculo dos KPIs correspondentes às interrupções elétricas. Este conjunto de dados foi retirado do site da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) [73] que contém os dados por zonas de qualidade de serviço sendo que a Zona A são as capitais de distrito e localidades com mais de 25000 clientes, a Zona B correspondem às localidades com número de clientes entre 2500 e 25000 clientes e a Zona C indica os restantes locais. Estes dados descrevem o número de interrupções acidentais, o número de interrupções longas, não abrangendo as interrupções devidas a eventos excecionais e ainda a duração destas interrupções.

5.2 Pré-processamento dos dados

O pré-processamento dos dados é um conjunto de atividades que envolvem preparação, organização e estruturação dos dados. Essa etapa é de grande importância, pois será determinante para a qualidade final dos dados que serão analisados. Ela pode, inclusive, impactar no modelo de previsão, gerado a partir desses dados [74]. Esta manipulação e formatação dos dados foi feita com o Python usando o Pandas [75] que é uma biblioteca para a análise de dados e manipulação da estrutura dos dados, usada para limpar, formatar e normalizar os dados.

Tendo em conta o mapeamento entre *features* e KPIs foram consideradas as *features* relevantes para o cálculo dos indicadores apresentados no subcapítulo 5.6.

Neste caso, foram extraídos os dados apenas de eletricidade das três empresas mencionadas acima e foram agrupados com os dados dos outros dois *datasets* para que ficasse tudo centralizado num único ficheiro CSV com cerca de 368 instâncias.

Como o *dataset* final deve estar de acordo com o modelo de dados formal definido pela Ubiwhere [76] teve que se adicionar alguns atributos que eram obrigatórios nesse modelo tais como o *type*, *location* e *dateObserved*.

Foram também alterados os nomes de determinados atributos para ficar de acordo com esse modelo utilizado e foram removidos alguns deles deste conjunto de dados que não eram necessários para o cálculo dos KPIs a considerar. Deste modo, o *dataset* final ficou com os seguintes atributos:

- *type*: tipo de propriedade NGSI (*Next Generation Sensors Initiative*) que foi desenvolvido para oferecer melhor suporte a dados vinculados

(relacionamentos de entidades), gráficos de propriedades e semânticas [77]. Tendo em conta o modelo de dados este campo tem o valor por defeito de *ACMeasurement*,

- *location*: era a *feature* “city” mas foi modificado o nome para estar de acordo com o modelo de dados;
- *dateObserved*: data e hora no formato ISO8601 UTC.
- *totalActivePower*: consumo anual em kWh para eletricidade;
- *numConnection*: número de ligações por cidade;
- *population*: população da cidade;
- *residentialActivePower*: consumo anual em kWh para eletricidade no setor residencial;
- *numInterruptionsCustomer*: número de interrupções por ano;
- *durationInterruptionsCustomer*: duração das interrupções.

O modelo de dados da Ubiwhere tem um outro campo obrigatório: o *phaseType* correspondente ao tipo de fase e só pode ter dois valores - *singlePhase* ou *treePhase*, no entanto, como em nenhum dos *datasets* havia informação para preencher esta coluna foi decidido retirar o atributo do *dataset* final visto não acrescentar valor ao conjunto de dados.

Posto isto, de seguida, teve que se lidar com os chamados *missing values* que são os valores ausentes mostrados como NaN (*Not a Number*). Ter *missing values* no *dataset* poderá ser um problema pois podem influenciar nas conclusões sobre os dados. Isto porque os *missing values* são omitidos nas estatísticas e são ignorados em certas operações. Além disso, os valores ausentes reduzem o poder estatístico, podem enviesar a estimativa dos parâmetros, reduzir a representatividade das amostras, distorcer os resultados das análises e ainda gerar conclusões inválidas [78].

Existem várias maneiras de lidar com este tipo de valores e a maneira escolhida foi preencher os dados em falta com a média dos valores do atributo.

Como a ideia era fazer a comparação dos vários atributos foram utilizados os dados da interseção do intervalo de tempo encontrado para que todos os dados correspondessem ao mesmo período temporal. Foram também encontrados dados com unidades diferentes entre si e, dessa forma, a comparação não iria ser fidedigna, portanto todos os dados analisados foram transformados para unidades equiparáveis estando algumas delas definidas também no modelo de dados proposto. Por exemplo todos os consumos energéticos referidos foram transformados para kWh, sendo esta a unidade referida no modelo de dados.

5.3 Análise e Correlação dos dados

Depois de feito o pré-processamento dos dados passou-se para a sua análise e correlações usando cinco das mais famosas bibliotecas dedicadas à análise de dados e à modelagem preditiva tais como [79]:

- NumPy [80] – Esta biblioteca contém todas as funções essenciais de álgebra linear, capacidade de integração com outras ferramentas e funções para manipulação de imagens, sendo principalmente utilizada para cálculos de *arrays*;
- Pandas [75] – Muito utilizada para a fase de realização da preparação e operação dos dados em alta performance. Esta biblioteca trabalha com duas estruturas principais: séries e *dataframes*. As séries dizem respeito a um *array* unidimensional ou uma simples lista, enquanto os *dataframes* trabalham com estrutura bidimensional de dados;
- Scikit Learn [81] – Esta biblioteca é mais focada na utilização de *Machine Learning*, sendo desenvolvida a partir das bibliotecas NumPy, SciPy e Matplotlib, contendo uma enorme variedade de algoritmos eficientes para esse segmento da inteligência artificial e modelagem estatística;
- Matplotlib [82] – Esta por sua vez é amplamente utilizada para visualização de dados. Ela gera gráficos de duas dimensões, sendo o eixo x e y, desde histogramas a gráficos de calor, etc.
- Seaborn [83] – Esta biblioteca funciona por cima do Matplotlib melhorando a aparência dos gráficos.

Foi utilizado o módulo statistics [84] que fornece funções para o cálculo de estatísticas matemáticas de dados numéricos como a média aritmética dos dados, a mediana, a moda, entre outros.

Depois passou-se à análise do consumo anual de eletricidade nos 10 maiores municípios holandeses por cada ano – Amsterdão, Roterdão, Gravenhage, Utrecht, Eindhoven, Tilburg, Almere, Groningen, Breda e Nijmegen. E analisou-se também para Alkmaar visto ser uma das cidades piloto do projeto POCITYF, como já foi mencionado no presente documento [71].

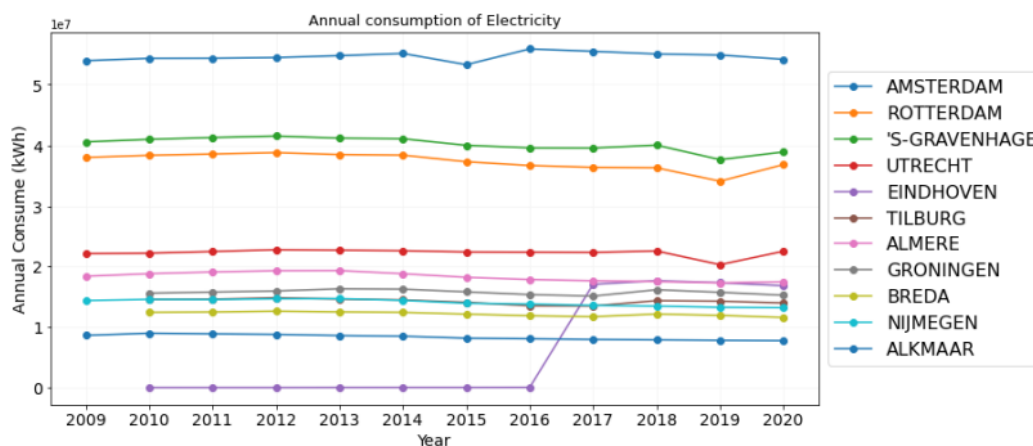


Figura 24. Consumo anual de eletricidade na Holanda

Como é possível verificar através da Figura 24, praticamente todas as cidades se mantiveram lineares a nível de consumo elétrico, exceto Amsterdão em 2015 e Utrecht, Gravenhage e Roterdão em 2019 onde se notou uma maior redução desse consumo. E houve também um aumento bastante significativo e notório de 2016 para 2017 em Eindhoven.

Para tentar perceber o porquê deste aumento proeminente analisou-se o número de ligações nesta cidade através do gráfico da Figura 25.

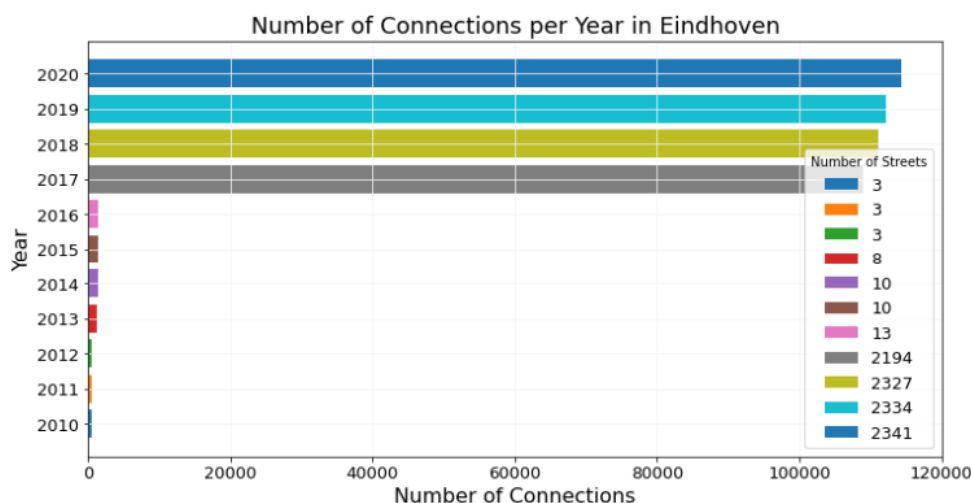


Figura 25. Número de conexões por ano em Eindhoven

Observando a Figura 25, é notório que uma das causas aparentes para o aumento de consumo em Eindhoven é o crescimento das ligações na cidade, isto é, ao mesmo tempo que o número de ligações em Eindhoven aumentou ao longo dos anos aumentou também o seu consumo anual.

De seguida, foram analisados os coeficientes de correlação de Pearson, Spearman e Kendall entre o consumo energético nas diferentes localidades do *dataset* final e algumas variáveis que podem ter impacto nesse consumo tais como a população, intensidade turística, amplitude térmica, consumo energético nos diversos setores (residencial, industrial, serviços, agricultura e transportes, entre outros). O coeficiente de correlação permite medir o grau pelo qual as variáveis tendem a mudar em conjunto sendo que coeficiente descreve a força e a direção da relação.

5.3.1 Correlação de Pearson

Começou-se pelo cálculo do coeficiente de correlação mais popular que é o coeficiente de correlação de Pearson (r) ou o coeficiente de correlação produto-momento que mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional que reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados.

O coeficiente de correlação de Pearson é calculado através da seguinte fórmula (Fórmula 1) [85]:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad (1)$$

Onde,

x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n – Valores medidos de ambas as variáveis;

\bar{x} e \bar{y} – Médias aritméticas de ambas as variáveis.

Este coeficiente r assume apenas valores entre -1 e 1 e é avaliado consoante a tabela que se segue.

Tabela 9. Interpretação do valor r

| $r (\pm)$ | Interpretação |
|-------------|------------------------|
| 0 a 0.19 | Correlação muito fraca |
| 0.20 a 0.39 | Correlação fraca |
| 0.40 a 0.69 | Correlação moderada |
| 0.70 a 0.89 | Correlação forte |
| 0.90 a 1 | Correlação muito forte |

Quando $r > 0$ significa, geralmente, que à medida que x cresce, o y também cresce. Quando $r < 0$ indica que, normalmente, quando x cresce o y decresce. É importante perceber que uma variável ter correlação com a outra não implica uma relação de causa e efeito entre as variáveis.

5.3.2 Correlação de Spearman

Denominado pela letra grega rho (ρ), o coeficiente de correlação de postos de Spearman é uma medida de correlação não paramétrica. Ao contrário do coeficiente de Pearson, o coeficiente de Spearman [86] não exige a suposição de que a relação entre as variáveis seja linear, nem requer que as mesmas sejam quantitativas – pode inclusive ser utilizado para verificar a relação entre variáveis medidas a nível ordinal.

Esta correlação avalia a relação monótona entre duas variáveis contínuas ou ordinais. Numa relação monótona, as variáveis tendem a mudar juntas, mas não necessariamente a uma taxa constante. O coeficiente de correlação de Spearman baseia-se nos valores classificados de cada variável, em vez de os dados brutos.

Usa, em vez do valor observado, apenas a ordem das observações. Deste modo, este coeficiente não é sensível a assimetrias na distribuição, nem à presença de *outliers*, não exigindo, portanto, que os dados provenham de duas populações normais. Aplica-se igualmente em variáveis intervalares como alternativa ao r de Pearson, quando neste último se viola a normalidade. No caso em que os dados não formam uma nuvem “bem-comportada”, com alguns pontos muito afastados dos restantes, ou em que parece existir uma relação crescente ou decrescente em formato de curva, o coeficiente ρ de Spearman é mais apropriado e pode ser calculado através da fórmula que se segue (2) [86].

$$p = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (2)$$

Onde,

n – Número de pares (x_i, y_i) ,

d_i – diferença de alcance do elemento n .

O coeficiente ρ de Spearman varia também entre -1 e 1. Quanto mais próximo estiver destes extremos, maior será a associação entre as variáveis. O sinal negativo da correlação significa que as variáveis variam em sentido contrário, isto é, as categorias mais elevadas de uma variável estão associadas a categorias mais baixas da outra variável. Se o valor de ρ se aproxima de 0, a associação entre os dois intervalos é mais fraca.

5.3.3 Correlação de Kendall

O coeficiente de concordância de Kendall (τ) é usado para avaliar a associação entre avaliadores quando as classificações forem ordinais no caso de ter três ou mais níveis de classificação. Por exemplo, o coeficiente de Kendall é responsável pelo fato de que as consequências de classificar incorretamente um item perfeito (classificação = 5) como ruim (classificação = 1) são mais graves do que classificar incorretamente o item como muito bom (classificação = 4) [87].

Existem duas eventuais vantagens deste coeficiente sobre o anterior: se as amostras tiverem dimensão reduzida e valores repetidos, os resultados do teste ao coeficiente são mais precisos no caso presente; por outro lado, o coeficiente τ de Kendall pode ser generalizado para correlações parciais que são correlações medidas entre duas variáveis após remoção do efeito de uma possível terceira variável sobre ambas [87].

O coeficiente de Kendall Tau apresenta propriedades matemáticas que o tornam mais robusto a *outliers*, de maior capacidade de inferência populacional e menor erro de estimativa. Este coeficiente apresenta valores menos proeminentes e a sua interpretação é diferenciada, significando o percentual de pares observados que assumem o mesmo sentido na amostra (concordantes) menos os pares discordantes.

O coeficiente de concordância de Kendall pode variar de 0 a 1. Quanto maior o valor de Kendall, mais forte é a concordância. Ele pode ser calculado através das equações 3 e 4 [87].

$$\tau = \frac{12 \sum_{i=1}^N R_i^2 - 3 k^2 N(N + 1)^2}{k^2 N(N^2 - 1) - k \sum_{j=1}^k T_j} \quad (3)$$

Onde,

N – Número de indivíduos,

$\sum R_i^2$ – A soma dos quadrados dos totalizados das classificações para cada um dos N indivíduos classificados,

K – Número de avaliadores,

T_j – atribui a média à observação empatada,

$$T_j = \sum_{i=1}^{g_j} (t_i^3 - t_i) \quad (4)$$

t_i - Número de classificações empatadas no i -ésimo agrupamento de empates,

g_j - número de grupos de empates do j -ésimo conjunto de classificações.

5.3.4 Conclusões acerca de algumas correlações

Após a aplicação das três fórmulas anteriores apresentadas de modo a perceber que variáveis correlacionam com o consumo energético em Évora e Portugal foram tiradas algumas conclusões.

Foram efetuadas as correlações entre o consumo de eletricidade nos diversos setores (industrial, serviços, transportes, agricultura e pescas e doméstico) e o consumo total em Portugal e verificou-se que o setor com maior correlação de Pearson e Spearman é o setor doméstico, com o valor de 0,975 e 0,940 respetivamente, sendo os dois valores bastante próximos de 1, o que indica que a relação entre ambas variáveis é muito forte e à medida que uma aumenta, a outra também aumenta e vice-versa.

Para tentar perceber se a amplitude térmica poderia ter influência no gasto de energia, foi efetuada a correlação entre estas duas variáveis nas quatro estações do ano e as estações que obtiveram uma maior correlação foram: o verão (junho, julho e agosto), tendo obtido o valor de 0,909, seguindo-se com um valor também muito alto de -0,830 que corresponde aos meses de inverno (dezembro, janeiro e fevereiro). Estas duas estações obtiveram também o valor mais alto no cálculo da correlação de Spearman e de Kendall. As altas/baixas temperaturas em Portugal levam a população a recorrer às mais diversas formas de mascarar o desconforto térmico, através do uso de aparelhos que minimizem esses efeitos, como é o caso dos ares condicionados, mas que aumentam o consumo energético.

Quanto ao desemprego, em Évora, diminuiu drasticamente de 2013 para 2017, sendo que em 2013 cerca de 83% da população estava desempregada e em 2017 esse número diminuiu para 47% da população de Évora. Em Portugal também foi notório que o desemprego decresceu a pique, sendo este decréscimo de quase 50% entre 2013 e 2017. Estes valores iniciais tão altos devem-se também à crise financeira vivida em Portugal entre 2010 e 2014. Assim sendo, é verificável que as correlações de Pearson (-0,971 para Évora e -0,942 para Portugal) e Spearman (-0,928 para Évora e -0,943 para Portugal) com o desemprego são muito fortes e negativas bem como o resultado da correlação de Kendall que é bastante elevado de 0,828 para Évora e 0,867 para Portugal. Estes valores advêm de que o desemprego pode influenciar a capacidade financeira das famílias para investir em medidas ou equipamentos relacionados com a eficiência energética. Um maior rendimento permite que as famílias tenham maior capacidade de investir em produtos e melhorias que aumentem a sua eficiência energética, através, por exemplo, da compra de eletrodomésticos mais recentes e mais eficientes.

Analisando a intensidade turística tanto em Évora (0,969) como em Portugal (0,945) existe também uma correlação de Pearson muito forte com o consumo energético,

mas desta vez positiva, assim como a correlação de Spearman e de Kendall é também muito elevada. O esgotamento dos recursos naturais ocasionado pelo alto consumo de energia de fontes não renováveis está entre os impactos negativos do turismo e daí ser importante o consumo racional de energia neste setor, utilizando os requisitos de eficiência energética.

As correlações entre os fatores de mobilidade elétrica com o consumo energético em Portugal foram significativamente baixas talvez pelo facto de que os dados utilizados são no máximo de 2018 e, nesse ano, ainda não havia um grande número de carros elétricos em Portugal.

Todos estes resultados e ainda outros também calculados encontram-se no Anexo B deste documento. Algumas das matrizes de correlação realizadas também se encontram na secção dos anexos no Anexo C.

5.4 Demonstração e aplicação das ferramentas utilizadas

Nesta secção serão abordados alguns conceitos e ferramentas e a forma como estes foram aplicados na implementação do projeto.

5.4.1 Django e Django Rest Framework

Para a utilização do Django e do DRF (Django Rest Framework) é necessário proceder às suas instalações bem como colocar a classe de configuração DRF no ficheiro `settings.py` de modo a ficar disponível para todo o projeto.

5.4.1.1 Modelos e *Serializers*

Um modelo é uma fonte de informações que contém os campos e comportamentos essenciais dos dados que se está a armazenar. Geralmente, cada modelo é mapeado para uma única tabela da base de dados [88].

Cada modelo é uma classe Python com subclasses `django.db.models.Model` e cada atributo do modelo representa um campo da base de dados.

Foram criados três modelos principais no projeto, sendo que um deles é o modelo *Electricity* que contém os dados do *dataset* final, anteriormente apresentados na secção 5.2.

Os restantes modelos e respetivos campos serão apresentados de seguida.

Modelo *Indicators*:

- *electricity* – identificador da eletricidade correspondente ao ID do modelo *Electricity*;
- *value_result* – valor do resultado que advém do cálculo do KPI;
- *iso - International Organization for Standardization*;
- *indicator_number* – número do KPI que se quer calcular;

Modelo *Forecast*:

- *forecast_date* – Data da previsão a determinar;

- *forecast_value* - Valor previsto calculado utilizando a biblioteca *prophet* [69];
- *lower_limit* - Limite inferior do valor esperado;
- *upper_limit* - Limite superior do valor esperado;
- *city* – Cidade para o qual estão a ser previstos os dados.

Para disponibilizar os objetos por meio de uma API, foi necessário realizar *serializers* que permitem que os dados complexos, tais como *querysets* e instâncias do modelo sejam convertidos para tipos de dados nativos Python. O formato padrão utilizado foi JSON, embora o *Django Rest Framework* permita a serialização para XML ou YAML e oferece uma classe conveniente para criar serializadores para modelos Django facilmente, sendo preciso fornecer algumas informações como o modelo que será utilizado no serializador e os campos aos quais é desejado dar acesso [89].

A classe *Serializer* fornece uma maneira de controlar a saída das suas respostas e a classe *ModelSerializer* fornece um atalho útil para a criação de serializadores que lidam com instâncias de modelo e *querysets*. Na figura que se segue (Figura 26) é possível verificar o uso do *serializer* no modelo *Indicators*.

```
class IndicatorsSerializer(serializers.ModelSerializer):
    electricity = ElectricitySerializer(many=False, read_only=True)
    value_result = serializers.FloatField()
    iso = serializers.IntegerField()
    indicator_number = serializers.FloatField()

    class Meta:
        model = Indicators
        fields = ('id', 'electricity', 'value_result',
                 'iso', 'indicator_number')
```

Figura 26. *Serializer* do modelo *Indicators*

5.4.1.2 APIView

Quando estamos a construir APIs, queremos que os modelos forneçam quatro tipos básicos de funcionalidade. O modelo deve ser capaz de criar, ler, atualizar e excluir recursos, sendo estas quatro funções designadas pela sigla CRUD. O REST usa os tipos de solicitação do protocolo HTTP (GET, POST, PUT e DELETE) para permitir que os utilizadores executem essas funcionalidades por meio de uma API.

Para executar o CRUD API, foram utilizadas no projeto algumas classes genéricas fornecidas pelo *Django Rest Framework* tais como:

- *ListAPIView (GET)* – listagem de valores;
- *CreateAPIView (POST)* - adição de valores na base de dados;
- *UpdateAPIView (PUT)* - atualização de valores da base de dados;
- *DestroyAPIView (DELETE)* - remoção de valores da base de dados;

Na Figura 27 encontra-se um trecho do código do projeto para a adição de valores energéticos na tabela *Electricity*, utilizando a classe *CreateAPIView*.

```
class ElectricityCreateApi(CreateAPIView):  
    queryset = Electricity.objects.all()  
    serializer_class = ElectricitySerializer
```

Figura 27. Utilização da classe CreateAPIView

5.4.1.3 Paginação e Filtros

O Django fornece algumas classes que ajudam a gerir dados que são divididos em várias páginas, com links “Anterior/Próximo” [90]. O estilo de paginação pode ser definido globalmente nas configurações do projeto, como mostrado na Figura 28.

```
'DEFAULT_PAGINATION_CLASS': 'rest_framework.pagination.LimitOffsetPagination',  
'PAGE_SIZE': 20
```

Figura 28. Definição do estilo de paginação do projeto

Relativamente aos filtros [91], foram usados dois tipos de filtros no projeto: o *SearchFilter* e o *OrderingFilter*. O *SearchFilter* é uma classe que suporta uma pesquisa simples baseada num parâmetro de consulta único. O atributo *search_fields* deve conter uma lista de campos textuais que permite que o utilizador filtre os itens da lista fazendo consultas como por exemplo <http://localhost:8080/api/electricity?search=Alkmaar>, para pesquisar pela palavra “Alkmaar” na listagem.

O *OrderingFilter* é uma classe que oferece suporte à ordenação de resultados controlada pelo parâmetro de uma consulta simples. Um exemplo de URL para ordenar os dados da eletricidade por ID será: <http://localhost:8080/api/electricity?ordering=id>.

5.4.1.4 Autenticação e Permissões

É necessário criar um utilizador para aceder ao site de administração, executando o comando *python manage.py createsuperuser* e preenchendo o *username*, *email* e *password* respetivos.

Para ter acesso a todos os *endpoints* da API, é necessário estar autenticado na plataforma, caso contrário, apenas terá acesso à listagem dos dados da eletricidade, indicadores e previsões futuras, sem ter permissões para criar, atualizar ou remover qualquer tipo de objeto. Foram utilizados os mecanismos do Django Rest Framework para esta gestão de utilizadores.

5.4.2 Docker

Para ter o projeto integrado com o Docker foi necessário criar alguns ficheiros e proceder a algumas instalações.

Um dos ficheiros criados foi o Dockerfile que permite construir a imagem Docker e contém todas as dependências, organizadas por camadas, que a aplicação requer. Outro dos ficheiros fundamentais no Docker é o *docker-compose.yml* que é executado para iniciar a aplicação e os respetivos serviços nele definidos. No projeto foi criado

este ficheiro, observado uma parte do mesmo na Figura 29, que funciona como um *workflow* automatizado dos vários containers e contém seis serviços distintos: um para o *backend*, outro para o RabbitMQ, outro para o Celery, outro para o Metabase, outro para a base de dados e, por fim, um para o Flask.

```

version: '3'

services:
  backend:
    build:
      context: .
    image: backend-image
    container_name: backend
    hostname: backend
    restart: on-failure
    ports:
      - '8080:8080'
    volumes:
      - ./app
    command: >
      sh -c "wait-for db:5432 && wait-for rabbit:5672 &&
        python manage.py migrate &&
        python manage.py runserver 0.0.0.0:8080"
    stdin_open: true
    tty: true
    depends_on:
      - db
      - rabbit
    networks:
      - shared_network
  rabbit:
    image: rabbitmq:3-management
    container_name: rabbit
    hostname: rabbit
    ports:
      - '5682:5672'
      - '15682:15672'
    networks:
      - shared_network
  celery:
    build: .
    command: celery -A positivenergy worker -B -E -l INFO -Q calculate_indicator,get_electricity_json
    depends_on:
      - backend

```

Figura 29. Ficheiro *docker-compose.yml*

5.4.3 RabbitMQ, Celery e Flask

Como falado no capítulo 4, foi utilizado o RabbitMQ como um *Message Broker*, o Celery como um *software* de fila de tarefas e ainda o Flask para criar aplicações *web*. O servidor Flask produz a tarefa *get_electricity* (tarefa que obtém os dados de eletricidade, no formato JSON) para o RabbitMQ que a envia para o consumidor - trabalhador do Celery - para executar essa mesma tarefa e, por fim, são guardados na tabela *Electricity* na base de dados.

5.4.4 Tarefas Periódicas

As tarefas do projeto em vez de serem executadas manualmente, foram agendadas através do *celerybeat-schedule* que define os intervalos em que as tarefas periódicas são executadas. Estes agendamentos usam o fuso horário UTC por padrão, mas é possível alterá-lo usando a *timezone* nas definições do projeto [92]. Depois das configurações necessárias para agendar as tarefas como a identificação da tarefa, de

quanto em quanto tempo se quer que seja executada, argumentos, opções, etc. é necessário iniciar o serviço *celery-beat* que foi feito através do Docker.

5.5 Conexão com o PostgreSQL

O sistema recorre a uma base de dados relacional PostgreSQL que contém as diferentes tabelas e respetivos campos já apresentados anteriormente.

Por padrão, o Django é configurado para usar o SQLite, no entanto, como foi escolhida a utilização do PostgreSQL, as configurações do projeto tiveram que ser atualizadas da seguinte forma.

```
DATABASES = {
    'default': {
        'ENGINE': 'django.db.backends.postgresql',
        'NAME': '<database_name>',
        'USER': '<database_username>',
        'PASSWORD': '<password>',
        'HOST': '<database_hostname_or_ip>',
        'PORT': '<database_port>',
    }
}
```

Sempre que se faz mudanças nos modelos do projeto é necessário executar os seguintes comandos para que essas mudanças sejam guardadas:

```
python manage.py makemigrations
```

```
python manage.py migrate
```

Assim sendo, os modelos são verificados e comparados com as versões atualmente contidas nos ficheiros de migração e um novo conjunto de migrações será gravado.

5.6 API de Indicadores

Uma das grandes dificuldades foi a obtenção de dados reais pertinentes para o cálculo de KPIs visto que, para certas cidades havia muitas das vezes dados interessantes, mas não os suficientes para efetuar um cálculo completo. Posto isto e tendo em conta essa dificuldade, a API REST desenvolvida calcula cinco indicadores de performance energética distintos e está preparada para interligar serviços externos para a obtenção de dados energéticos bem como a inserção desses dados pelo próprio utilizador.

De seguida são identificados os KPIs que foram calculados e a forma como esse cálculo foi efetuado [27].

- Uso total de energia elétrica residencial *per capita* (kWh/ano)

Para o cálculo deste indicador utilizou-se a fórmula 5:

$$\frac{\text{Total de utilização de uma cidade (kWh)}}{\text{População total da cidade}} \quad (5)$$

- Percentagem da população da cidade com serviço elétrico autorizado

Para o cálculo deste indicador utilizou-se a fórmula 6:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ pessoas na cidade com ligação ao sistema de abastecimento elétrico}}{\text{População total da cidade}} \times 100 \quad (6)$$

O número de residências da cidade legalmente ligadas à rede de eletricidade será multiplicado pelo tamanho médio atual do agregado familiar para determinar o número dos residentes da cidade com ligação legal ao sistema de fornecimento de eletricidade.

- Uso total de energia elétrica *per capita* (kWh/ano)

Para o cálculo deste indicador utilizou-se a fórmula 7:

$$\frac{\text{Total de energia elétrica utilizada na cidade (kWh)}}{\text{População total da cidade}} \quad (7)$$

- Número médio de interrupções elétricas por cliente por ano

Para o cálculo deste indicador utilizou-se a fórmula 8:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ total de interrupções do cliente}}{\text{N}^\circ \text{ total de clientes atendidos}} \quad (8)$$

As interrupções elétricas devem incluir residenciais e não residenciais e estas acontecem por uma série de razões, incluindo a manutenção programada e avaria de equipamentos. As grandes tempestades e eventos meteorológicos são excluídos deste cálculo devido à sua imprevisibilidade e aleatoriedade, uma vez que são difíceis de prever, prevenir ou mitigar e, desse modo, este indicador é afetado pela idade, padrão de manutenção e fiabilidade da infraestrutura que constitui a rede elétrica e da capacidade de transmissão de eletricidade que serve a rede.

- Duração média das interrupções elétricas (em horas)

Para o cálculo deste indicador utilizou-se a fórmula 9:

$$\frac{\sum \text{da duração das interrupções do cliente, em horas}}{\text{N}^\circ \text{ total de interrupções do cliente}} \quad (9)$$

5.7 Microserviço de previsão dos dados

Foi ainda realizado um microserviço que calcula a previsão do consumo energético de Évora nos próximos 5 anos e foi posteriormente integrado no projeto principal através da chamada de um *endpoint* criado, onde são guardados os dados recebidos do microserviço na base de dados do projeto.

A previsão foi calculada usando a biblioteca *prophet*. A entrada para o *prophet* é sempre um *dataframe* com duas colunas: *ds* que corresponde à data de previsão e deve ter um formato esperado pelos Pandas, idealmente AAAA-MM-DD para uma data e a coluna *y* deve ser numérica e representa a medida que desejamos prever [69].

Assim sendo, foram colocados os dados do consumo de eletricidade de Évora de 1994 a 2018 num ficheiro CSV.

Depois de utilizadas algumas funções do *prophet* como o *make_future_dataframe* para se obter um *dataframe* com a previsão futura e o *predict* para se obter um novo *dataframe* que inclui a data de previsão, a variável *yhat* com o valor previsto, o *yhat_lower* com o limite inferior do valor previsto e o *yhat_upper* com o limite superior do valor previsto que nos dão a incerteza da previsão, foi criado então um gráfico em que os dados de treino são representados como pontos pretos e a previsão é a linha azul com limites superior e inferior na área sombreada em azul, como é possível verificar na Figura 30.

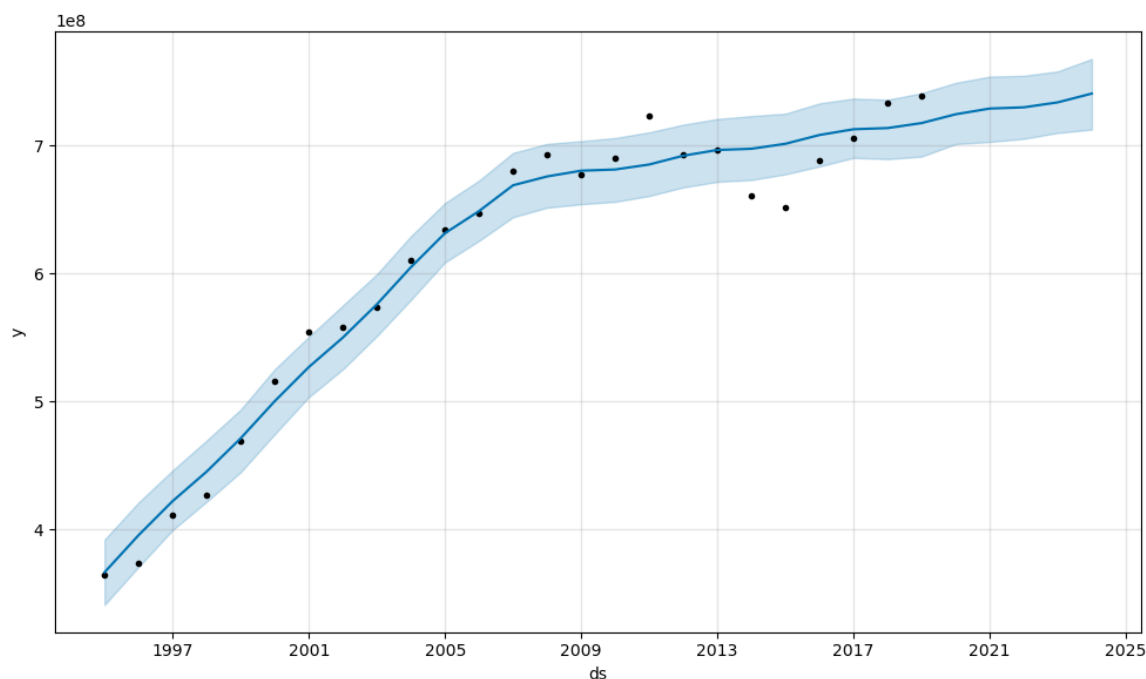


Figura 30. Gráfico que ilustra o *dataframe* de previsão

5.8 Testes

Os testes representam uma etapa de extrema importância no processo de desenvolvimento de *software*, pois têm como objetivo validar se a aplicação está a funcionar corretamente e se atende aos requisitos especificados [93].

Os testes realizados foram testes unitários que consistem em verificar o comportamento das menores unidades do *software*. Neste sistema, as unidades testadas são as diferentes componentes do módulo energético identificadas na secção 4.2 Proposta de Arquitetura sendo elas a gestão de utilizadores e autenticação, o sistema de gestão de energia e os fluxos de criação e ingestão de dados.

Assim sendo, na tabela que se segue, Tabela 10, encontra-se um resumo dos testes unitários efetuados.

Tabela 10. Testes unitários realizados

| Teste | Descrição |
|-------|--|
| #1 | A criação de utilizadores com todos os campos fornecidos deve ser aceite. |
| #2 | A criação de utilizadores com os campos obrigatórios fornecidos deve ser aceite. |
| #3 | A criação de utilizadores sem os campos obrigatórios fornecidos deve ser rejeitada. |
| #4 | A atualização de um perfil de utilizador com novos atributos deve ser aceite. |
| #5 | A eliminação de um utilizador deve apagar a sua informação do sistema. |
| #6 | A autenticação no sistema de um utilizador registado deve ser aceite. |
| #7 | A autenticação no sistema de um utilizador não registado deve ser rejeitada. |
| #8 | Criação de uma nova entrada de eletricidade com todos os campos fornecidos deve ser aceite. |
| #9 | Criação de uma nova entrada de eletricidade com todos os campos obrigatórios fornecidos deve ser aceite. |
| #10 | Criação de uma nova entrada de eletricidade sem os campos obrigatórios fornecidos deve ser rejeitada. |
| #11 | Procurar uma entrada de eletricidade que existe deve devolver a sua informação. |
| #12 | Procurar uma entrada de eletricidade que não existe deve devolver um resultado vazio. |
| #13 | A atualização de uma entrada de eletricidade com novos atributos fornecidos deve ser aceite. |
| #14 | A eliminação de uma entrada de eletricidade deve apagar a sua informação do sistema. |
| #15 | A eliminação de uma entrada de eletricidade que não existe não deve travar ou ocorrer alguma falha no sistema. |
| #16 | Ordenar a listagem de eletricidade por determinado campo deve devolver a listagem devidamente ordenada. |
| #17 | Filtrar a listagem de eletricidade por determinado campo deve devolver a listagem com esse filtro aplicado. |
| #18 | Criação de um novo indicador com todos os campos fornecidos deve ser aceite. |

Positive Energy Assessment in Smart Cities

| | |
|-----|--|
| #19 | Criação de um novo indicador com todos os campos obrigatórios fornecidos deve ser aceite. |
| #20 | Criação de um novo indicador sem os campos obrigatórios fornecidos deve ser rejeitada. |
| #21 | Procurar um novo indicador que existe deve devolver a sua informação. |
| #22 | Procurar um indicador que não existe deve devolver um resultado vazio. |
| #23 | A atualização de um indicador com novos atributos fornecidos deve ser aceite. |
| #24 | A eliminação de um indicador deve apagar a sua informação do sistema. |
| #25 | A eliminação de um indicador que não existe não deve travar ou ocorrer alguma falha no sistema. |
| #26 | Ordenar a listagem de indicadores por determinado campo deve devolver a listagem devidamente ordenada. |
| #27 | Filtrar a listagem de indicadores por determinado campo deve devolver a listagem com esse filtro aplicado. |
| #28 | Procurar uma previsão que existe deve devolver a sua informação. |
| #29 | Procurar uma previsão que não existe deve devolver um resultado vazio. |
| #30 | Ordenar a listagem de previsões por determinado campo deve devolver a listagem devidamente ordenada. |
| #31 | Filtrar a listagem de previsões por determinado campo deve devolver a listagem com esse filtro aplicado. |
| #32 | As tarefas agendadas devem ser executadas tendo em conta o intervalo de tempo definido. |

Todos os testes realizados e apresentados na Tabela 10 foram executados com sucesso.

6 Produto Final

Para o desenvolvimento do projeto, foi essencial o estudo dos conceitos apresentados no Capítulo 2 do estado da arte. Depois de estudar os conceitos, decidir a metodologia de trabalho e ter uma formação inicial das várias tecnologias a utilizar, o foco do estágio passou a ser a criação de um sistema capaz de consumir dados de outros sistemas onde se unifica tudo num único *software* ou a criação de dados, estando a sua arquitetura definida no Capítulo 4. Num ponto seguinte, passou-se então para a implementação do *software*, descrita no capítulo anterior, ao qual se vai mostrar no presente capítulo esse produto final desenvolvido ao longo do estágio.

Um dos objetivos deste estágio era a integração do módulo desenvolvido com a Plataforma Urbana, no entanto e, apesar de o módulo já se encontrar todo preparado e documentado e de os requisitos terem sido aceites pelo *Product Owner*, não foi possível realizar essa integração visto que a Plataforma Urbana conta com a colaboração de vários parceiros e o POCITYF é um projeto europeu de grandes dimensões e, dessa forma, é necessário haver uma verificação do módulo pela equipa da Plataforma Urbana para sua posterior integração. Assim sendo e, dado que nenhuma aplicação *frontend* ou interface *web* se incluía no âmbito do projeto, foi feita a integração da API do *metabase* [70] para obter *dashboards* dos dados do módulo desenvolvido.

De seguida, nas Figuras 31 e 32 são mostrados alguns desses *dashboards* trabalhados e gerados a partir do *metabase*. Para o utilizador os puder gerar, tem que selecionar as variáveis que quer comparar bem como o tipo de gráfico que pretende. Pode ainda alterar as cores do gráfico, filtrar os dados que quer visualizar, alterar o tamanho dos eixos, entre outras configurações que achar pertinente. Para exemplificar, é possível verificar na Figura 31 o gráfico no canto superior esquerdo que apresenta a contagem de todas as entradas de eletricidade agrupadas por localidade.



Figura 31. Diferentes gráficos gerados para cada tabela

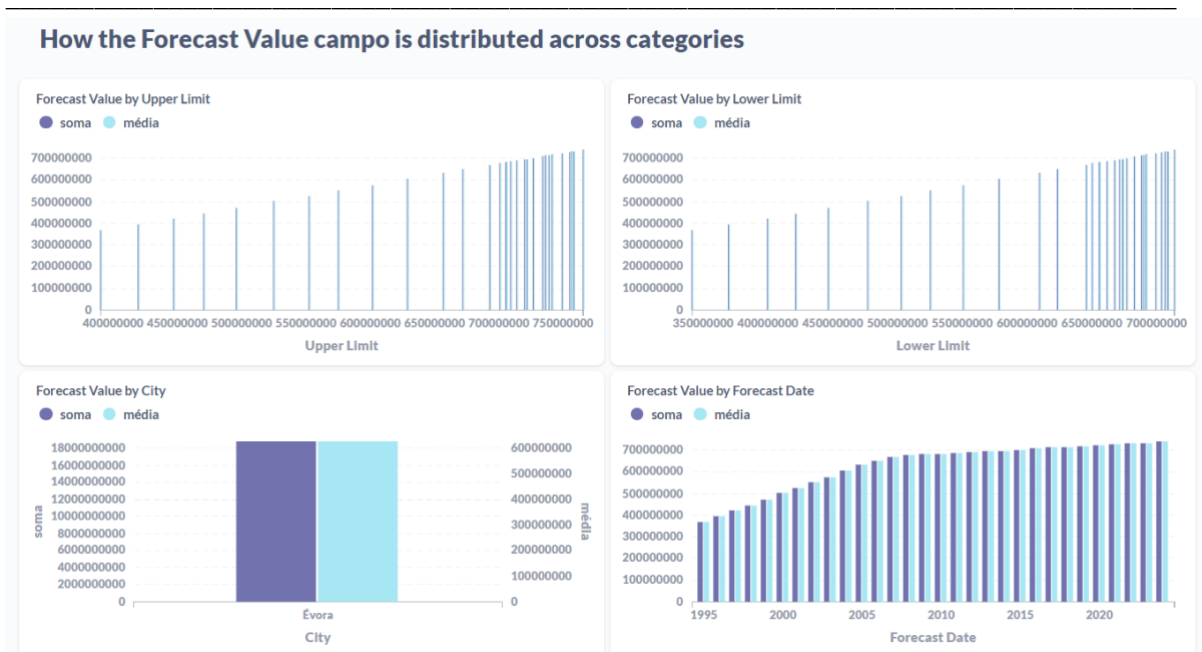


Figura 32. Parte de um dos dashboards do modelo Forecast

Ainda como demonstração do produto final serão apresentadas de seguida algumas imagens da interface de administração fornecida pelo DRF que permite a qualquer pessoa com as credenciais de administração visualizar e alterar os registos do sistema como se pode verificar nas Figuras 33 e 34. São demonstradas também a listagem de dados de eletricidade (Figura 35), a adição de uma nova cidade nos dados de eletricidade ilustrada na Figura 36 e ainda um trecho da documentação da API na Figura 37. A utilização de alguns dos endpoints da API encontram-se no Anexo D.

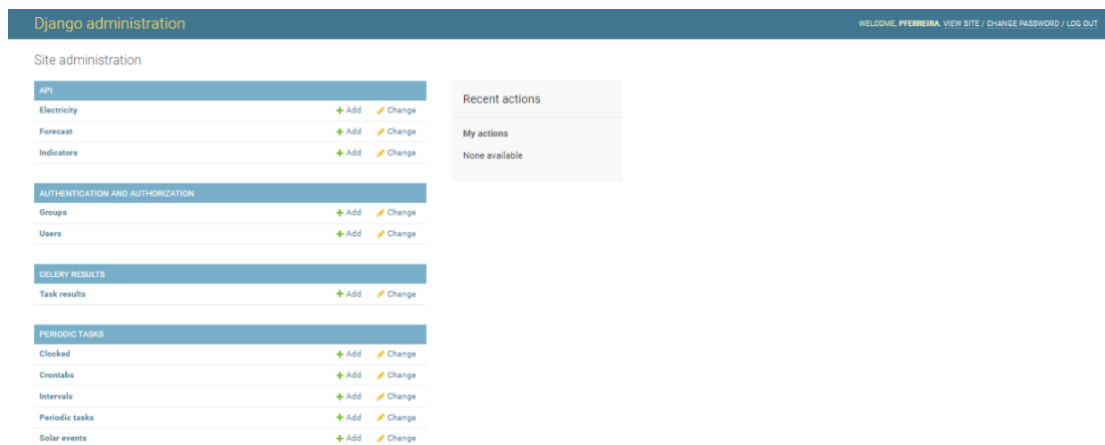


Figura 33. Interface de administração do Django

Django administration

Home / Api / Electricity

Select Electricity to change

ADD ELECTRICITY

Action: 0 of 100 selected

| <input type="checkbox"/> | LOCATION | TOTALACTIVEPOWER | RESIDENTIALACTIVEPOWER | NUMCONNECTIONS | POPULATION | TYPE | DATEOBSERVED | NUMINTERRUPTIONSCUSTOMER | DURATIONINTERRUPTIONSCUSTOMER |
|--------------------------|----------|------------------|------------------------|----------------|------------|-----------|-------------------|--------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | LISBOA | 8698404000 | 2344817000 | null | 519584 | ACMeasure | 2014-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | LISBOA | 8867583000 | 2499208000 | null | 517975 | ACMeasure | 2013-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | LISBOA | 9168953000 | 2621992000 | null | 530847 | ACMeasure | 2012-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | LISBOA | 9726704000 | 2650971000 | null | 567723 | ACMeasure | 2011-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | LISBOA | 10192908000 | 2998948000 | null | 474697 | ACMeasure | 2010-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | LISBOA | 9933347000 | 2927594000 | null | 484723 | ACMeasure | 2009-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2337637000 | 873024000 | null | 440398 | ACMeasure | 2018-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2257629000 | 822859000 | null | 448711 | ACMeasure | 2017-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2228307000 | 849858000 | null | 441929 | ACMeasure | 2016-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2149861000 | 843942000 | null | 441458 | ACMeasure | 2015-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2075800000 | 817038000 | null | 442358 | ACMeasure | 2014-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2064201000 | 792927000 | null | 444390 | ACMeasure | 2013-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2171083000 | 854324000 | null | 446140 | ACMeasure | 2012-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2266691000 | 903925000 | null | 451304 | ACMeasure | 2011-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2340351000 | 947717000 | null | 445824 | ACMeasure | 2010-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | FARO | 2339329000 | 947929000 | null | 440088 | ACMeasure | 2009-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | EVORA | 738742000 | 208399000 | null | 52436 | ACMeasure | 2018-01-01T00:01Z | null | null |
| <input type="checkbox"/> | EVORA | 739088000 | 197602000 | null | 52874 | ACMeasure | 2017-01-01T00:01Z | null | null |

Figura 34. Interface de administração do Django - Listagem de dados de eletricidade

Django REST framework

Electricity List Api

Filters OPTIONS GET

1 2 3 ... 26

```

GET /api/electricity/
HTTP 200 OK
Allow: GET, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "count": 50,
  "next": "http://localhost:8080/api/electricity/?first=20&offset=20",
  "previous": null,
  "results": [
    {
      "id": 6,
      "location": "S-GRAVADINHA",
      "totalactivepower": "8698404000",
      "residentialactivepower": "2344817000",
      "numconnections": "null",
      "population": "519584",
      "type": "ACMeasure",
      "dateobserved": "2014-01-01T00:01Z",
      "numinterruptionscustomer": "null",
      "durationinterruptionscustomer": "null"
    },
    {
      "id": 5,
      "location": "S-GRAVADINHA",
      "totalactivepower": "8867583000",
      "residentialactivepower": "2499208000",
      "numconnections": "null",
      "population": "517975",
      "type": "ACMeasure",
      "dateobserved": "2013-01-01T00:01Z",
      "numinterruptionscustomer": "null",
      "durationinterruptionscustomer": "null"
    }
  ]
}
    
```

Figura 35. Endpoint da listagem de dados da eletricidade

Django REST framework

Electricity List Api / Electricity Create Api

Electricity Create Api

OPTIONS

GET /api/electricity/create

```

HTTP 405 Method Not Allowed
Allow: POST, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "detail": "Method 'GET' not allowed."
}
    
```

Raw data HTML form

Location

Totalactivepower

Residentialactivepower

Numconnections

Population

Type

Dateobserved

Numinterruptionscustomer

Durationinterruptionscustomer

POST

Figura 36. Adição de dados da eletricidade

| electricity | | |
|-------------|--------------------------|---------------------------------|
| GET | /electricity | electricity_list |
| POST | /electricity/create | electricity_create_create |
| DELETE | /electricity/delete/{id} | electricity_delete_delete |
| GET | /electricity/edit/{id} | electricity_edit_read |
| PUT | /electricity/edit/{id} | electricity_edit_update |
| PATCH | /electricity/edit/{id} | electricity_edit_partial_update |
| forecast | | |
| GET | /forecast | forecast_list |
| indicators | | |
| GET | /indicators | indicators_list |
| DELETE | /indicators/delete/{id} | indicators_delete_delete |
| GET | /indicators/edit/{id} | indicators_edit_read |

Figura 37. Documentação da API

7 Conclusões e Trabalho Futuro

O capítulo final deste documento é o culminar do trabalho de investigação e do desenvolvimento do projeto realizado ao longo do estágio e, dessa forma, neste capítulo é feita uma reflexão sobre o trabalho efetuado e algumas considerações finais e, por fim, são apresentadas propostas de trabalho futuro a realizar.

7.1 Conclusões e considerações finais

Este estágio tinha como objetivo principal o desenvolvimento de um módulo de análise de dados que agregue várias situações distintas de modo a ser possível identificar as razões dos padrões de consumo de energia, relativamente a determinados fatores que influenciam esse consumo como fatores meteorológicos, económicos, geográficos, entre outros. Este módulo integra dados de diferentes fontes e foi implementada uma API REST para o cálculo de vários indicadores de performance energética e ambiental, tendo sempre tido em conta os requisitos e a arquitetura propostos. Para além disso, foi implementado um microserviço de *forecast*, onde são previstos dados do consumo energético para Évora nos próximos 5 anos, que foi posteriormente integrado com o projeto base.

Nesse sentido, pode concluir-se que este objetivo foi efetuado com sucesso. O projeto encontra-se concluído, embora sujeito a testes mais amplos, de forma a garantir que todos os aspetos funcionam de acordo com o desejado. Foram executados testes unitários às diferentes funcionalidades do projeto que foram bastante relevantes para garantir a robustez e o bom funcionamento do mesmo e foram também efetuadas validações constantes no decorrer do projeto.

Como é normal, foram sentidas algumas dificuldades ao longo destes meses de estágio principalmente pelo facto de não ter conhecimento em algumas das tecnologias e ferramentas usadas, no entanto, o tempo de estágio destinado à formação inicial destas tecnologias facilitou a sua compreensão bem como a ajuda preciosa dos meus orientadores e também de alguns colaboradores da Ubiwhere. Outra das dificuldades foi em encontrar dados reais de Évora e de Alkmaar que contivessem informações energéticas relevantes para a sua análise e aplicação no projeto. E também ter mudado de orientador a meio do estágio fez com que tivesse que ser averiguado o trabalho realizado com o novo orientador e, numa fase inicial de transição, foi necessária alguma adaptação.

Em termos de balanço final, este estágio revelou-se extremamente positivo quer a nível pessoal, quer a nível profissional. De facto, neste período, o contacto com novas tecnologias, a experiência em desenvolver um projeto tendo este o suporte de um projeto europeu de grande escala, o levantamento de requisitos, a conceção da proposta de arquitetura, o planeamento de todo o projeto e a escrita da dissertação foram algumas das competências ganhas que complementam a formação académica.

O trabalho desenvolvido permitiu interiorizar e desenvolver vários dos conhecimentos adquiridos durante a licenciatura e o mestrado e ganhar prática e experiência, não só a nível do processo de implementação de um *software*, mas também das dificuldades que podem surgir durante a evolução do mesmo.

7.2 Trabalho Futuro

Os objetivos propostos foram praticamente todos cumpridos, à exceção da integração com a Plataforma Urbana como já foi referido anteriormente, no entanto e apesar do módulo energético se encontrar pronto a ser utilizado visto que as funcionalidades base implementadas permitem o seu bom funcionamento, existem ainda outras funcionalidades que poderão ser implementadas, que vão fortalecer o trabalho já desenvolvido.

A integração do módulo de energia com a Plataforma Urbana é um dos objetivos que deve ser realizado como trabalho futuro, como já foi mencionado anteriormente.

Outra das funcionalidades propostas como trabalho futuro é o cálculo de mais KPIs energéticos que possam ser significativos para a plataforma dado que a seleção de um conjunto de KPIs adequados e a análise detalhada dos valores obtidos é um trabalho realmente importante para ser possível conhecer e racionalizar o uso de energia, fazendo assim uma boa gestão energética.

Tal como a adição de novos KPIs, poder-se-ia também tentar arranjar um maior número de informações energéticas das mais variadas cidades, mas principalmente, de Évora e Alkmaar para que a API ficasse ainda mais enriquecida e para que o projeto POCITYF pudesse trabalhar mais afincadamente nestas cidades tendo em conta os dados recebidos.

Outras funcionalidades e melhorias decerto irão aparecer no futuro, uma vez que os mecanismos se encontram em constante alteração, tal como os mercados e as necessidades do utilizador.

Referências Bibliográficas

- [1] “POCITYF: Liderar a evolução inteligente das cidades históricas | edp.com.” <https://www.edp.com/pt-pt/inovacao/pocityf-cidades-inteligentes-e-comunidades> (accessed Jul. 05, 2021).
- [2] S. Kadoshin, T. Nishiyama, and T. Ito, “The trend in current and near future energy consumption from a statistical perspective,” *Applied Energy*, vol. 67, no. 4, pp. 407–417, 2000, doi: 10.1016/S0306-2619(00)00033-7.
- [3] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, and C. Pout, “A review on buildings energy consumption information,” *Energy and Buildings*, vol. 40, no. 3, pp. 394–398, Jan. 2008, doi: 10.1016/j.enbuild.2007.03.007.
- [4] H. Chourabi *et al.*, “Understanding smart cities: An integrative framework,” in *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2012, pp. 2289–2297. doi: 10.1109/HICSS.2012.615.
- [5] Smart cities | European Commission, “Smart cities | European Commission.” https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en (accessed Oct. 26, 2020).
- [6] C. Colldahl, S. Frey, and J. E. Kelemen, “Smart Cities: Strategic Sustainable Development for an,” 2013. Accessed: Oct. 06, 2020. [Online]. Available: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:bth-4802>
- [7] “Construir o Futuro: como as TIC viabilizam cidades plenas de vida | Computerworld.” <https://www.computerworld.com.pt/2020/05/22/construir-o-futuro-como-as-tic-viabilizam-cidades-plenas-de-vida/> (accessed May 19, 2021).
- [8] “FAUP - Smart Cities - Fazer uma Avaliação do Estado da Arte do Conceito e Hierquizar, Com Base Numa Metodologia de Decisão, as Medidas a Implementar no Território de Intervenção da Energia.” https://sigarra.up.pt/faup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=36497 (accessed Jul. 13, 2021).
- [9] “ISO - ISO 37101:2016 - Sustainable development in communities — Management system for sustainable development — Requirements with guidance for use.” <https://www.iso.org/standard/61885.html> (accessed Jul. 10, 2021).
- [10] “ISO - ISO/TR 37150:2014 - Smart community infrastructures — Review of existing activities relevant to metrics.” <https://www.iso.org/standard/62564.html> (accessed Jul. 10, 2021).
- [11] S. community Infrastructures, “ISO/TS 37151:2015 | EUROPEAN INNOVATION PARTNERSHIP,” 2015. https://ec.europa.eu/eip/ageing/standards/city/smart-cities/isots-371512015_en (accessed Nov. 06, 2020).
- [12] “Singapore, Helsinki and Zurich are top of the world’s smart cities.” <https://tomorrow.city/a/singapore-helsinki-and-zurich-are-top-of-the-worlds-smart-cities> (accessed Jul. 09, 2021).
- [13] “Ranking das cidades mais inteligentes do mundo.” <https://wattson.pt/2020/09/22/ranking-das-cidades-mais-inteligentes-do-mundo-coloca-lisboa-no-75o-lugar/> (accessed Jul. 09, 2021).
- [14] S. city– H. B. Hub, “Smart city– Helsinki Business Hub.” <https://www.helsinkibusinesshub.fi/smart-city/> (accessed Oct. 28, 2020).
- [15] S. Helsinki, “Smart Helsinki,” 2019. <https://www.sustaineurope.com/smart-helsinki-20191025.html> (accessed Oct. 28, 2020).
- [16] C. G. Business, “What makes Helsinki such a ‘smart’ city? - CGTN,” 2019. <https://news.cgtn.com/news/2019-11-22/What-makes-Helsinki-such-a-smart-city--LPGwcllOdG/index.html> (accessed Oct. 28, 2020).

- [17] “Vamos fazer da sustentabilidade uma norma para as cidades? - Smart Cities.” <https://smart-cities.pt/opiniao-entrevista/norma-sustentabilidade1211/> (accessed May 19, 2021).
- [18] “Objetivo 11: Cidades e comunidades sustentáveis - Nações Unidas - ONU Portugal.” <https://unric.org/pt/objetivo-11-cidades-e-comunidades-sustentaveis-2/> (accessed May 20, 2021).
- [19] “European Commission.” https://ec.europa.eu/regional_policy/en/policy/what/glossary/e/europe-2020-strategy (accessed Jul. 20, 2021).
- [20] É. Inovcity, “Évora Inovcity | edp.com.” <https://www.edp.com/pt-pt/historias/evora-inovcity> (accessed Oct. 28, 2020).
- [21] S. Cities, “POCITYF transforma Évora numa cidade de ‘energia positiva’ - Smart Cities,” 2019. <https://smart-cities.pt/energia/evora-37pocityf1/> (accessed Oct. 28, 2020).
- [22] “POCITYF: Liderar a evolução inteligente das cidades históricas | edp.com.” <https://www.edp.com/pt-pt/inovacao/pocityf-cidades-inteligentes-e-comunidades> (accessed Jul. 06, 2021).
- [23] “Évora - POCITYF - POCITYF.” <https://pocityf.eu/city/evora/> (accessed Jul. 09, 2021).
- [24] I. Calzada, “Replicating Smart Cities: The City-to-City Learning Programme in the Replicate EC-H2020-SCC Project,” *Smart Cities 2020, Vol. 3, Pages 978-1003*, vol. 3, no. 3, pp. 978–1003, Sep. 2020, doi: 10.3390/SMARTCITIES3030049.
- [25] K. Angelakoglou *et al.*, “A Methodological Framework for the Selection of Key Performance Indicators to Assess Smart City Solutions,” *Smart Cities*, vol. 2, no. 2, pp. 269–306, Jun. 2019, doi: 10.3390/smartcities2020018.
- [26] J. Gonçalo and M. Edpl, “D2.1 EET-centric KPIs definition, with all evaluation metrics and formulas derived 2 Technical references Project Acronym POCITYF Project Title A POSitive Energy CITY Transformation Framework”.
- [27] “ISO - ISO 37120:2014 - Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life,” 2014. <https://www.iso.org/standard/62436.html> (accessed Dec. 09, 2020).
- [28] “ISO - ISO 37122:2019 - Sustainable cities and communities — Indicators for smart cities,” 2019. <https://www.iso.org/standard/69050.html> (accessed Dec. 09, 2020).
- [29] “ISO - ISO 37123:2019 - Sustainable cities and communities — Indicators for resilient cities,” 2019. <https://www.iso.org/standard/70428.html> (accessed Dec. 09, 2020).
- [30] “Homepage - POCITYF - POCITYF,” 2019. <https://pocityf.eu/> (accessed Dec. 09, 2020).
- [31] A. Rita. Agostinho, “• Agostinho (2014). A Gestão de Energia como um fator de sustentabilidade no Turismo. pp. 92-93. - Brainly.com.br,” 2014. <https://brainly.com.br/tarefa/24728397> (accessed Oct. 06, 2020).
- [32] “FONTES DE ENERGIA.” <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia> (accessed Jul. 12, 2021).
- [33] “Energia Nuclear.” <https://www.portal-energia.com/energia-nuclear/> (accessed Jul. 13, 2021).
- [34] C. L. de L. de C. Seabra, “Repositório da Universidade de Lisboa: Previsão de consumos de eletricidade e gás em Portugal: análise, adaptação e evolução,” 2016. <https://repositorio.ul.pt/jspui/handle/10451/27369> (accessed Nov. 16, 2020).
- [35] S. Roudolfovna Chemetova *et al.*, “Previsão de consumo de energia eléctrica nos principais pontos injectores da rede de transporte na rede de distribuição Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Electrotécnica e Computadores,” 2018. Accessed: Nov. 23, 2020. [Online]. Available: <https://run.unl.pt/handle/10362/59915>

-
- [36] O. da E. DGEG, ADENE, “Energia em números,” 2020. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/publicacoes/energia-em-numeros/> (accessed Nov. 11, 2020).
- [37] B. Silva, “Frota totalmente elétrica subiria consumo energético em 14% - DV,” 2019. <https://www.dinheirovivo.pt/empresas/frota-totalmente-eletrica-subiria-consumo-energetico-em-14-12774646.html> (accessed Nov. 12, 2020).
- [38] CEVE, “O que são redes inteligentes?,” 2016. <https://www.ceve.pt/informacoes/redes-inteligentes/o-que-sao-redes-inteligentes> (accessed Nov. 17, 2020).
- [39] “ERSE - Redes inteligentes.” <https://www.erse.pt/atividade/regulamentos-eletricidade/redes-inteligentes/> (accessed Jul. 06, 2021).
- [40] Endesa, “O que são as Smart Grids?,” 2020. <https://www.endesa.pt/particulares/news-endesa/inovacao/o-que-sao-smart-grids> (accessed Nov. 17, 2020).
- [41] “Inovgrid | edp.com.” <https://www.edp.com/pt-pt/inovacao/inovgrid> (accessed Jul. 06, 2021).
- [42] P. Urbana, “Plataforma Urbana | Produtos - Ubiwhere,” 2020. <https://www.ubiwhere.com/pt/produtos/smart-cities/plataforma-urbana> (accessed Oct. 13, 2020).
- [43] “Plataforma Cidades Sustentáveis - Cidades Sustentáveis.” <https://www.cidadessustentaveis.org.br/institucional/pagina/plataforma> (accessed Dec. 02, 2020).
- [44] “Mentatronic | IOT framework ability to capture and process the data coming from the inter-connectivity of things.” <http://www.mentatronic.com/> (accessed Nov. 26, 2020).
- [45] “Solutions - enersis.” <https://www.enersis.ch/solutions-2/?lang=en> (accessed Dec. 02, 2020).
- [46] “Bee2Energy – Solução IoT para Gestão de Eficiência Energética | Compta Emerging Business.” <https://www.ceb-solutions.com/pt-pt/produtos/bee2energy/> (accessed Dec. 02, 2020).
- [47] “Sistemas de Gestão de Iluminação Pública - ECCOS | Soluções Arquiled.” <https://www.arquiled.com/solucoes/sistemas-de-gestao/> (accessed Dec. 02, 2020).
- [48] “Monitoramento de Energia Elétrica inteligente para empresas | CUBi.” <https://www.cubienergia.com/solucoes/monitoramento-de-cargas/> (accessed Dec. 02, 2020).
- [49] E. públicos Eficientes, “Edifícios públicos eficientes,” 2020. <https://www.enelx.com/br/pt/para-empresas/sistema-gestao-eficiente> (accessed Oct. 09, 2020).
- [50] “BambooHR.” <https://www.bamboohr.com/> (accessed Jul. 09, 2021).
- [51] “Clockify - Software de monitoramento de tempo.” <https://clockify.me/> (accessed Jul. 09, 2021).
- [52] “Google Meet.” <https://meet.google.com/> (accessed Jul. 09, 2021).
- [53] “Reuniões Zoom - Zoom.” <https://zoom.us/pt-pt/meetings.html> (accessed Jul. 09, 2021).
- [54] “Slack.” <https://slack.com/intl/pt-pt/> (accessed Jul. 09, 2021).
- [55] “Google Drive.” <https://www.google.com/intl/pt-PT/drive/download/> (accessed Jul. 09, 2021).
- [56] “GitLab.” <https://about.gitlab.com/install/> (accessed Jul. 09, 2021).
- [57] “Visual Studio Code - Code Editing. Redefined.” <https://code.visualstudio.com/> (accessed Jul. 09, 2021).
- [58] “O que é backlog e como refinar seu desenvolvimento.” <https://blog.runrun.it/o-que-e-backlog/> (accessed Jul. 09, 2021).

- [59] “Scrum Master - Saiba tudo sobre este papel dos projetos Scrum.” <http://www.scrumportugal.pt/scrum-master/> (accessed Jul. 20, 2021).
- [60] “Requisitos funcionais e requisitos não funcionais, o que são?” <https://codificar.com.br/requisitos-funcionais-nao-funcionais/> (accessed Jun. 04, 2021).
- [61] “The C4 model for visualising software architecture.” <https://c4model.com/> (accessed Mar. 26, 2021).
- [62] “Guia Completo de Python: Aprenda Python do Básico ao Avançado.” <https://www.devmedia.com.br/guia/python/37024> (accessed Jun. 04, 2021).
- [63] “O que é o Django REST Framework? - Blog da TreinaWeb.” <https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-o-django-rest-framework/> (accessed Feb. 10, 2021).
- [64] “PostgreSQL: o banco de dados de código aberto mais avançado do mundo.” <https://www.postgresql.org/> (accessed Jun. 04, 2021).
- [65] “Empowering App Development for Developers | Docker.” <https://www.docker.com/> (accessed Feb. 10, 2021).
- [66] “RabbitMQ: o que é e como utilizar - Blog da Cedro.” <https://blog.cedrotech.com/rabbitmq-o-que-e-e-como-utilizar/> (accessed Feb. 10, 2021).
- [67] “Celery - Fila de tarefas distribuída - Documentação do Celery 5.1.0.” <https://docs.celeryproject.org/en/stable/> (accessed Jun. 04, 2021).
- [68] “Documentação do Flask (2.0.x).” <https://flask.palletsprojects.com/en/2.0.x/> (accessed Jun. 17, 2021).
- [69] “Prophet | Forecasting at scale.” <https://facebook.github.io/prophet/> (accessed Jul. 05, 2021).
- [70] “Metabase.” <https://www.metabase.com/> (accessed Jul. 05, 2021).
- [71] “Consumo de energia da Holanda | Kaggle.” <https://www.kaggle.com/lucabasa/dutch-energy> (accessed Jun. 02, 2021).
- [72] “DGEg.” <https://www.dgeg.gov.pt/> (accessed Jun. 09, 2021).
- [73] “ERSE.” <https://www.erse.pt/inicio/> (accessed Jun. 09, 2021).
- [74] “Pré-Processamento de Dados.” <https://www.datageeks.com.br/pre-processamento-de-dados/> (accessed Jun. 15, 2021).
- [75] “pandas documentation — pandas 1.3.0 documentation.” <https://pandas.pydata.org/docs/> (accessed Jul. 10, 2021).
- [76] “dataModel.Energy/schema.json at 9b9b153e2bc62d3722bc2f1ade00f91de6cbb1c5 · smart-data-models/dataModel.Energy · GitHub.” <https://github.com/smart-data-models/dataModel.Energy/blob/9b9b153e2bc62d3722bc2f1ade00f91de6cbb1c5/ACMeasurement/schema.json> (accessed Jun. 11, 2021).
- [77] “NGSI.” https://fiware-datamodels.readthedocs.io/en/latest/ngsi-ld_howto/index.html (accessed Jul. 10, 2021).
- [78] “2. Pre-processamento de Dados Done | Kaggle.” <https://www.kaggle.com/furtadobb/2-pre-processamento-de-dados-done> (accessed Jun. 15, 2021).
- [79] “Primeiros passos em Data Science utilizando Python para análise de dados.” <https://medium.com/data-hackers/primeiros-passos-em-data-science-utilizando-python-para-an%C3%A1lise-de-dados-823436432b28> (accessed Jun. 15, 2021).
- [80] “NumPy.” <https://numpy.org/> (accessed Jul. 10, 2021).

- [81] “scikit-learn: aprendizado de máquina em Python - documentação do scikit-learn 0.24.2.” <https://scikit-learn.org/stable/> (accessed Jul. 10, 2021).
- [82] “Matplotlib: plotagem Python - documentação do Matplotlib 3.4.2.” <https://matplotlib.org/> (accessed Jul. 10, 2021).
- [83] “seaborn: visualização de dados estatísticos - documentação.” <https://seaborn.pydata.org/> (accessed Jul. 10, 2021).
- [84] “statistics — Mathematical statistics functions — Python 3.9.6 documentation.” <https://docs.python.org/3/library/statistics.html> (accessed Jul. 10, 2021).
- [85] “Fórmula do coeficiente de correlação de Pearson.” http://medstatweb.med.up.pt/cursop/regressao/imagens/formula_correlacao.html (accessed Jun. 16, 2021).
- [86] “coeficiente de correlação de Spearman.” <https://www.questionpro.com/blog/pt-br/coeficiente-de-correlacao-de-spearman/> (accessed Jul. 13, 2021).
- [87] “Métodos e fórmulas para coeficientes de Kendall para Análise de concordância por atributos”.
- [88] “Models | Django documentation | Django.” <https://docs.djangoproject.com/en/3.2/topics/db/models/> (accessed Jul. 05, 2021).
- [89] “Serializers - Django REST framework.” <https://www.django-rest-framework.org/api-guide/serializers/> (accessed Jul. 05, 2021).
- [90] “Paginação - framework Django REST.” <https://www.django-rest-framework.org/api-guide/pagination/> (accessed Jul. 05, 2021).
- [91] “Filtering - Django REST framework.” <https://www.django-rest-framework.org/api-guide/filtering/> (accessed Jul. 05, 2021).
- [92] “Periodic Tasks — Celery 5.1.2 documentation.” <https://docs.celeryproject.org/en/stable/userguide/periodic-tasks.html> (accessed Jul. 05, 2021).
- [93] “Introduction to Software Testing: Ammann, Paul: 9780521880381: Amazon.com: Books.” <https://www.amazon.com/Introduction-Software-Testing-Paul-Ammann/dp/0521880386> (accessed Jul. 19, 2021).

Anexo A – Proposta de Estágio



ubiwhere

UBIWHERE, Lda

PROPOSTA DE ESTÁGIO

Ano Lectivo de 2020/2021

em Mestrado em Informática e Sistemas Desenvolvimento de Software

TEMA

Positive Energy Assessment in Smart Cities

SUMÁRIO

1. ÂMBITO

A empresa Ubiwhere, Lda. foi constituída em Setembro de 2007 em Aveiro por três investigadores de telecomunicações provenientes do Instituto de Telecomunicações e da PT Inovação. Com sede em Aveiro, o objetivo primário da empresa é o desenvolvimento e investigação de tecnologias de ponta, para conceber a tecnologia mais avançada e criar propriedade intelectual de grande valor. A Ubiwhere tem vindo a investir, desde a sua criação, no aumento da sua capacidade tecnológica e na diferenciação dos seus produtos e serviços, apostando em nichos que apresentam vantagens competitivas, mas que exigem um forte investimento no contínuo desenvolvimento tecnológico. A empresa trabalha em diversos sectores, como a Internet das Coisas, com foco nas Cidades Inteligentes e Agricultura, nas tecnologias de Telecomunicação (e.g. 5G) e em tecnologias do futuro.

No âmbito das Cidades Inteligentes, a Ubiwhere tem vindo a desenvolver uma solução chamada Plataforma Urbana que agrega dados de diferentes fontes e domínios. Um dos tipos de dados que a plataforma recolhe, processa, armazena e analisa é sobre a energia em ambiente urbano, tendo em conta a iluminação pública, de carregadores de veículos eléctricos e de alguns edifícios que se encontram ligados a smart grids, para medirem os seus consumos energéticos. No entanto, e apesar de a plataforma conseguir calcular indicadores de performance energética de edifícios, ruas, distritos e até de uma cidade inteira, esta carece de correlacionar estes consumos com as condições meteorológicas e atmosféricas, os eventos turísticos e padrões de mobilidade analisados pela mesma plataforma.



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE SISTEMAS



Ubwhere, Lda

Com este estágio, pretende-se colmatar esta lacuna, ao implementar um módulo de análise de dados para correlacionar os diferentes contextos e identificar as causas dos padrões de consumo, em termos demográficos, geográficos e ambientais. Parte dos objectivos consiste em integrar dados de diferentes fontes como sistemas de informação geográfica, portais de dados abertos, plataformas de gestão de smart grids e dados de satélites, entre outros, tendo em vista o desenho de uma arquitectura escalável para tratamento e processamento da informação e como resultado final uma prova de conceito que demonstre indicadores de performance energéticos e respectivas causas ou padrões, assim como demonstre as perdas energéticas para a atmosfera. Este trabalho terá o suporte do projecto H2020 POCITYF e dados da cidade de Évora.

2. OBJECTIVOS

O presente projecto pretende atingir os seguintes objectivos:

- - Estudar e documentar o estado da arte em smart grids e plataformas de gestão de consumos eléctricos
- - Desenhar e implementar módulo de data science para análise de dados de consumos energéticos e respectivas causas para esses dados
- - Implementar conectores e importadores de dados de diferentes fontes (SIG, Open Data, ESA Satellite, etc.) para obter informação energética
- - Implementar API REST para obtenção de indicadores de performance energética
- - Integração do serviço em interface web de solução web para smart cities

3. PROGRAMA DE TRABALHOS

O estágio consistirá nas seguintes actividades e respectivas tarefas:

- Fase 1 - Estudo da Solução e Planeamento
- * T1 - Estudo do problema e Elaboração do estudo do Estado da Arte sobre EOSC, serviços meteorológicos e ambientais, algoritmos de data science para forecasting
- * T2 - Definição da arquitetura da solução a serem testadas e sua composição:
- - desenho do módulo de recolha e processamento de dados para posterior forecasting
- - desenho de módulo de forecasting e levantamento de algoritmos



UBIWHERE, LDA

- - definição de user stories e casos de uso para interação com o serviço e desenho de APIs para o mesmo
- Fase 2 - Desenvolvimento e conclusão da dissertação
- * T3 - Implementação da arquitectura de análise de dados e de serviço de forecasting
- * T4 - Implementação de prova de conceito e testes à solução (para validação de resultados com base em dados históricos)
- * T5 - Integração do serviço em portal EOSC
- * T6 - Elaboração do Relatório Final do Projeto

4. CALENDARIZAÇÃO DAS TAREFAS

As Tarefas acima descritas, incluindo os testes de validação de cada módulo, serão executadas de acordo com a seguinte calendarização:

| Tarefas | Meses | | | | | |
|---------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|
| | N | N+1 | N+2 | N+3 | N+4 | N+5 |
| T1 | | | | | | |
| T2 | | | | | | |
| T3 | | | | | | |
| T4 | | | | | | |
| T5 | | | | | | |
| Metas | INI | M1 | M2 | | | M3 M4 |

- INI Início dos trabalhos
- M1 (INI + 6 Semanas) Tarefa T1 terminada
- M2 (INI + 10 Semanas) Tarefa T2 terminada
- M3 (INI + 20 Semanas) Tarefa T3 terminada
- M4 (INI + 22 Semanas) Tarefa T4 terminada
- M5 (INI + 24 Semanas) Tarefa T5 terminada

5. RESULTADOS

Os resultados dos estágio serão consubstanciados num conjunto de documentos a elaborar pelo estagiário de acordo com o seguinte plano:



ubiwhere

Ubiwhere, Lda

- M1 - Estado da arte
 - R1.1: Relatório do estado da arte
- M2 - Especificação de requisitos e arquitetura da solução
 - R2.1: Relatório de especificação de requisitos
- M3 - Solução funcional
 - R3.1: Relatório da implementação
- M4 - Relatório final de estágio
 - R4.1: Relatório final de estágio

6. LOCAL DE TRABALHO

Ubiwhere's R&I Center

Rua Pedro Nunes - IPN , Escritório 2.18

3030-199 Coimbra.

7. METODOLOGIA

Metodologia baseada em SCRUM.

Organização de um Dossier de Projecto, e reuniões.

8. ORIENTAÇÃO

ISEC:

Nome ()
Categoria

Entidade de Acolhimento: Ubiwhere
Nome (jpeixoto@ubiwhere.com)
Cargo: Software Developer

9. CARACTERIZAÇÃO E REMUNERAÇÃO

- Data de início - Setembro
- Data de fim -
- Horário - Horário Flexível



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE SISTEMAS

Ubwhere, Lda

- Tipo de regalias oferecidas - Bolsa de estágio, equivalente ao subsídio de alimentação
- Tipo de formação oferecida aos estagiários - Formação mensal contínua

Anexo B – Resultados de algumas das correlações calculadas

| Correlação do Consumo Energético em Portugal ² com... | Correlação de Pearson | Correlação de Spearman | Correlação de Kendall |
|--|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Consumo energético da iluminação das vias públicas em Portugal | 0,956 | 0,912 | 0,767 |
| Consumo energético dos edifícios do estado em Portugal | 0,865 | 0,874 | 0,716 |
| Consumo energético no setor agricultura e pescas em Portugal | 0,843 | 0,758 | 0,106 |
| Consumo energético no setor transportes em Portugal | 0,662 | 0,656 | 0,300 |
| Consumo energético no setor serviços em Portugal | 0,895 | 0,725 | 0,129 |
| Consumo energético no setor doméstico em Portugal | 0,975 | 0,940 | 0,516 |
| Consumo energético no setor industrial em Portugal | 0,353 | 0,490 | 0,798 |
| Consumo energético em Évora | 0,971 | 0,492 | 0,705 |
| Consumo energético em Espanha | 0,965 | 0,904 | 0,766 |
| Consumo energético em Itália | 0,794 | 0,725 | 0,614 |
| População | 0,527 | 0,323 | 0,345 |
| População desempregada | -0,942 | -0,943 | 0,867 |
| Intensidade Turística ³ | 0,945 | 0,870 | 0,789 |
| PIB | 0,603 | 0,517 | 0,278 |
| PIB <i>per capita</i> | 0,491 | 0,667 | 0,333 |
| Amplitude térmica ⁴ | 0,293 | 0,500 | 0,333 |

² Todos os consumos energéticos estão na unidade GWh.

³ Intensidade Turística = Hospedes/Habitantes.

⁴ A amplitude térmica é obtida a partir da diferença entre a maior temperatura máxima do ano e a menor temperatura mínima desse mesmo ano.

Positive Energy Assessment in Smart Cities

| | | | |
|---|--------|--------|-------|
| Temperatura média ⁵ | -0,039 | 0,333 | 0,07 |
| Amplitude térmica na primavera ⁶ | -0,752 | 0,800 | 0,666 |
| Amplitude térmica no verão ⁷ | 0,909 | -0,800 | 0,667 |
| Amplitude térmica no outono ⁸ | 0,321 | -0,211 | 0,183 |
| Amplitude térmica no inverno ⁹ | -0,830 | -0,800 | 0,667 |
| Stock de carros elétricos | 0,160 | -0,183 | 0,222 |
| Registo de carros elétricos | 0,236 | 0,333 | 0,111 |

| Correlação do Consumo Energético em Évora com... | Correlação de Pearson | Correlação de Spearman | Correlação de Kendall |
|--|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Consumo energético da iluminação das vias públicas em Évora | -0,072 | -0,377 | 0,254 |
| Consumo energético dos edifícios do estado em Évora | 0,132 | 0,042 | 0,028 |
| Consumo energético no setor da agricultura e pescas em Évora | 0,219 | 0,221 | 0,137 |
| Consumo energético no setor serviços em Évora | 0,120 | 0,245 | 0,168 |
| Consumo energético no setor doméstico em Évora | -0,201 | -0,199 | 0,137 |
| Consumo energético no setor industrial em Évora | 0,592 | 0,501 | 0,382 |
| Consumo energético em Portugal | 0,971 | 0,492 | 0,705 |
| População | -0,371 | -0,618 | 0,330 |
| População desempregada | -0,947 | -0,928 | 0,828 |

⁵ A temperatura média é calculada pela média das temperaturas anuais.

⁶ Amplitude térmica para os meses de primavera – março, abril e maio;

⁷ Amplitude térmica para os meses de verão – junho, julho e agosto;

⁸ Amplitude térmica para os meses de outono – setembro, outubro e novembro;

⁹ Amplitude térmica para os meses de inverno – dezembro, janeiro e fevereiro;

Positive Energy Assessment in Smart Cities

| | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|
| Intensidade Turística ¹⁰ | 0,969 | 0,900 | 0,800 |
| Amplitude térmica ¹¹ | 0,535 | 0,644 | 0,473 |
| Temperatura média ¹² | 0,481 | 0,402 | 0,254 |

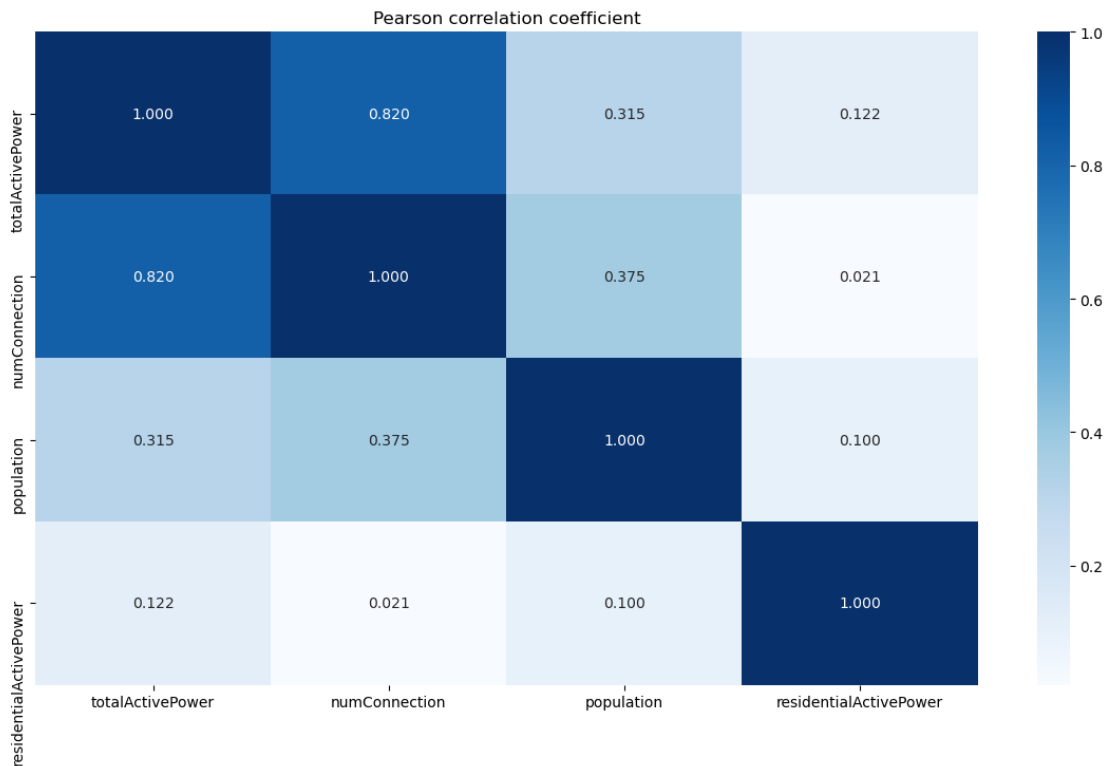
¹⁰ Intensidade Turística = Hospedes/Habitantes.

¹¹ A amplitude térmica é obtida a partir da diferença entre a maior temperatura máxima do ano e a menor temperatura mínima desse mesmo ano.

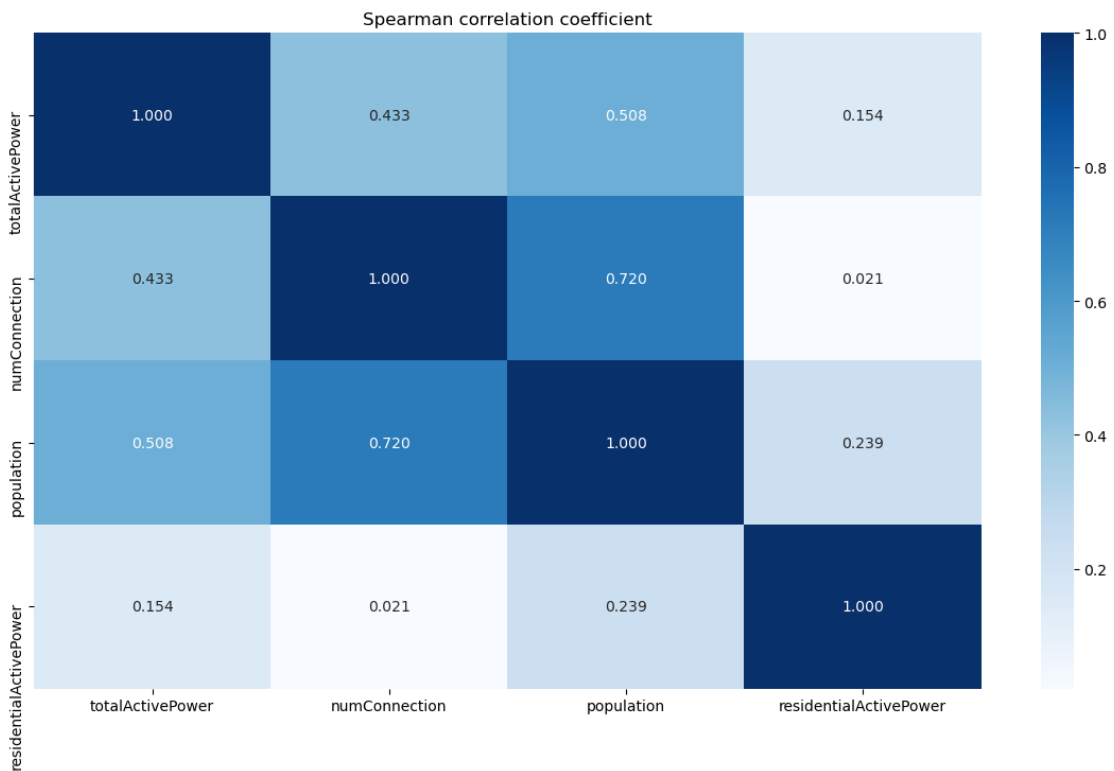
¹² A temperatura média é calculada pela média das temperaturas anuais.

Anexo C - Matrizes de correlação para as cidades do dataset

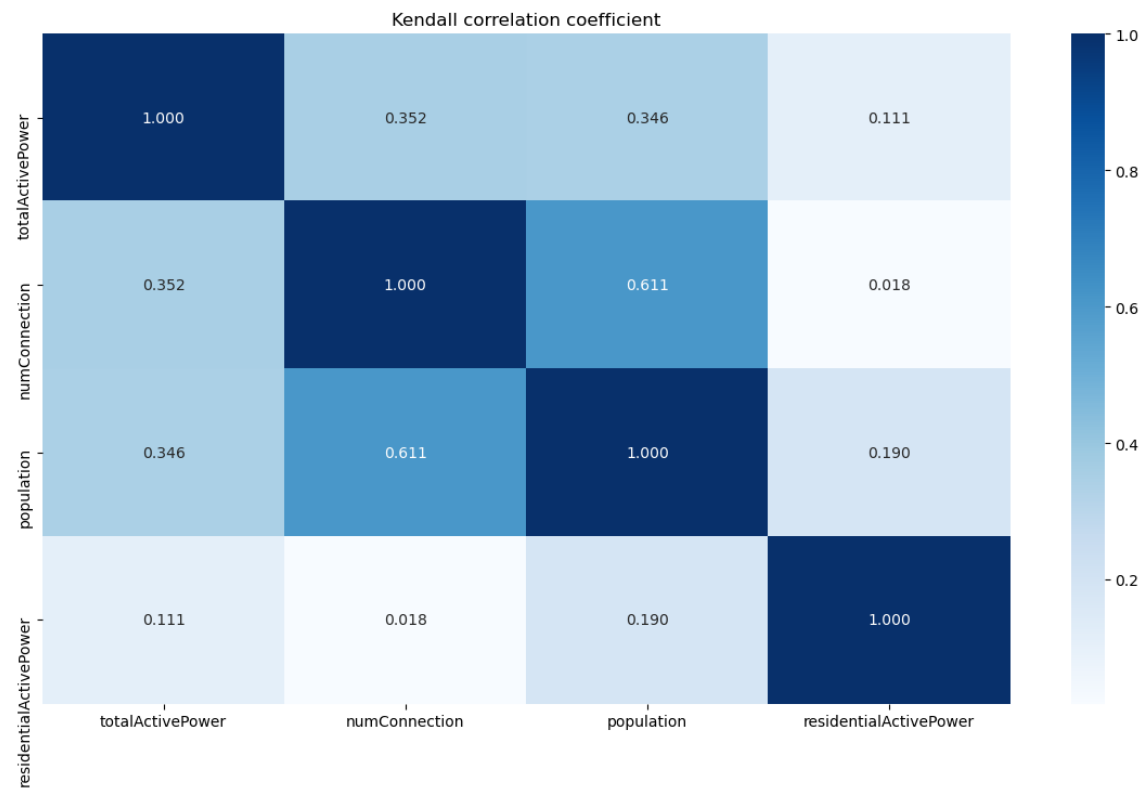
Correlação de Pearson



Correlação de Spearman

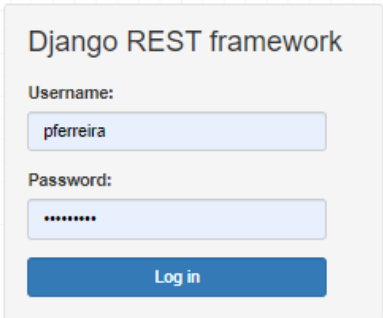


Correlação de Kendall



Anexo D – Alguns *endpoints* da API

Autenticação na plataforma



Django REST framework

Username:

Password:

Lista de utilizadores

```
GET /api/auth/users/

HTTP 200 OK
Allow: GET, POST, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "count": 5,
  "next": null,
  "previous": null,
  "results": [
    {
      "email": "",
      "id": 2,
      "username": "admin2"
    },
    {
      "email": "",
      "id": 3,
      "username": "admin1"
    },
    {
      "email": "admin@isec.pt",
      "id": 1,
      "username": "admin"
    },
    {
      "email": "pferreira@ubiwhere.com",
      "id": 5,
      "username": "pferreira9"
    },
    {
      "email": "",
      "id": 4,
      "username": "pferreira"
    }
  ]
}
```

Lista de dados energéticos

Django REST framework pferreira

Electricity List Api

Electricity List Api Filters OPTIONS GET

« 1 2 3 ... 84 »

GET /api/electricity

```
HTTP 200 OK
Allow: GET, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "count": 1688,
  "next": "http://localhost:8080/api/electricity?limit=20&offset=20",
  "previous": null,
  "results": [
    {
      "id": 7,
      "location": "S-GRAVENHAGE",
      "totalactivepower": "41290159000",
      "residentialactivepower": "null",
      "numconnections": "262661",
      "population": "495083",
      "type": "ACMeasure",
      "dateobserved": "2011-01-01T00:01Z",
      "numinterruptionscustomer": "null",
      "durationinterruptionscustomer": "null"
    },
    {
      "id": 8,
      "location": "S-GRAVENHAGE",
      "totalactivepower": "41531382000",
      "residentialactivepower": "null",
      "numconnections": "263669",
      "population": "502055",
      "type": "ACMeasure",
      "dateobserved": "2012-01-01T00:01Z",
      "numinterruptionscustomer": "null",
      "durationinterruptionscustomer": "null"
    },
    {
      "id": 9,
```

Criação de uma entrada de dados energéticos

Electricity Create Api OPTIONS

GET /api/electricity/create

```
HTTP 405 Method Not Allowed
Allow: POST, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "detail": "Method \"GET\" not allowed."
}
```

Raw data HTML form

| | |
|-----------------------------|----------------------|
| Location | <input type="text"/> |
| Totalactivepower | <input type="text"/> |
| Residentialactivepower | <input type="text"/> |
| Numconnections | <input type="text"/> |
| Population | <input type="text"/> |
| Dateobserved | <input type="text"/> |
| Numinterruptionscustomer | <input type="text"/> |
| Durationinterruptionscustor | <input type="text"/> |

POST

Tentativa de criação de uma entrada de dados energéticos sem estar autenticado

Electricity List Api / Electricity Create Api

Electricity Create Api

GET /api/electricity/create

```
HTTP 403 Forbidden
Allow: POST, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "detail": "Authentication credentials were not provided."
}
```

Atualização de dados energéticos

Electricity Update Api

OPTIONS GET

GET /api/electricity/edit/7

```
HTTP 200 OK
Allow: GET, PUT, PATCH, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "id": 7,
  "location": "S-GRAVENHAGE",
  "totalactivepower": "41290159000",
  "residentialactivepower": "null",
  "numconnections": "262661",
  "population": "495083",
  "type": "ACMeasure",
  "dateobserved": "2011-01-01T00:01Z",
  "numinterruptionscustomer": "null",
  "durationinterruptionscustomer": "null"
}
```

Raw data HTML form

| | |
|------------------------|--|
| Location | <input type="text" value="S-GRAVENHAGE"/> |
| Totalactivepower | <input type="text" value="41290159000"/> |
| Residentialactivepower | <input type="text" value="null"/> |
| Numconnections | <input type="text" value="262661"/> |
| Population | <input type="text" value="495083"/> |
| Dateobserved | <input type="text" value="2011-01-01T00:01Z"/> |

Remoção de dados energéticos

Django REST framework pferreira

Electricity List Api / Electricity Delete Api

Make a DELETE request on the Electricity Delete Api resource

DELETE OPTIONS

Electricity Delete Api

GET /api/electricity/delete/7

```
HTTP 405 Method Not Allowed
Allow: DELETE, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "detail": "Method \"GET\" not allowed."
}
```

Lista de Indicadores

Django REST framework

Indicators List Api

Indicators List Api

Filters OPTIONS GET

< 1 2 3 ... 793 >

GET /api/indicators

HTTP 200 OK

Allow: GET, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

```
{
  "count": 15852,
  "next": "http://localhost:8080/api/indicators?limit=20&offset=20",
  "previous": null,
  "results": [
    {
      "id": 34,
      "electricity": {
        "id": 7,
        "location": "S-GRAVENHAGE",
        "totalactivepower": "41290159000",
        "residentialactivepower": "null",
        "numconnections": "262661",
        "population": "495083",
        "type": "ACMeasure",
        "dateobserved": "2011-01-01T00:01Z",
        "numinterruptionscustomer": "null",
        "durationinterruptionscustomer": "null"
      },
      "value_result": 53.05393237093578,
      "iso": 37120,
      "indicator_number": 2.0
    },
    {
      "id": 35,
      "electricity": {
        "id": 7,
        "location": "S-GRAVENHAGE"
```

Atualização de um KPI

Indicators Update Api

OPTIONS GET

GET /api/indicators/edit/34

HTTP 200 OK

Allow: GET, PUT, PATCH, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

```
{
  "id": 34,
  "electricity": {
    "id": 7,
    "location": "S-GRAVENHAGE",
    "totalactivepower": "41290159000",
    "residentialactivepower": "null",
    "numconnections": "262661",
    "population": "495083",
    "type": "ACMeasure",
    "dateobserved": "2011-01-01T00:01Z",
    "numinterruptionscustomer": "null",
    "durationinterruptionscustomer": "null"
  },
  "value_result": 53.05393237093578,
  "iso": 37120,
  "indicator_number": 2.0
}
```

Raw data HTML form

Value result

Iso

Indicator number

PUT

Remoção de um KPI

Django REST framework pferreira

Indicators List Api / Indicators Delete Api

Make a DELETE request on the Indicators Delete Api resource

DELETE **OPTIONS**

GET /api/indicators/delete/34

```
HTTP 405 Method Not Allowed
Allow: DELETE, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "detail": "Method \"GET\" not allowed."
}
```

Listagem de dados de previsão

Forecast List Api

Filters **OPTIONS** **GET**

« 1 2 »

GET /api/forecast

```
HTTP 200 OK
Allow: GET, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
  "count": 30,
  "next": "http://localhost:8080/api/forecast?limit=20&offset=20",
  "previous": null,
  "results": [
    {
      "forecast_date": "1994-12-31T00:00:00.000Z",
      "forecast_value": 366692813.9111861,
      "lower_limit": 341351188.69262916,
      "upper_limit": 398247390.7713122,
      "city": "Evora"
    },
    {
      "forecast_date": "1995-12-31T00:00:00.000Z",
      "forecast_value": 395645076.73875856,
      "lower_limit": 369579612.5388069,
      "upper_limit": 419528621.84388584,
      "city": "Evora"
    },
    {
      "forecast_date": "1996-12-31T00:00:00.000Z",
      "forecast_value": 422292925.2823328,
      "lower_limit": 399686385.05181826,
      "upper_limit": 447874795.56833687,
      "city": "Evora"
    }
  ]
}
```