



**Instituto Superior
de Contabilidade
e Administração**

Politécnico de Coimbra

COIMBRA BUSINESS SCHOOL
ISCAC.pt

Luis Henrique Vilela Pinheiro

***Business Intelligence* aplicado à Eficiência Energética dos Edifícios em Portugal**

Coimbra, outubro de 2021



**Instituto Superior
de Contabilidade
e Administração**

Politécnico de Coimbra



**Instituto Superior
de Contabilidade
e Administração**

Politécnico de Coimbra

COIMBRA BUSINESS SCHOOL
ISCAC.pt

Luis Henrique Vilela Pinheiro

***Business Intelligence* aplicado à Eficiência
Energética dos Edifícios em Portugal**

Dissertação submetida ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de **Mestre em Análise de Dados e Sistemas de Apoio à Decisão**, realizada sob a orientação da Professora Isabel Pedrosa e do Professor Jorge Bernardino.

Coimbra, outubro de 2021

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Declaro ser o autor desta dissertação, que constitui um trabalho original e inédito, que nunca foi submetido a outra Instituição de ensino superior para obtenção de um grau académico ou outra habilitação. Atesto ainda que todas as citações estão devidamente identificadas e que tenho consciência de que o plágio constitui uma grave falta de ética, que poderá resultar na anulação da presente.

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Ana Paula, e às minhas filhas, Luísa e Laura.

AGRADECIMENTOS

Aos Professores e Orientadores, Doutora Isabel Pedrosa e Doutor Jorge Bernardino, pelo tanto que me ensinaram e me motivaram.

Aos meus pais, pelo esforço que sempre fizeram em prol dos meus estudos.

À minha esposa pela paciência, incentivo e apoio incansável.

Às minhas filhas, por compreenderem minhas ausências quando eu estava em aulas, a estudar e a escrever a dissertação.

RESUMO

Com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável, diversas entidades internacionais têm adotado diretrizes que buscam equilibrar os aspetos económico, social e ambiental. Entre estas diretrizes, destacam-se a Agenda de Desenvolvimento 2030 da ONU, de 2015, e o Pacto Ecológico Europeu, de 2020, que, entre suas prescrições, estipulam que se tenha atenção com a ação climática, que se busque energia limpa, acessível e segura e que seja promovida a eficiência energética. Em nossa pesquisa, percebemos que, em Portugal, as informações disponíveis nesta temática são escassas e os dados de má qualidade. Desta forma, as ações individuais e coletivas para melhoria da eficiência energética como um todo ficam prejudicadas. Com vista a solucionar esta questão, buscamos identificar se a aplicação de uma abordagem de *Business Intelligence & Analytics* poderia colaborar para melhorar a tomada de decisões relacionadas à eficiência energética, nos níveis estratégico, tático e operacional. Limitamos a pesquisa aos edifícios residenciais e, após fazer a extração e o tratamento dos dados disponíveis, usamos ferramentas de análise e visualização do Power BI para convertê-los em informações. O resultado foi a obtenção de informações úteis, fiáveis e de fácil compreensão. Atingido este resultado, concluímos que a hipótese levantada se confirma e que uma abordagem de *Business Intelligence & Analytics* de facto colabora para melhorar a tomada de decisões relacionadas à eficiência energética.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; eficiência energética; edifícios residenciais; *Business Intelligence*.

ABSTRACT

In order to promote sustainable development, several international entities have adopted guidelines that seek to balance economic, social and environmental aspects. These guidelines include the UN Development Agenda 2030, 2015 and the European Green Deal, 2020, which, among their prescriptions, stipulate that attention must be paid to climate action, to seek clean, accessible energy and safe and that energy efficiency is promoted. In our research, we noticed that, in Portugal, the information available on this subject is scarce and the data is of poor quality. In this way, individual and collective actions to improve energy efficiency as a whole are hampered. With a view to solving this issue, we sought to identify whether the application of a Business Intelligence & Analytics approach could collaborate to improve decision-making related to energy efficiency, at the strategic, tactical, and operational levels. We limited the search to residential buildings and, after extracting and processing the available data, we used Power BI analysis and visualization tools to convert them into information. The result was that information was useful, reliable, and easy to understand. Having reached this result, we conclude that the raised hypothesis is confirmed and that a Business Intelligence & Analytics approach actually collaborates to improve decision making related to energy efficiency.

Keywords: *Sustainable development; energy efficiency; residential buildings; Business Intelligence.*

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO.....	1
<i>1 BUSINESS INTELLIGENCE.....</i>	<i>3</i>
1.1 Conceito de <i>Business Intelligence</i>	3
1.2 Componentes-chave de um Sistema de Business Intelligence	5
1.2.1 <i>Data Warehouse</i>	6
1.2.2 ETL.....	8
1.2.3 OLAP - <i>On-Line Analytical Processing</i>	9
1.2.4 <i>Data Mining</i>	11
1.3 As ações de cada componente e suas interações em um Sistema de <i>Business Intelligence</i>	11
1.4 Como os sistemas de <i>Business Intelligence</i> podem ser usados na tomada de decisão em cada nível de gestão	13
<i>2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS</i>	<i>15</i>
2.1 Direito da União Europeia	19
2.2 Direito nacional.....	21
<i>3 TRABALHOS RELACIONADOS</i>	<i>26</i>
<i>4 UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE BUSINESS INTELLIGENCE PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS</i>	<i>36</i>
4.1 Contextualização.....	36
4.2 Escolha da ferramenta de <i>Business Intelligence</i>	39
4.3 Identificação das necessidades de informação.....	40
4.4 Metodologia ETL.....	44
4.4.1 Extração e Seleção de Dados.....	45

4.4.2	Transformação e Carregamento dos Dados.....	48
4.4.3	Visualização.....	51
4.5	Discussão	78
CONCLUSÃO.....		81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		83
APÊNDICES		90
APÊNDICE 1		91
Tabela A1_Metadados dos indicadores de Eficiência Energética:.....		91

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes e respetivas ações de um Sistema de BI (elaboração própria com inspiração em Olszak & Ziemba, 2003)	12
Tabela 2 - Análise comparativa das ferramentas de Business Intelligence (Ali et al., 2016)	40
Tabela 3 - Indicadores de Eficiência Energética (Fonte: EU Energy in Figures)	44
Tabela 4 - Processo ETL de tratamento dos dados.....	45
Tabela 5- Indicadores Operacionais	47
Tabela 6 - Dimensões de qualidade de dados. Fonte: (Laranjeiro et al., 2015)	48
Tabela 7 - Contributo indicativo nacional em matéria de eficiência energética para o cumprimento da meta de 32,5%	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - O papel do BI no processo de decisão. Fonte: elaborada pelo autor com base em Olszak & Ziemba, 2007.....	5
Figura 2 - Arquitetura geral de um sistema de BI - Business Intelligence Fonte: Business Intelligence Process (Wang, J., Chen, T. and Chiu, S. (2005)).....	6
Figura 3 - Possibilidades de assuntos e níveis de acesso às informações de uma Data Warehouse. Fonte: https://brunosvieira.wordpress.com/2013/04/27/conceito-de-data-warehouse-data-mart-data-mining-e-text-mining/	7
Figura 4 - Processo ETL. Fonte: https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/10-open-source-etl-tools	9
Figura 5 - Ilustração de uma Base de Dados multidimensional. Fonte: adaptado de (Matei, 2010).....	10
Figura 6 - Visão geral de um fluxo de decisão organizacional. Fonte: elaborada pelo autor com base nas clássicas pirâmides de níveis de gestão.....	13
Figura 7- Metas 2030. Fonte: Website Portugal Energia (PNEC 2030)	37
Figura 8 - Objetivos nacionais para o horizonte 2030 Fonte: PNEC 2030 (pág. 14).....	37
Figura 9 - Metas e indicadores do ODS 7. (Fonte: Web Site Das Nações Unidas. https://sdgs.un.org/goals/goal7).....	41
Figura 10 - Desdobramento dos indicadores do ODS7 em Portugal (Fonte: Web Site das Nações Unidas).....	41
Figura 11 - SDG Dashboards and Trends – Portugal. (Fonte: Web Site Das Nações Unidas. https://sdgs.un.org/)	42
Figura 12 - Desdobramento dos Indicadores do ODS13. Ffonte: Web Site Das Nações Unidas. https://sdgs.un.org/).....	43
Figura 13 – Modelo Entidade-Relacionamento da Base de Dados (a).....	49

Figura 14 - Modelo Entidade-Relacionamento da Base de Dados (b)	50
Figura 15 - Primary indicators of global progress toward the SDG 7 targets (fonte: Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2021)	52
Figura 16 - SDG Dashboards and Trends (Fonte: Sustainable Development Report).....	53
Figura 17 - SDG Dashboards and Trends - Portugal. Fonte: Sustainable Development Report.	53
Figura 18 - Análise dos principais influenciadores para emissão dos gases de efeito estufa	55
Figura 19 – Dashboard Visão Geral da energia consumida em Portugal.....	56
Figura 20 – Intensidade de energia primária global e suas alterações anuais, 1990-2018. Fonte: IEA, UN, and World Bank).....	58
Figura 21 – Taxa de crescimento da intensidade de energia primária, por período e taxa alvo, 2018 – 30. (Fonte: IEA, UN, and World Bank)	59
Figura 22 - Tendências nos componentes subjacentes da energia primária, 1990-2018 (esquerda); taxa de crescimento do PIB, oferta total de energia e intensidade de energia primária, 2016-18 (direita). Fonte: IEA, UN, e World Bank	60
Figura 23 – Dashboard para Análise dos Indicadores de Eficiência Energética de Portugal	61
Figura 24 Intensidade de Energia Primária e as mudanças ano a ano.....	62
Figura 25 - Visão consolidado do gráfico da Figura 24	62
Figura 26 - Trajetória indicativa para o contributo indicativo nacional em matéria de eficiência energética para o cumprimento da meta.	63
Figura 27- Contributo indicativo nacional em matéria de eficiência energética para o cumprimento da meta de 32,5% de eficiência.....	64
Figura 28 – Projeção da participação das energias renováveis no fornecimento de energia elétrica.	65

Figura 29 - Taxa composta de crescimento anual da intensidade energética por setor, 1990-2010 e 2010-18. Fonte: Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2021	66
Figura 30 - Evolução do Consumo total de Energia Final por setor de atividade em Portugal.	67
Figura 31 – Dashboard para Análise da Emissão dos Certificados de Eficiência Energética	69
Figura 32 Dashboard para analisar as classes energéticas por Distrito e por período.....	70
Figura 33 - Dashboard para Análise dos EPCs por Distrito	71
Figura 34 Treemap para analisar a Intensidade Energética por Distrito	72
Figura 35 Análise de Cluster	74
Figura 36 Análise de clustering por Edifícios Novos ou Usados	76
Figura 37 Perfil dos edifícios pela idade da construção dos edifícios.....	77
Figura 38 Consumo de Energia por tipo de consumo	77

Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas

ADENE - Agência para a Energia

BI – *Business Intelligence*

BPD – *Bulding Performance Database*

CQNUAC - Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas

DSM - *Demand Side Management*

DSS – *Decision Support System*

DW – *Data Warehouse*

ECM – *Energy Conservation Measures*

EED – *Energy Efficiency Directive*

EPC – *Energy Performance Certificate*

ETL – *Extract Transform Load*

FRL - *Falling Rule List*

GHG – *Greenhouse Gas*

GIS – *Geographic Information System*

IEA – *International Energy Agency*

INE – Instituto Nacional de Estatística

MER – Modelo Entidade Relacionamento

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OLAP – *Online Analytical Processing*

ONU – Organizações das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

PNAC - Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNALE - Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão

PNEC - Plano Nacional Energia e Clima

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RNC2050 - Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

UE – União Europeia

INTRODUÇÃO

Para promover o desenvolvimento sustentável, devem ser equilibrados os pilares económico, social e ambiental da atividade humana. Com o propósito de atingir este objetivo, em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) adotou a Agenda de Desenvolvimento 2030, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). No mesmo sentido, a União Europeia (UE) estabeleceu, em 2020, uma nova estratégia de crescimento sustentável, que foi denominada de Pacto Ecológico.

Resta claro, portanto, que o desenvolvimento sustentável da atual e das futuras gerações é adotado como objetivo macro para diversos países do mundo. Como membro da ONU e da UE, Portugal está adstrito a esta decisão estratégica e tem adotado planos táticos para implementá-la, como se verifica, por exemplo, no Plano Nacional Energia e Clima (PNEC), de 2020, e no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050), de 2019.

Todavia, sabemos que ainda há diversas ações e omissões que levam ao incumprimento do que está estabelecido ao nível estratégico e tático. Considerando esta premissa, identificamos que um ponto de partida relevante para estudo é a eficiência energética, pois consiste em um dos vetores mais importantes para concretizar a transição para uma economia neutra em carbono, ao mesmo tempo em que gera crescimento, empregos e oportunidades de investimento.

Ao analisarmos a questão da eficiência energética em Portugal, notamos que há subutilização ou má utilização dos dados disponíveis, o que, já à primeira vista, evidencia que há potencial para que este vetor seja aprimorado e melhoradas as decisões. Isso, porque “dados” são fatores cruciais para que as tomadas de decisão sejam acertadas, não só no âmbito estratégico e tático, mas também operacional.

Diante disso, fizemo-nos o seguinte questionamento: a aplicação de uma abordagem de *Business Intelligence & Analytics* pode colaborar para melhorar a eficiência energética dos edifícios residenciais e contribuir para que Portugal cumpra os compromissos do desenvolvimento sustentável assumidos? Este questionamento tornou-se o mote deste trabalho e a hipótese a ser validada no final.

Para tanto, pesquisamos sobre sistemas de *Business Intelligence* e consolidamos, no capítulo 1, seu conceito, seus principais componentes e as ações específicas de cada um deles, assim como a forma pela qual podem ser aplicados nas tomadas de decisão estratégicas, táticas e operacionais.

Em seguida, pesquisamos especificamente sobre eficiência energética (capítulo 2). Tivemos atenção com o que está prescrito no direito da União Europeia e de Portugal, pois constituem o conjunto de decisões políticas estratégicas e táticas já adotadas e a partir das quais se devem desenvolver as medidas operacionais.

Após termos identificado todas as diretrizes políticas decorrentes do direito da União Europeia e nacional, passamos à pesquisa de trabalhos relacionados, que foram compilados no capítulo 3.

Em seguida, no capítulo 4, fizemos a análise de indicadores e metas relacionados com a Agenda de Desenvolvimento 2030 da ONU, em especial ao ODS7 (“energia acessível e limpa”) e ao ODS13 (“ação climática”), bem como ao Pacto Ecológico da UE, nomeadamente quanto ao segundo pilar, “energia limpa, acessível e segura”, objetivo “eficiência energética”.

No que diz respeito à metodologia, iniciamos o capítulo 4 com apresentação sobre a escolha da ferramenta de *Business Intelligence* a ser utilizada e levantamento das informações necessárias. Seguimos com a abordagem de “extrair, transformar e carregar” (*Extract Transform Load - ETL*).

Com a aplicação desta abordagem, verificamos que, de facto, há imensa quantidade de dados que, se forem devidamente trabalhados em um sistema de *Business Intelligence*, tornam-se informações valiosas para os tomadores de decisão.

1 BUSINESS INTELLIGENCE

O objetivo deste primeiro capítulo é estruturar um conjunto de definições e diretrizes de forma a permitir um melhor entendimento de como os sistemas de *Business Intelligence* podem ser utilizados em benefício de uma gestão energética mais eficiente dos edifícios residenciais.

Este capítulo está dividido em quatro subsecções: (1) definição de *Business Intelligence* e de cada um dos quatro componentes mais comuns (*Data Warehouses*, ferramentas ETL, técnicas OLAP e *Data Mining*), incluindo a identificação de aspetos funcionais detalhados; (2) a função específica de cada componente em um sistema de *Business Intelligence* em relação às ações de tomada de decisão, incluindo aquisição, pesquisa, análise e entrega de informações; (3) as ações de cada componente e suas interações em um Sistema de Business Intelligence; (4) como os sistemas de *Business Intelligence* podem ser usados na tomada de decisão em cada nível de gestão.

1.1 Conceito de *Business Intelligence*

O termo *Business Intelligence* (BI), é um termo hoje popularizado, mas que foi introduzido por Howard Dresner do Gartner Group em 1989 (Power, 2007) para descrever um conjunto de conceitos e métodos para a melhoria da tomada de decisão nos negócios, com suporte em sistemas informatizados baseados em factos (Rouhani *et al.*, 2012).

A expressão *Business Intelligence* não se confunde com as antigas designações dos *Decision Support System* (DSS), utilizadas há mais de 40 anos (Alter, 2002), pois estas se restringiam a um conjunto de ferramentas de pesquisa de dados e geração de relatórios para facilitar a tomada de decisão. Um sistema de *Business Intelligence* é mais que isso, pois engloba a recolha dos dados, o armazenamento destes de modo estruturado e a gestão do conhecimento, com diversas ferramentas de análise e geração de relatórios. Portanto, os sistemas de *Business Intelligence* vão além dos DSS's orientados a dados

(Alter, 2002), DSS´s somente de recuperação (Burstein & W. Holsapple, 2008), sistemas executivos de informações e sistemas OLAP.

Arnott & Gibson (2004) definem *Business Intelligence* como sistema "para extrair os dados considerados centrais ao negócio e para apresentar ou manipular esses dados transformando-os em informações úteis para o apoio à decisão". Por sua vez, Negash (2004) observa que o *Business Intelligence* é um sistema usado para "entender os recursos disponíveis nas organizações, o estado da arte, tendências e direções futuras dos mercados, as tecnologias e o ambiente regulamentar em que as organizações competem, as ações dos concorrentes e as implicações dessas ações".

No mesmo sentido, Koronios & Yeoh, (2010), referem que "um sistema de *Business Intelligence* é um conjunto de ferramentas, tecnologias e produtos programados que são usados para coletar, integrar, agregar e disponibilizar dados. Ainda, segundo Santos & Ramos (2017), os sistemas de *Business Intelligence* ajustam a recolha de dados operacionais, permitem o seu posterior armazenamento em repositórios adequados que, por sua vez, vão permitir a gestão de conhecimento através de diferentes ferramentas de análise, exploração e apresentação da informação dita essencial para a tomada de decisão.

Os conceitos de *Business Intelligence* expostos têm algumas pequenas variações, mas têm sempre a mesma ideia central, de um conjunto de componentes para fornecimento de informações acionáveis, no momento oportuno, quando as decisões precisam ser tomadas (Negash, 2004). Em outras palavras, o núcleo do conceito de *Business Intelligence* leva-nos sempre à noção de que se trata de um conjunto de ferramentas integradas, tecnologias e produtos programados, usados para coletar, integrar, analisar e transformar dados em informações para que estas sejam utilizadas para apoiar uma tomada de decisão mais eficaz.

A Figura 1 abaixo (Olszak & Ziemba, 2003), ajuda na percepção do papel de um sistema de *Business Intelligence*:

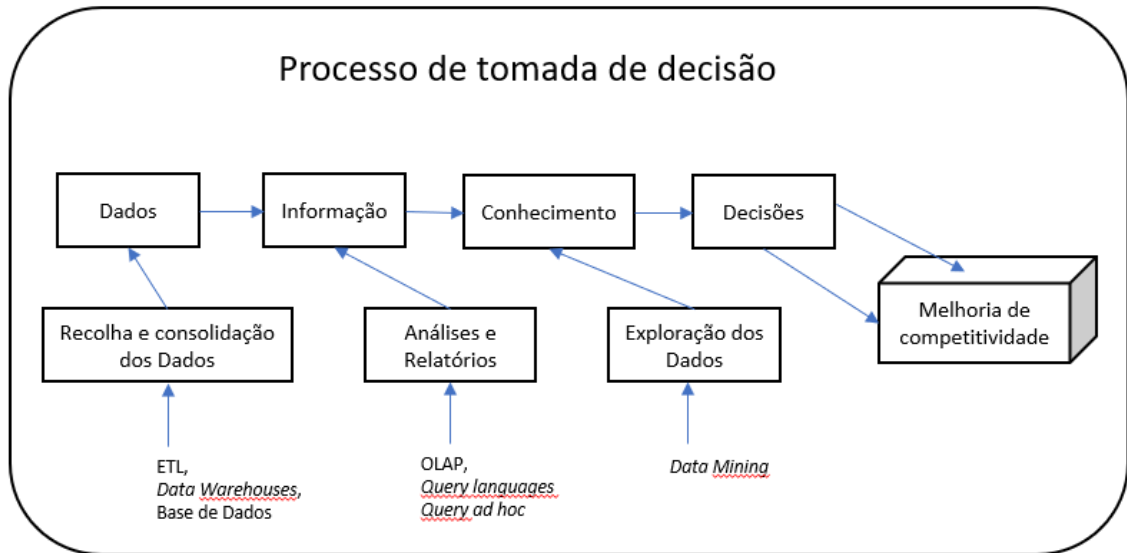


Figura 1 - O papel do BI no processo de decisão.
Fonte: elaborada pelo autor com base em Olszak & Ziembra, (2007).

1.2 Componentes-chave de um Sistema de Business Intelligence

Na prática, os sistemas de *Business Intelligence* são, muitas vezes, confundidos com uma peça específica de hardware "pronta para uso", dotada de uma solução de *software* que as empresas podem simplesmente comprar, ativar e utilizar para criar "inteligência nos negócios". Contudo, na realidade, os sistemas de *Business Intelligence* referem-se a uma vasta gama de ferramentas e técnicas que podem consistir em dezenas de soluções de *hardware* e *software*.

Embora as necessidades de negócios demandem diferentes componentes, de variadas complexidades, em geral, um sistema de *Business Intelligence* tem quatro componentes considerados essenciais: *Data Warehouse* (armazenamento de dados); ferramentas *Extract Transform Load* – ETL ("extração, transformação e carregamento"); técnicas *On-line Analytical Processing* – OLAP; *Data Mining* ("mineração de dados"), como demonstra a Figura 2 abaixo (Olszak & Ziembra, 2003):

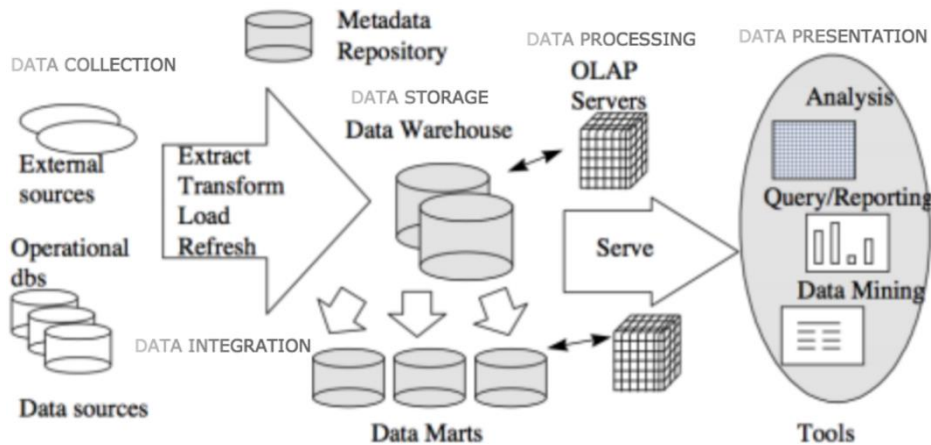


Figura 2 - Arquitetura geral de um sistema de BI - Business Intelligence
Fonte: Business Intelligence Process (Wang, J., Chen, T. and Chiu, S. (2005))

1.2.1 Data Warehouse

A *Data Warehouse* pode ser entendida como “uma coleção de dados relevantes de negócios que são organizados e validados” para que possam ser analisados e apoiarem as decisões a serem tomadas” (Cody et al., 2002). As *Data Warehouses* são preenchidas com dados que foram extraídos de bases de dados, muitas vezes heterogêneas e, em alguns casos, externas à organização que as utiliza.

As *Data Warehouses* são bases de dados orientadas por assuntos integrados a um sistema de informação. Os dados são catalogados temporalmente, com o objetivo de fornecer informação sob uma perspectiva histórica, ou seja, não são atualizados para que se possa manter a integridade do instante em que foi obtido.

As *Data Warehouses* ficam *offline*, o que significa que residem em “local” diferente do que os dados estavam no instante em que foram armazenados. As *Data Warehouses* são constantemente carregadas com dados críticos de negócios para garantir que estejam à disposição para a tomada de decisão, a última informação disponível.

A *Data Warehouse* é considerada um componente central do sistema de *Business Intelligence* (Negash, 2004). Isso, porque consiste na coleção de dados usada para apoiar

a tomada de decisão no processo de gestão (March & Hevner, 2007). Além disso, oferece espaço para o armazenamento temático de informações agregadas, dados que tenham sido analisados por uma ferramenta ETL e, em seguida, carregados na *Data Warehouse* apropriado (Olszak & Ziemba, 2003).

Uma *Data Warehouse* bem implementada é fácil de usar, permite a recuperação de informações rapidamente, armazena grande quantidade de dados, melhora a produtividade e permite melhores decisões, o que, em suma, aumenta a vantagem competitiva de uma organização (Hwang & Xu, 2007).

March & Hevner, (2007), consideram que a *Data Warehouse* possibilita a compreensão de problemas, percepção de oportunidades e desempenho dos negócios suportando as consultas e análises de um sistema de *Business Intelligence* para facilitar a tomada de decisão.

A Figura 3 abaixo ilustra as diversas possibilidades de assuntos e níveis de acesso às informações que uma *Data Warehouse* pode ajudar a gerenciar.



Figura 3 - Possibilidades de assuntos e níveis de acesso às informações de uma *Data Warehouse*.
Fonte: <https://brunosvieira.wordpress.com/2013/04/27/conceito-de-data-warehouse-data-mart-data-mining-e-text-mining/>

1.2.2 ETL

Castellanos et al. (2009) observam que, no início da história dos sistemas de *Business Intelligence*, o desenho e a implementação de ETL foram considerados uma tarefa de suporte para a *Data Warehouse*. Portanto, não foram considerados componentes básicos do sistema de *Business Intelligence*, mas como um subconjunto do componente *Data Warehouse*.

No entanto, hoje sabe-se que as ferramentas e processos ETL são fundamentais na extração, transformação em formato comum e carregamento de dados (Schink, 2009). Em suma, é por meio das ferramentas ETL que se faz a extração de informações consideradas centrais para o negócio, suas manipulações e transformações para que sejam informações úteis para subsidiar as tomadas de decisão (Arnott et al., 2004).

Ademais, este processo de extração de dados em diferentes formatos e de fontes dispersas, a transformação dos mesmos em formatos semelhantes e o carregamento na *Data Warehouse* apropriada, tradicionalmente, tornou o processo de ETL o aspecto mais dispendioso de um sistema de *Business Intelligence* (March & Hevner, 2007).

Geralmente, existem quatro categorias nas quais as ferramentas ETL se enquadram (Olszak & Ziemba, 2003):

1. EtL: ferramentas que tratam dos aspetos de extração e carregamento do processo ETL.

2. ETI: ferramentas que fornecem uma preferência pelo tipo e formato dos dados a serem extraídos e carregados.

3. ETL: ferramentas que oferecem um equilíbrio entre todas as funções da ferramenta; a falta de ênfase pode fazer com que esse aspeto resulte em um manuseio mais inadequado de um grande volume de formatos de dados.

4. eTL: ferramentas que enfatizam a integração de dados em *Data Warehouses*.

Em síntese, as soluções ETL são divididas em três estágios:

1. **Extração:** este estágio envolve a obtenção de acesso aos dados frequentemente provenientes de diferentes fontes heterogêneas. Essas fontes são em geral distribuídas em várias plataformas e podem fazer parte de um sistema de informação (Schink, 2009).

2. **Transformação:** neste estágio, transformam-se os dados extraídos, por isso é considerado o mais complexo do processo ETL. O estágio de transformação converte os dados no mesmo esquema da *Data Warehouse* para a qual deve ser carregado. É geralmente realizada por meio de linguagens de programação tradicionais, de *script* ou SQL (Olszak & Ziembra, 2006).

3. **Carregamento:** neste estágio é feita a leitura dos dados transformados e sua transferência para as *Data Warehouses*, onde são agregados e filtrados (Olszak & Ziembra, 2006).

A Figura 4 abaixo evidencia os três estágios do processo ETL:

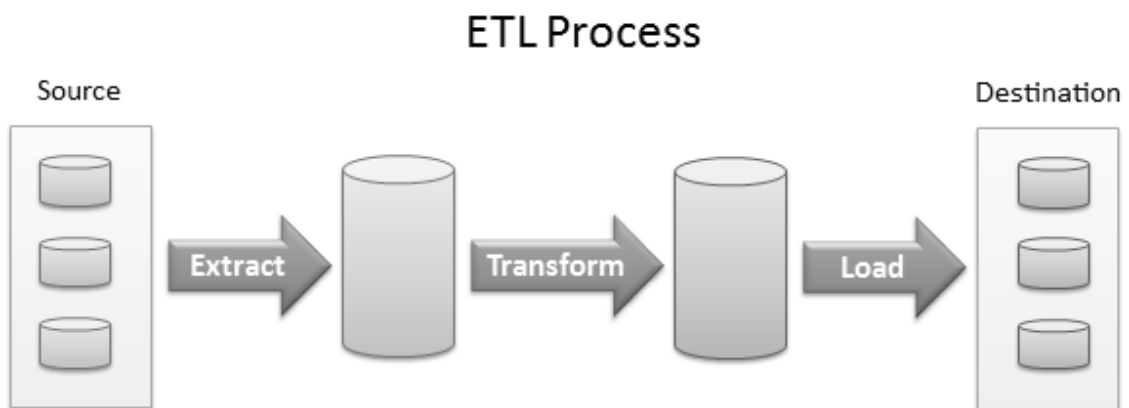


Figura 4 - Processo ETL.

Fonte: <https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/10-open-source-etl-tools>

1.2.3 OLAP - *On-Line Analytical Processing*

Uma das dificuldades das análises de dados em bases de dados é a constante atualização por outros sistemas de informação (Airinei & Homocianu, 2009). O *On-Line Analytical Processing* (OLAP) busca solucionar este problema, mediante realização de

análise de dados complexos, em tempo real, em uma base em constante atualização (Olszak & Ziemba, 2006).

Como observado por Olszak & Ziemba (2006), o OLAP oferece técnicas de análise aprofundada de dados e ferramentas que são usadas principalmente para geração de relatórios interativos. As ferramentas OLAP usam técnicas de *data mining* e métodos estatísticos para criar relatórios interativos, no formato e critérios pré-definidos por um gerente (Matei, 2010).

Pode-se considerar o OLAP como uma melhoria das ferramentas anteriores, pois aquelas possibilitam aos gerentes uma análise de dados isolada, de apenas uma perspectiva por vez, enquanto o OLAP é multidimensional (Matei, 2010), como ilustra a Figura 5 abaixo:

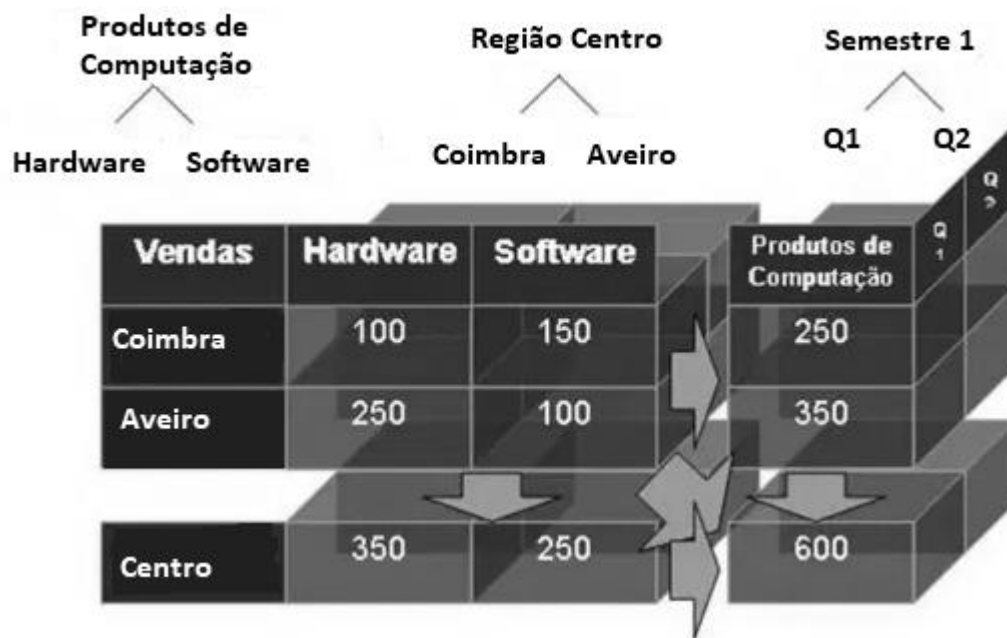


Figura 5 - Ilustração de uma Base de Dados multidimensional.
 Fonte: adaptado de (Matei, 2010)

1.2.4 Data Mining

As técnicas de *Data Mining* são projetadas para identificar relacionamentos e regras dentro de uma *Data Warehouse* e, em seguida, criar um relatório dessas relações e regras (March & Hevner, 2007).

O processo de *data mining* envolve a descoberta de vários padrões, generalidades, regularidades e regras em recursos de dados. Assim, pode ser usado tanto para prever o resultado de uma decisão, como para descrever uma realidade: as previsões usam variáveis conhecidas, enquanto as descrições empregam gráficos, tabulações e fórmulas compostas pelos dados existentes (Olszak & Ziemba, 2006).

Entre as estratégias básicas para *data mining*, destacam-se: *Classification*; *Prediction*; *Time Series Analysis*; *Market Basket Analysis* (Shi et al., 2006). Essas estratégias podem ser alinhadas com as necessidades de uma organização e ajudar na tomada de decisões ao descobrir vários padrões, generalidades, regularidades e regras em recursos de dados. Exemplos dessas estratégias de negócios incluem o uso de técnicas *Market Basket Analysis* para modelar vendas no retalho ou *Classification* para classificar dados não estruturados, como e-mail, spam ou partes de documentos.

1.3 As ações de cada componente e suas interações em um Sistema de Business Intelligence

Como referido, os sistemas de *Business Intelligence* consistem em um meio de explorar informações para ajudar os gestores a resolverem seus problemas, sejam estruturados ou não (Airinei & Homocianu, 2009). Cada componente de um sistema de *Business Intelligence* pode ser usado para explorar informações em uma ou mais ações de tomada de decisão, que são aquisição, pesquisa e análise de dados e entrega de informações (Olszak & Ziemba, 2007).

A ação de tomada de decisão que determinado componente de um sistema de *Business Intelligence* pode suportar varia com base em muitos fatores. Esses fatores

incluem o tipo de organização que usa o sistema, o setor em que a empresa opera e a maturidade do sistema (Rodrigues, 2002).

Na tabela abaixo (Tabela 1) estão relacionados as ações e os componentes de *Business Intelligence* correspondentes. Destacamos que, embora diferentes componentes pareçam exibir funções semelhantes, são diferentes seus níveis de detalhe e resultados (Olszak & Ziemba, 2003).

Tabela 1 - Componentes e respetivas ações de um Sistema de BI (elaboração própria com inspiração em Olszak & Ziemba, 2003)

Componentes	Ações
ETL	Extração, transformação e carregamento
<i>Data Warehouses</i>	Armazenamento
OLAP	Análise e entrega
<i>Data Mining</i>	Análise e entrega

As ações de extração, transformação e carregamento de um sistema de *Business Intelligence* são desempenhadas por ferramentas de ETL, seguidas de armazenamento em *Data Warehouse*. Por meio do processamento de dados e da aplicação de técnicas OLAP e de *data mining* podem ser analisadas informações de múltiplas dimensões, em vários graus e em diferentes análises. Enquanto as técnicas OLAP resumem dados históricos e fazem previsões, as técnicas de *data mining* identificam padrões ocultos nos dados. Além disso, como apontam Olszak & Ziemba, (2003), a mineração de dados fornece um relatório orientado a detalhes, enquanto o OLAP fornece um resumo genérico de informação.

1.4 Como os sistemas de *Business Intelligence* podem ser usados na tomada de decisão em cada nível de gestão

Ao utilizarem sistemas de *Business Intelligence*, as organizações estão a coletar dados, tratá-los e empregá-los na tomada de decisões para minimizar os riscos das incertezas (Shi et al., 2006). Com *Business Intelligence*, as decisões podem ser tomadas usando dados em tempo real, monitorização da concorrência, análises constantes de inúmeros dados e considerações de diferentes variantes de desempenho organizacional (Olszak & Ziemba, 2007). As informações geradas a partir do sistema de *Business Intelligence* fornecem subsídios para tomada de decisão em nível estratégico, técnico e operacional. A Figura 6 abaixo ilustra como os dados e as decisões fluem em uma organização:

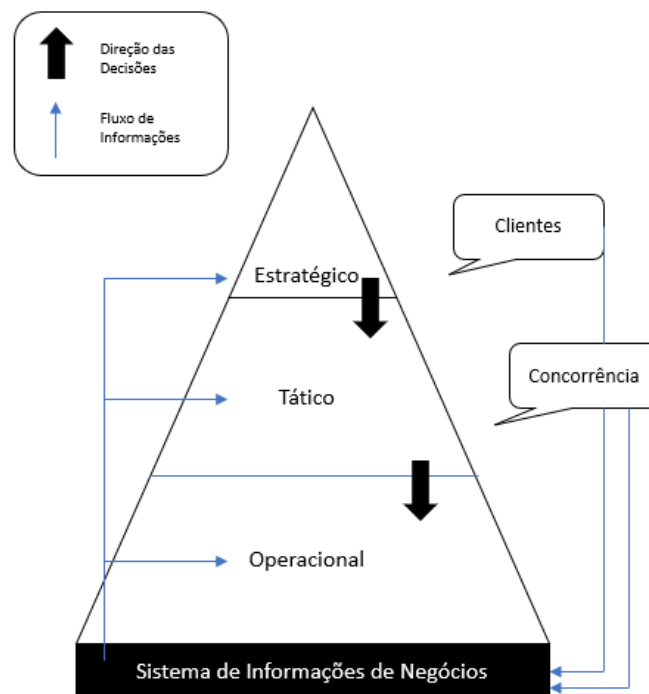


Figura 6 - Visão geral de um fluxo de decisão organizacional.
Fonte: elaborada pelo autor com base nas clássicas pirâmides de níveis de gestão.

As decisões de nível estratégico definem objetivos macros da organização. Os sistemas de *Business Intelligence* são aqui usados para criar previsões e estimativas com base em dados históricos, combinados com o desempenho atual. São exemplos de decisões estratégicas, a entrada ou saída de mercados; o direcionamento de investimentos; a orientação da empresa (se centrada no produto ou no cliente); o lançamento de um novo produto.

As decisões tomadas no nível tático estão relacionadas ao planeamento do modo pelo qual serão implementadas as decisões estratégicas. Dependem de dados em tempo real e previsões para direcionar o modo de agir, tal como ocorre em análises de desvios da realização de planos para unidades organizacionais específicas, indivíduos ou indicadores, decisões relacionadas à direção de marketing, vendas, finanças e gestão de capital, previsão de procura por um determinado produto ou serviço. Em suma, as informações derivadas dessas atividades permitem otimizar ações futuras e modificar aspetos organizacionais do desempenho da empresa.

No nível operacional, as decisões afetam ou estão relacionadas com a execução do que fora planeado e operações contínuas da organização. Essas decisões são geralmente baseadas em dados financeiros, vendas e cooperação com fornecedores e clientes (Olszak & Ziemba, 2007). Os sistemas de *Business Intelligence* fornecem informações usadas no nível operacional de uma organização para abordar as seguintes ações específicas (Olszak & Ziemba, 2006): identificar problemas, fornecer a análise de custos e benefícios de determinada ação, assim como análise de produtos, de clientes ou de regiões (usando métricas mensuráveis, como vendas, custos ou quantificáveis resultados) e análises específicas com a finalidade de responder perguntas relacionadas às operações em andamento. Os dados que alimentam o sistema de *Business Intelligence* do nível operacional de uma organização são analisados e combinados com outras informações externas para criar direção e permitir que o planeamento estratégico ocorra.

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

O consumo de energia nem sempre foi pautado por critérios de racionalidade e de eficiência, nem considerado um relevante fator de competitividade económica. Pelo contrário, tradicionalmente, havia desconsideração da eficiência energética como algo relevante no conjunto dos custos de produção de bens e de prestação de serviços. Isso, porque o custo da energia era, até final do século XX, relativamente baixo para os agentes económicos, e eram desconsiderados os benefícios ambientais associados à eficiência energética, nomeadamente a redução de emissão de CO².

De acordo com Holmes & Mohanty (2012), dos € 200 mil milhões gastos globalmente em energia limpa em 2011, menos de 7% foram para a eficiência energética. Além disso, o investimento foi focado em pesquisa e desenvolvimento corporativo, capital de risco e capital privado, indicando que os investimentos em projetos de reforma dos edifícios foram bem limitados.

Essa perspetiva está a alterar-se por dois fatores principais. Primeiro, os agentes económicos, em face da crise energética, começaram a examinar com atenção todos os custos de produção, passando os que estão associados ao consumo de energia a assumir também relevo. Segundo, os agentes económicos passaram a ter certa preocupação com questões ambientais e a considerarem a eficiência energética como uma forma eficaz de redução do consumo de energia e da emissão de CO².

Não obstante, o cenário atual ainda não é favorável: cerca de 75% dos edifícios existentes na Europa não são eficientes do ponto de vista energético, o consumo de energia nos edifícios representa aproximadamente 40% do consumo total de energia da Europa e 50% da emissão dos gases de efeito estufa (Parlamento Europeu, 2018).

Melhorias na área da eficiência energética poderiam não só reduzir o consumo energético e as emissões de CO², mas também a fatura anual da União Europeia (UE) de importação de energia, que é de aproximadamente 350 mil milhões de euros. Por esses motivos, o Parlamento Europeu aprovou a meta de eficiência energética em 32,5% até

2030 e, em abril de 2018, adotou novas regras, visando descarbonizar o parque imobiliário europeu até 2050 (Parlamento Europeu, 2018).

Para que as cidades europeias diminuam as emissões de CO², diversas partes interessadas, incluindo políticos, legisladores e autoridades locais, precisam reconhecer o papel que as cidades podem desempenhar na mitigação das alterações climáticas e colocarem em prática metas ambiciosas. Isso, contudo, não significa que a eficiência energética seja necessariamente um custo nos orçamentos nacionais; pelo contrário, pode ser vista como uma oportunidade de investimento a longo prazo.

Os edifícios representam não só o setor económico com maior possibilidade para gerar economia energética, mas também para desenvolver outros objetivos sociais e individuais importantes, como aumento do emprego e dinamização da atividade económica, melhoria da qualidade de vida, redução das emissões de CO², redução da escassez de combustível e melhoria da segurança de abastecimento com menor dependência de produtos combustíveis importados.

Um estudo da Cambridge Econometrics e Verco em 2012 modelou os efeitos macroeconómicos do investimento da receita dos impostos sobre o carbono na instalação de medidas de eficiência energética em residências pobres. Os resultados sugerem que investir em tal programa gera maiores benefícios macroeconómicos - mais empregos e maior crescimento - do que a mesma injeção de gastos por meio de outros programas de gastos do governo ou cortes no IVA ou imposto sobre combustíveis. Os resultados da modelação sugerem que o investimento no estoque habitacional é um dos melhores investimentos possíveis em termos de impulsionar o emprego e a atividade económica de curto prazo, e também melhora a eficiência económica de médio a longo prazo, reduzindo a dependência da economia de combustíveis importados.

Não obstante, por diversas razões, não se tem avaliado de modo macro os resultados que uma adequada política de eficiência energética pode gerar. Entre estes fatores, está a natureza não mercantil e intangível dos benefícios socioeconómicos, que os torna difíceis de quantificar. Em segundo lugar, pode ser complexo isolar e determinar a causalidade dos efeitos devidos apenas à eficiência energética. Terceiro, avaliadores e formuladores de políticas que trabalham com eficiência energética são geralmente profissionais com conhecimento específico da área de energia, sem dimensão de quanto

a eficiência energética pode impactar em outros setores não energéticos. O resultado é a subvalorização e o menor investimento relacionado à eficiência energética e, como consequência, muitas oportunidades são perdidas. Esses benefícios perdidos representam o "custo de oportunidade" de não avaliar e priorizar adequadamente os investimentos em eficiência energética (Ryan & Campbell, 2012).

O *World Energy Outlook* da Agência Internacional de Energia (IEA 2012) observa que, embora a eficiência energética seja amplamente reconhecida como uma opção-chave nas mãos dos formuladores de políticas, os esforços atuais estão aquém de explorar todo o seu potencial económico. A IEA identificou amplas áreas amplas que precisam ser abordadas, entre as quais destacam-se: a eficiência energética deve ser tornada claramente visível, através do reforço da medição e divulgação dos seus ganhos económicos; o perfil da eficiência energética precisa ser elevado, de modo que as preocupações com a eficiência sejam integradas à tomada de decisões em todo o governo, indústria e sociedade; os formuladores de políticas precisam melhorar a acessibilidade da eficiência energética, criando e apoiando modelos de negócios, veículos de financiamento e incentivos para garantir que os investidores colham uma parcela adequada das recompensas.

Tendo em atenção essas questões, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu referências importantes para o setor energético com o estabelecimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), nomeadamente com o ODS7 - “Garantir o acesso a energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos”.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) declarados na “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” (United Nations, 2015) definiram novas metas a fim de “abordar algumas das barreiras sistêmicas ao desenvolvimento sustentável” e fornecer “melhor cobertura e equilíbrio entre as três dimensões do desenvolvimento sustentável - social, económico e ambiental”. O ODS7 em específico aborda adequadamente o aspeto económico (“Acessível”), aspetos sociais (“confiáveis” e “modernos”) e ambientais (“sustentáveis”) da energia.

Também neste sentido, a União Europeia (UE) deliberou em 14 de julho de 2020 por um Pacto Ecológico Europeu (Comissão Europeia, 2020), também conhecido como *European Green Deal*. O site da Comissão Europeia anuncia o desejo de transformar a

economia e a sociedade, esclarecendo que: "As alterações climáticas e a degradação do ambiente representam uma ameaça existencial para a Europa e o resto do mundo. Para superar estes desafios, o Pacto Ecológico Europeu transformará a UE numa economia moderna, eficiente na utilização dos recursos e competitiva, garantindo que:

- a) as emissões líquidas de gases com efeito de estufa sejam nulas em 2050;
- b) o crescimento económico esteja dissociado da utilização de recursos;
- c) ninguém nem nenhuma região seja deixado para trás".

Em termos práticos, o Pacto Ecológico Europeu tem potencial para gerar mais consequências do que as ODSs da ONU. Enquanto as ODSs referem objetivos a serem cumpridos a médio ou longo prazo (2030 e 2050), o pacto da UE vai gerar resultados em um intervalo de tempo mais curto.

As pretensões que o Pacto aborda são estruturais e tendem a provocar mudanças na economia e até na rotina dos habitantes do espaço europeu. As abordagens preventivas e de precaução, com certeza, são as melhores para proteger o meio ambiente, a saúde pública e a economia dos habitantes dos países do espaço europeu dentro de uma perspetiva de proteger as gerações futuras.

O projeto sintetizou em oito as medidas a serem tomadas, considerando os seus principais objetivos. Elas têm por foco: clima; ambiente e oceanos; energia; transportes; agricultura; desenvolvimento turístico e regional; indústria; investigação e inovação.

Com relação ao tema específico da energia, o Pacto Ecológico norteia-se por 3 princípios fundamentais de transição para as energias limpas, que contribuirão para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos europeus:

1. Assegurar um aprovisionamento energético da UE seguro e a preços acessíveis.
2. Instaurar um mercado da energia da UE plenamente integrado, interligado e digitalizado.

3. Dar prioridade à eficiência energética, melhorar o desempenho energético dos nossos edifícios e desenvolver um setor da energia fundado principalmente em fontes renováveis.

Para esse efeito, os principais objetivos da Comissão são os seguintes:

- Construir sistemas energéticos interligados e redes mais bem integradas para apoiar as fontes de energia renováveis.
- Promover tecnologias inovadoras e infraestruturas modernas.
- Impulsionar a eficiência energética e a conceção ecológica dos produtos.
- Descarbonizar o setor do gás e promover a integração inteligente entre setores.
- Capacitar os consumidores e ajudar os Estados-Membros a combater a pobreza energética.
- Promover as tecnologias e as normas energéticas da UE a nível mundial.
- Aproveitar todo o potencial da energia eólica marítima na Europa.

A Comissão Europeia adotou um conjunto de propostas legislativas com o objetivo de tornar as políticas da UE em matéria de clima, energia, transportes e fiscalidade aptas para alcançar uma redução das emissões líquidas de gases com efeito de estufa de, pelo menos, 55 % até 2030, em comparação com os níveis de 1990.

2.1 Direito da União Europeia

Uma busca nas normas e políticas da União Europeia, revela que, desde 1974, foram expedidas Comunicações do Conselho acerca da eficiência energética. Contudo, inicialmente eram normas vagas e insuficientes, assim como era também o entendimento acerca do tema de modo geral.

Apenas em 1996 foi publicada a Comunicação da Comissão Europeia denominada “Energia para o futuro: fontes de energia renováveis – Livro Branco para uma estratégia e um plano de ação comunitários (Comissão Europeia, 1996).

Esta Comunicação, somada ao Protocolo de Quioto (Tratado Internacional, 1997) sobre a redução de emissão de gases que contribuem para o efeito estufa, foi o ponto de partida para várias normas e políticas da União. Não obstante, grande destaque veio a ter o tema apenas no ano de 2005, com o Livro Verde sobre eficiência energética – fazer mais com menos (Comissão Europeia, 2005), com identificação das medidas em cada segmento de melhoria de potencial da eficiência energética e proposição de algumas medidas concretas para os Estados.

As indicações deste Livro Verde culminaram na Diretiva nº 2006/32/CE que, em síntese, visava economia de 9% de energia no nono ano de sua aplicação, indicando meios para alcance deste objetivo.

Após a publicação desta Diretiva, a UE continuou a regular o setor da eficiência energética através de outras normas. Destas, destacam-se a Comunicação da Comissão denominada “Plano de Ação para a eficiência energética: concretizar o potencial”, com indicação de medidas para redução de 20% no consumo anual de energia elétrica, que havia sido estabelecido como meta a ser alcançada até 2020.

Especificamente sobre eficiência energética nos edifícios, em 2010, foi aprovada a Diretiva nº 2010/31/CE (Comissão Europeia, 2010), tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como exigências em matéria de clima interior e de rentabilidade.

Como consta no item 2, esta Diretiva de Desempenho Energético de Edifícios estabelece requisitos no que se refere “ao quadro geral comum para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios e das frações autónomas; à aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios novos e das frações autónomas novas; à aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios existentes, frações autónomas e componentes de edifícios sujeitos a grandes renovações, elementos construtivos da envolvente dos edifícios com impacto significativo no desempenho energético da envolvente quando forem renovados ou substituídos e sistemas técnicos dos edifícios quando for instalado um novo sistema ou quando o sistema existente for substituído ou melhorado; aos planos nacionais para aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia; à certificação energética dos edifícios ou das frações autónomas; à inspeção regular das instalações de

aquecimento e de ar condicionado nos edifícios; aos sistemas de controlo independente dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspeção”.

Em suma, a Diretiva de Desempenho Energético de Edifícios exige que sejam emitidos certificados de desempenho energético para edifícios, dando aos proprietários e inquilinos uma maneira conveniente de medir o desempenho energético de suas residências. Além disso, exige que os Estados-Membros estabeleçam requisitos mínimos de desempenho para os novos edifícios e para os edifícios em grande renovação “com vista a atingir níveis ótimos de rentabilidade” e dá grande ênfase ao parque imobiliário existente, encorajando os Estados-Membros a promoverem e apoiarem a remodelação, além de definirem padrões mais elevados para os edifícios em reabilitação.

Logo em seguida, em 2011, a Comissão europeia publicou o Memorando denominado “Novo plano de eficiência energética da Comissão (Comissão Europeia, 2011), reiterando o objetivo de 20% de redução do consumo e assumiu que estavam a ser alcançados reduzidos progressos neste sentido. Ao fim, propôs o desencadear de um processo de renovação de bens imóveis públicos e privados, com vista a melhorar o desempenho energético dos equipamentos e promover a eficiência energética.

Após a publicação da Diretiva de Desempenho Energético de Edifícios de 2010, foram editadas outras normas relevantes no âmbito da eficiência energética tal como a Diretiva 2012/27/EU (Comissão Europeia, 2012). Especificamente para a eficiência energética nos edifícios, esta Diretiva propôs, em seus itens 27 a 34, que os consumidores finais tenham contadores individuais que reflitam com exatidão o consumo real de energia, com remodelação em prédios antigos e exigência de instalação para aprovação de projetos de novas construções.

2.2 Direito nacional

Os Estados-membros da UE vivenciam há muito uma “europeização” do seu Direito, que consiste em uma influência decisiva do Direito da UE na homogeneização dos regimes jurídicos aplicáveis nos Estados-membros. Ainda, os Estados-membros submeteram-se ao desenvolvimento de uma “função administrativa europeia”, baseada em integração e instituição de um espaço de “condomínio” entre administrações nacionais

e órgãos da Administração da UE, bem como à reconfiguração das estruturas da organização administrativa nacional em função de um desenho delineado pela UE, com alteração do tipo de missões das estruturas administrativas nacionais (Moniz, 2019).

Assim, o Direito interno dos Estados-membros espelha o Direito da UE em todos os temas que afetam a vida pública e privada, o que inclui a eficiência energética. Resta aos Estados-membros, apenas, a implementação de procedimentos para alcançar as Diretivas transpostas do Direito da UE para o Direito nacional.

Em Portugal, a Diretiva nº 2002/91/CE, de 16 de dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios, foi transposta pelos Decretos-Lei nº 78/2006¹, de 4 de abril, que aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), e pelos Decretos-Leis nº 79/2006² e nº 80/2006³, ambos de 4 de abril, que dão cumprimento à obrigatoriedade dos Estados-membros de implementarem um sistema de certificação energética que assegure a melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior nos edifícios e que garanta que estes passem a deter um certificado de desempenho energético.

Por sua vez, a Diretiva nº 2006/32/CE, que visava uma economia de 9% de energia no nono ano de sua aplicação, foi transposta para o Direito nacional pelo Decreto-lei nº 319/2009, de 3 de novembro, com o estabelecimento de objetivos, indicativos, mecanismos, incentivos e quadros institucionais, financeiros e jurídicos necessários para a eliminação das deficiências e obstáculos do mercado que impedem uma utilização final eficiente da energia, além de criar as condições para o desenvolvimento e promoção de um mercado de serviços energéticos e para o desenvolvimento de outras medidas de melhoria da eficiência energética.

Contudo, como consta no texto introdutório do Decreto-Lei nº 319/2009, grande parte das preocupações que levaram à aprovação e adoção da Diretiva nº 2006/32/CE já se encontrava na legislação nacional.

¹ <https://dre.pt/pesquisa/-/search/672458/details/maximized>

² <https://dre.pt/pesquisa/-/search/672459/details/maximized>

³ <https://dre.pt/home/-/dre/672456/details/maximized>

Este é o caso, por exemplo, da “Estratégia Nacional para a Energia”, aprovada pela Resolução de Conselho de Ministros n° 169/2005, de 24 de outubro (Estado Português, 2009)⁴, assim como dos Decretos-Leis n° 29/2006 e n° 30/2006, ambos de 15 de fevereiro, que impõem obrigações de serviço público relativas à promoção da eficiência energética e da utilização racional da energia, e o dever de “prestação de informação por parte de operadores e comercializadores, nomeadamente as necessárias ao exato conhecimento dos mercados elétrico e do gás natural”, que são as bases gerais da organização do Sistema Elétrico Nacional e do Sistema Nacional de Gás Natural.

Ainda, o Decreto-Lei n° 71/2008, de 15 de abril, que criou o “Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia”, já continha normas da Diretiva n° 2006/32/CE, e teve como destaque os seguintes objetivos: promover a eficiência energética, monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia, fazer o reconhecimento de técnicos e de entidades como auditores energéticos e autores de planos de racionalização dos consumos e promover a realização de auditorias de energia com carácter obrigatório.

Também o “Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) - Portugal Eficiência 2015 (Estado Português, 2015), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n° 80/2008, de 20 de maio, assumiu relevância no âmbito da Diretiva n° 2006/32/CE. Este Plano contemplou um conjunto de medidas que tinham como objetivo alcançar, até 2015, uma melhoria da eficiência energética equivalente a 10% do consumo final de energia, antecipando o prazo e ultrapassando a meta previstos na Diretiva n° 2006/32/CE.

O PNAEE, orientado para a gestão da procura energética, estava em articulação com o “Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) (Estado Português, 2004), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 119/2004, de 31 de julho, e com o “Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE) (Português, 2004a), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n° 1/2008, de 4 de janeiro.

⁴ <https://dre.pt/home/-/dre/483381/details/maximized>

Outras iniciativas legislativas que deram cumprimento à Diretiva n.º 2006/32/CE foram: a “Estratégia para as Compras Públicas Ecológicas 2008-2010 (Estado Português, 2007), aprovada através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 65/2007, de 7 de maio; o Decreto-Lei n.º 172/2006, de 23 de agosto, que estabeleceu o regime jurídico aplicável às atividades de produção, transporte, distribuição e comercialização de eletricidade, bem como à operação logística de mudança de comercializador e aos procedimentos aplicáveis à atribuição das licenças e concessões, com a cobrança de taxas administrativas a reverter para o Fundo de Eficiência Energética.

No que diz respeito à Diretiva n.º 2009/91/CE, de 16 de dezembro, sua transposição foi implementada pelos Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril, que aprova o “Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios” e os Decretos-Leis n.º 79/2006 e n.º 80/2006, ambos de 4 de abril. Por meio destes textos normativos, foi dado cumprimento à “obrigatoriedade dos Estados-membros de implementarem um sistema de certificação energética que assegure a melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior nos edifícios e que garanta que estes passem a deter um certificado de desempenho energético”. Foi prevista também a criação de uma bolsa de peritos qualificados, responsáveis pelas auditorias aos edifícios e elaboração e emissão dos respetivos certificados energéticos e da qualidade do ar interior.

Nesta temática, merece relevo o Decreto-Lei n.º 118/2013⁵, de 20 de agosto, que transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, de 19 de maio de 2010, possibilitando a melhoria da sistematização e âmbito de aplicação da certificação energética. Este Decreto-Lei consolidou num único documento o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Como consta na exposição de motivos do Decreto-Lei n.º 118/2013, houve a separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando o REH a incidir, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação e o RECS sobre os de comércio e serviços, o que facilitou o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos, ao

⁵ <https://dre.pt/pesquisa/-/search/499237/details/maximized>

mesmo tempo que reconheceu as especificidades técnicas de cada tipo de edifício naquilo que é mais relevante para a caracterização e melhoria do desempenho energético.

O Decreto-Lei nº 118/2013, também melhorou a definição dos requisitos de avaliação de desempenho energético dos edifícios, que passou a ter como base os seguintes pilares: em edifícios de habitação, o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas; em edifícios de comércio e serviços, além do comportamento térmico e da eficiência dos sistemas, também a instalação, a condução e a manutenção de sistemas técnicos.

A gestão do SCE compete à Agência para a Energia (ADENE), que, entre outras atribuições, faz o registo e acompanha o desempenho dos técnicos do SCE, sejam de instalação e manutenção, sejam peritos qualificados, nos termos da Portaria nº 349-A/2013, de 29 de novembro.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Entre os setores da economia, o energético é o setor mais fortemente conectado com questões de alteração climática. Por isso, vários artigos investigam suas correlações e interdependências. A maioria das pesquisas visa transformar uma grande quantidade de dados armazenados ou obtidos em tempo real em informações valiosas para melhorar os resultados de negócios e promover o desenvolvimento sustentável.

A cada dia, no setor de energia, grandes quantidades de dados são cada vez mais acumuladas e com uma maior variedade, no que diz respeito a formatos, taxas e tipologia, formando o que está sendo denominado de *Big Data* de energia (Gartner, 2014). Simultaneamente, a disponibilidade de dados em tempo real prolifera quando há aplicações crescentes de sensores, transmissões sem fio, comunicações de rede, tecnologias de computação em nuvem e dispositivos móveis inteligentes (Zhou et al., 2017).

Ocorre que *Big Data* e dados em tempo real trazem dificuldades para o gerenciamento tradicional da informação (Zhou et al., 2017) e afetam todas as partes da cadeia de fornecimento de eletricidade, bem como levam a mudanças na estrutura do mercado, nos modelos de negócios e nos serviços (Radenković et al., 2018; Lukić et al., 2017).

Em 2017, investigadores da Universidade da Lituânia (Koseleva & Ropaitė, 2017) corroboraram com o tema abordado acima e escreveram um artigo científico explorando a importância do gerenciamento dos dados para extrair valor e tomar decisões diferentes no setor da construção civil, especialmente no campo da eficiência energética dos edifícios, tema que tem se tornado uma das principais preocupações de uma sociedade sustentável e que tem atraído esforços crescentes de pesquisa e de desenvolvimento nos últimos anos.

Constataram que, para analisar e compreender o comportamento de consumo de energia dos indivíduos, melhorar a eficiência energética e promover a conservação de energia, o uso de *Big Data* é fundamental. Todavia, faz-se necessário resolver crescentes desafios, tais como o modo de coleta dos dados acumulados em um curto intervalo de

tempo, a grande quantidade de informações quando envolvem variadas dimensões e a limitação das aplicações existentes para processar grande quantidade de dados (Koseleva & Ropaite, 2017).

Não obstante, além dos problemas relacionadas ao enorme volume e velocidade para tratamento dos dados, que têm sido resolvidos a contento pelos “cientistas de dados”, há um outro grande desafio a ser superado, que é o da má qualidade dos dados (Gartner, 2014). A expressão “qualidade dos dados” pode ter significado diverso conforme as organizações: alguns priorizam métricas como precisão e consistência para medir a qualidade dos dados; outros focam na confiabilidade e integridade. Laranjeiro *et al.* (2015) definem a qualidade dos dados como o grau em que as características dos dados atendem aos requisitos, podendo ter um impacto enorme nos negócios, nas empresas ou mesmo na vida humana.

Contudo, independentemente destas variações, certo é que a qualidade dos dados é fundamental, pois tem influência substancial na própria solução de BI, especialmente no processo de tomada de decisão (Gawin & Marcinkowski, 2017). Isso, porque, por um lado, a alimentação dos sistemas com dados imprecisos pode levar a desnecessário tempo de pesquisa, trabalho extra e perda de potencial de informação (Jylhä & Suvanto, 2015); por outro lado, dados de alta qualidade permitem que as empresas criem projeções e previsões muito mais precisas, antecipem e resolvam problemas operacionais e criem estratégias proativas de eficiência energética.

Neste sentido, destacamos algumas referências ou tendências, organizadas pelos níveis de decisão nos campos de gestão estratégica, tática e operacional relacionado ao setor de energia.

Como já referido, as decisões estratégicas são tomadas a nível macro, referem-se às diretrizes a serem ao final alcançadas pelas organizações públicas ou privadas. Após a tomada de decisões estratégicas, devem ser definidas de forma tática as ações a serem tomadas em concreto. Trata-se de um nível intermédio para a realização dos objetivos amplos traçados. E, por último, as decisões operacionais são mais micro, focado na execução das ações de rotina das organizações. Por isso mesmo, executado pelas equipas, de acordo com suas diferentes funções e objetivos específicos.

No setor de energia, as decisões estratégicas governamentais e empresariais devem levar em consideração as melhores e mais atualizadas diretrizes em vigor no âmbito das organizações mundiais e, tratando-se de Portugal, necessariamente da União Europeia. As ODS são as referências a serem observadas segundo a ONU, enquanto o Plano Ecológico Europeu é a mais atual diretriz da União Europeia.

No âmbito governamental, a eficiência energética é apenas um dos caminhos possíveis para o reforço da segurança energética da economia nacional a par do aumento da utilização de recursos de geração de energias renováveis, celebração de contratos de longo prazo de fornecimento de recursos energéticos, introdução de normas e regulamentos sobre consumo de energia, participação em programas internacionais de pesquisa científica na área de energia, etc. Nota-se na literatura, no entanto, que em países desenvolvidos, a eficiência energética é colocada em primeiro lugar, sob o ponto de vista do impacto da energia no meio ambiente e das alterações climáticas, o que não ocorre nos subdesenvolvidos, nos quais minimizar impactos ambientais negativos está longe de ser prioridade (Armeanu et al., 2017; Finnerty et al., 2017; Stavitsky et al., 2018).

Nos países desenvolvidos, o estudo de melhorias para o setor energético é caracterizado por atenção especial aos efeitos da sociedade humana sobre a natureza e desejo de manter um ambiente favorável para as novas gerações (Poulsen & Johnson, 2016; Shindina et al., 2018). Já nos países em desenvolvimento, a política de melhoria da eficiência energética possui um contexto diferente, é considerada, em primeiro lugar, como a área de modernização de várias indústrias e empresas de forma a reduzir o custo de produção e aumentar a sua competitividade nos mercados mundiais, foco no reequipamento técnico e na modernização da produção industrial (Painuly et al., 2003; de Castro Camioto et al., 2016).

Ainda no âmbito das políticas públicas, importante referir que desde o final do século XX, muitos países reformularam o setor energético para diminuir a intervenção direta do Estado na economia (Priddle, 2001). A liberalização setorial traz mais concorrentes a este mercado constantemente dinâmico, o que faz com que os fornecedores de eletricidade, bem como as empresas de transmissão e distribuição, exijam mais perceções de negócios do mercado, bem como do comportamento dos clientes, para obter vantagens competitivas. A fim de captar uma compreensão mais granular do mercado e

agir de forma competitiva, diversos pesquisadores estão a propor soluções para apoiar o sistema de suporte à decisão, tais como analisar a variação dinâmica de preços em redes inteligentes modelando e simulando o mercado de distribuição de eletricidade (Sueyoshi & Tadiparthi, 2008), analisar o comportamento dos concorrentes no mercado (Sancho et al., 2008) e integrar sistema de informação em redes inteligentes (Ipakchi, 2007).

Consequentemente, um grande número de ferramentas de *software*, técnicas e abordagens de modelagem são usadas. A escolha de um modelo adequado é altamente complexa. Pesquisadores analisaram diferentes abordagens para modelagem de energia e escolha de qual ferramenta de *software* seria mais viável para uso nessas condições (Zia et al., 2019). Os resultados desses modelos poderiam incluir a viabilidade do sistema, a emissão dos gases de efeito estufa, os custos financeiros cumulativos, o uso de recursos naturais e a eficiência energética do sistema sob investigação. Após a seleção cuidadosa de uma ferramenta de modelagem, eles perceberam que a interpretação dos dados de saída ainda era uma tarefa complexa, pois requer o manuseio de uma grande quantidade de dados. Assim, em uma segunda parte do estudo eles analisaram e constataram que as utilizações de ferramentas de *Business Intelligence* seriam de grande valia para manipular e interpretar adequadamente esses dados. Especialmente no contexto de modelagem baseada em cenários, essas ferramentas podem fornecer representação gráfica de diferentes dinâmicas (Zia et al., 2019).

No âmbito da tomada de decisões táticas, há na literatura pesquisas apoiadas por sistemas de BI, especialmente quanto a análises de desvios da realização de planos para unidades organizacionais específicas, indivíduos ou indicadores, decisões relacionadas à direção de marketing, vendas, finanças e gestão de capital e previsão de procura por um determinado produto ou serviço. Com isso, são identificadas soluções variadas como previsão de procura de energia e necessidade de *retrofit* para otimização do consumo utilizando *Machine Learning*, por exemplo, para identificação de melhores soluções.

Neste sentido, Gawin e Marcinkowski (2017) conduziram estudo de uma grande cadeia de venda a retalho polaca entre as suas subsidiárias da Suécia, França e empresas sediadas no Reino Unido, para perceber se as fontes de dados para soluções de BI influenciavam o processo de tomada de decisão orientado para a eficiência energética. Os resultados da pesquisa sugerem que as organizações que seguem a aplicação de

benchmarking multidimensional permitem que os gestores lidem melhor com o consumo excessivo de energia e mantenham os custos baixos (Gawin & Marcinkowski, 2017).

Em 2020, um outro grupo de investigadores polacos (Sztubecka et al., 2020) desenvolveu um sistema de apoio à decisão inovador utilizando análise multicritério e Sistemas de Informação Geográfica (GIS). Os procedimentos dentro do sistema, denominado DGIS, podem ser apresentados na forma de fases, combinando trabalhos computacionais de acordo com o algoritmo de análise multicritério com trabalhos relacionados ao uso da tecnologia GIS. Concluíram que o sistema DGIS consiste em uma abordagem apta a fazer parte de novas estratégias de processamento de dados para construir os cenários de energia mais favoráveis em áreas urbanas. Isso porque, por um lado, fornece informações aos consumidores de energia sobre a localização do potencial de melhoria da eficiência energética e, por outro lado, permite uma melhor ação para adaptar as cidades às mudanças climáticas e proteção do meio ambiente.

No que diz respeito às decisões de nível operacional, os sistemas BI fornecem informações que podem ser usadas no dia a dia das operações de uma organização para abordar as ações específicas (Olszak & Ziemia, 2006), tais como identificar problemas ou “estrangulamentos de rede”. Para tanto, é relevante a gestão em tempo real. Os relatórios analíticos programados ou painéis fixos não são suficientes para satisfazer os tomadores de decisão da empresa na competição cada vez maior e nas necessidades e tecnologias dos clientes em rápida mudança (Azvine et al., 2005). Para tanto, tecnologias de redes inteligentes (Gungor et al., 2011) tem se tornado uma tendência para as indústrias e algo inevitável para análises em tempo real (Lukić et al., 2017). Isso, porque possibilitam que *insights* possam ser disponibilizados às pessoas certas exatamente quando e onde elas precisam (Azvine et al., 2005).

No que diz respeito à eficiência energética em uma dimensão dos usuários residenciais, as casas e os edifícios inteligentes surgem junto com as novas tecnologias com o emprego de medidores e redes inteligentes e tecnologias de sensores e sem fio. Estudos neste âmbito tentam reduzir a carga de eletricidade, mantendo a satisfação dos usuários por Sistema de Gestão de Energia para casas inteligentes (Al-Ali et al., 2017) e uma estrutura de BI de economia de energia para registrar o uso dos sistemas de HVAC - *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (Park et al., 2015). O primeiro estudo permite

que os consumidores estejam cientes de seu comportamento de consumo e proporciona uma interação próxima com os dispositivos elétricos pela facilidade para ajustar e otimizar seu consumo de energia, dito de outra forma, ajuda a aumentar a eficiência energética. Por sua vez, com o objetivo de tentar detetar o uso excessivo e inadequado de energia nos edifícios comerciais e residenciais, a pesquisa liderada por Park propõe uma estrutura de BI para que os gerentes dos edifícios possam descobrir oportunidades de economia dos sistemas energéticos e, em última análise, aumentar a eficiência energética.

Também neste sentido, investigadores holandeses (Walker et al., 2020) fizeram experiências e estudos de uso do *machine learning* para melhores previsões de procura de energia. Tinham como objetivos identificar como atingir a neutralidade energética por meio do uso maximizado de energia renovável produzida no local e como atingir o nível ideal de desempenho energético no nível do *cluster* de edifício. Para tanto, precisavam de previsões confiáveis de procura de energia de curto prazo (resolução menor que um dia), em escala, em diferentes níveis espaciais, especificamente, de bairros com limites definidos, como universidades e hospitais, por exemplo. No entanto, logo de início identificaram como obstáculo o facto de que as previsões e análises do desempenho energético dos edifícios ainda se concentra no nível de construção individual e não em pequena escala de bairro ou aglomerados de edifícios. Para conseguirem desenvolver as investigações, seleccionaram 47 edifícios comerciais para obtenção de dados. Avaliaram uma série de algoritmos de *machine learning* para preverem a procura de eletricidade em nível de edifício individual e nível agregado em intervalos de horas. A previsão da granularidade horária foi importante para entenderem a dinâmica de curto prazo, embora a maioria dos estudos de escala de bairro sejam limitados a resoluções de dados anuais, mensais, semanais ou diários.

Dois anos de dados foram usados no treinamento do modelo e a previsão foi realizada usando outro ano de dados não treinados. Algoritmos de *machine learning*, como *boosted-tree*, *random forest*, *SVM-linear*, *quadratic*, *cubic*, *fine-Gaussian*, assim como ANN foram analisadas e testadas para prever a procura de eletricidade de indivíduos e grupos de edifícios. Os resultados mostraram que *boosted-tree*, *random forest* e ANN forneceram os melhores resultados para predição na granularidade de hora em hora quando métricas como tempo computacional e precisão de erro são comparadas.

Em 2016, investigadores italianos já se preocupavam em como poderiam aplicar alta tecnologia para otimizar o processo de certificação energética. Valendo-se da magnitude dos edifícios registados na região da Lombardia e dos dados disponíveis em uma base de dados online, realizaram um estudo utilizando redes neuronais artificiais para prever indicadores de procura de calor como alternativa para agilizar e dar mais robustez às avaliações exaustivas e entrada de dados manuais que são utilizados até os dias atuais no processo de certificação energética dos edifícios. Várias combinações de recursos de entrada foram comparadas e otimizados de forma a seleccionar um modelo confiável e alcançar uma melhor precisão. Os resultados mostraram que o uso de 12 variáveis de um certificado de energia foram suficientes para estimar o indicador de procura de calor relacionado e os resultados finais indicaram que cerca de 95% das entradas estão dentro de ± 3 intervalos de confiança. (Khayatian et al., 2016).

Também em 2016, investigadores da New York University realizaram um estudo com a aplicação de *Machine Learning* aos dados de auditoria de energia para mais de 1100 edifícios da cidade de Nova York (NYC), apresentados em conformidade com a Lei local nº 87 (LL87), para identificar oportunidades de Medidas de Conservação de Energia (*Energy Conservation Measures – ECMs*) em todas as categorias do sistema de construção (por exemplo, sistema de distribuição, água quente sanitária, etc.). Um classificador de *Machine Learning*, especificamente um classificador de lista de regras descendente (*Falling Rule List – FRL*) voltado para o usuário e baseado em recursos binários derivados de dados da LL87, foi desenvolvido para prever a elegibilidade de ECM dado um conjunto específico de características de construção. No geral, o classificador FRL treinado teve um bom desempenho para prever o sistema de arrefecimento, sistema de distribuição, água quente doméstica, troca de combustível, iluminação e oportunidades de ECM de motores, que representam a maioria dos ECMs recomendados pelo auditor na amostra. Além disso, as listas de decisão linear desenvolvidas pelo modelo permitiram que as partes interessadas do edifício conduzissem facilmente auditorias simplificadas dos sistemas do edifício e identificassem possíveis oportunidades de ECM, limitando a entrada aos fatores mais relevantes e priorizando os prováveis candidatos a remodelagem (*retrofit*) (Marasco & Kontokosta, 2016).

Outras pesquisas mais recentes concluíram também que o *Machine Learning* pode adquirir resultados de previsão com maior confiabilidade ao comparar com outros métodos estatísticos ou físicos, o que pode economizar significativamente a mão de obra e reduzir o consumo de tempo. No entanto, para edifícios residenciais, por não existir um calendário regular de atividades para os diferentes residentes ou diferentes períodos de tempo, é difícil fazer previsões precisas, por estar relacionado a muitos fatores individuais. Por meio da comparação entre os métodos de *Machine Learning* único (ANN e SVM) e híbrido, pode-se ver que diferentes modelos possuem variadas características que são aplicáveis a múltiplas situações. Todos eles têm seus respectivos pontos fortes e fracos. Portanto, para diferentes casos, modelos adequados precisam ser selecionados com base em suas características individuais e processos de treinamento (Liu et al., 2019).

Mathew et al.(2014) pesquisaram técnicas na compilação de uma base de dados usando o DOE *Building Performance Database* (BPD) como um estudo de caso. Coletaram dados sobre mais de 750.000 edifícios residenciais e comerciais e descreveram o processo e os desafios de mapear e limpar dados de fontes distintas. Analisaram as distribuições de edifícios no BPD em relação à Pesquisa de Consumo de Energia de Edifícios Comerciais (CBECS) e Pesquisa de Consumo de Energia Residencial (RECS), avaliando grupos de pares de edifícios que estão bem ou mal representados e discutindo como as diferenças nas distribuições destes 3 conjuntos de dados (BPD, CBECS e RECS) impactam os casos de uso dos dados. Finalmente, discutiram a utilidade e as limitações do conjunto de dados atual e as perspectivas para aumentar seu tamanho e aplicativos. Chegaram à conclusão de que a disponibilidade de dados de construção em grande escala continua sendo um desafio, especialmente dados sobre as características do sistema de construção. Em teoria, existem muitos desses dados disponíveis - em desenhos, especificações, registos de manutenção, etc., mas muitos destes são efetivamente inacessíveis para uma aplicação mais ampla porque é amplamente distribuído, mal arquivado, em formatos personalizados e não tem clareza sobre quem é o proprietário dos dados e se eles podem ser compartilhados. Disso resulta que existe uma grande necessidade de padronizar os dados de construção, pois a falta de formatos de dados, termos e definições padrão é uma barreira contínua significativa para a realização de todo o potencial dos dados de *big energy* (Mathew et al., 2014).

Com um enfoque diferente, agora no que diz respeito ao comportamento dos consumidores, Oprea et al. (2020) realizaram pesquisas no sentido de definir adequadamente as taxas tarifárias de tempo de uso (ToU) para encorajar o consumo fora dos horários de pico, quando as taxas são mais baixas e aliviam o carregamento da rede. Propuseram uma metodologia para definir as taxas tarifárias Time-of-Use (ToU) e os intervalos de pico/fora de pico usando tecnologias de *big data* e *machine learning*. Verificaram as premissas considerando o grande volume de dados de consumo de mais de 4.200 consumidores residenciais registados em um período de implementação de medição inteligente que ocorreu na Irlanda de janeiro a dezembro de 2010. Calcularam a contribuição para o pico/fora do pico do consumo total e o usaram na definição das taxas de tarifa de ToU a partir da tarifa plana. Em seguida, a sensibilidade dos consumidores à mudança de tarifa de plano para ToU foi considerada para identificar a mudança de consumo. Os resultados mostram que usando ToU em vez de tarifa plana, o pico é reduzido em média de 5 a 7,5% e a economia anual fica em torno de 4%. Além disso, ao agrupar os consumidores, uma melhor alocação das tarifas é possível. Assim, o agrupamento foi proposto considerando a importância da alocação de tarifas no *Demand Side Management* (DSM) (Oprea et al., 2020).

Discussão

As fontes de literatura relacionadas ao BI aplicados sobre os requisitos precisos das atividades de gestão da Eficiência Energética dos edifícios são escassos. Por esse motivo a pesquisa foi ampliada para abranger desde o sistema de mercado de eletricidade, passando pela geração de eletricidade, até o sistema de transmissão e distribuição de eletricidade, simultaneamente no domínio da eficiência energética. Os estudiosos contribuíram com um número considerável de artigos parcialmente prescritivos, parcialmente exploratórios, revelando divergências entre a teoria e a prática.

A revisão da literatura também encontrou muitos estudos combinados de BI com outras ferramentas para aprimorar os resultados, enquanto outros construíram um aplicativo dentro do ambiente de BI. Infelizmente, nenhum estudo mediu a eficácia dos resultados associados ao BI, ou seja, não há indicadores que atestem as contribuições

significativas que aconteceram para a melhoria da qualidade e rapidez das decisões devido aos melhores resultados que foram entregues.

Além disto, a inteligência competitiva (IC) e o desenvolvimento sustentável - cunhados a partir do BI - raramente foram considerados pelos pesquisadores de BI na indústria de energia elétrica; assim, apenas um estudo se envolveu na dicotomia não resolvida e tentou explorar fatores críticos de IC na indústria de produção de energia (Momeni & Mehrafzoon, 2013).

As pesquisas se mostraram fragmentadas e dispersas, no qual o número de referências na literatura que propõem modelos de BI integrados para a gestão de energia é pequeno. Outro aspeto percebido foi que os modelos existentes não suportam uma ampla gama de atividades e variáveis subjacentes ao gerenciamento de energia e a maioria dos modelos apresenta alguma limitação de abrangência territorial. Em ambos os casos, as propostas de solução existentes são um ponto de partida para desenvolver nossa proposta de modelo.

A nossa proposta irá incluir, por exemplo, dimensões de espaço, tempo, clima, eficiência energética e emissão de CO². Além disso, como resultado da revisão dos relatórios de análise de dados de energia, também criaremos dimensões para integrar toda a cadeia de valor desde às fontes de energia até o consumidor final de forma a entregar melhores resultados no âmbito da tomada de decisão (estratégica, tática e operacional), desenvolvimento sustentável e inteligência de mercado.

4 UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE *BUSINESS INTELLIGENCE* PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

4.1 Contextualização

O desenvolvimento sustentável promove o equilíbrio entre 3 pilares do desenvolvimento: o económico, o social e o ambiental. Como referido, em 2015, a ONU adotou a Agenda de Desenvolvimento 2030 e aconselhou um novo quadro de indicadores para a cooperação internacional em busca de desenvolvimento com esta tríplice preocupação. Trata-se de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que reforçam os “objetivos de desenvolvimento do milénio” adotados em 2000, com intensificação, notadamente, do seu escopo ambiental. No mesmo sentido, a UE estabeleceu em 2020, o seu Pacto Ecológico, que consiste na nova estratégia de crescimento sustentável e tem como segundo pilar, “energia limpa, acessível e segura”.

Em 2016, na Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC), diversos países, entre os quais está Portugal, assumiu o objetivo de atingir a “neutralidade carbónica” até 2050. Para tanto, foi desenvolvido o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050), publicado em Portugal pela Resolução de Conselho de Ministros nº 107/2019, de 1 de julho, que estabeleceu a estratégia de desenvolvimento a longo prazo com baixas emissões de gases com efeito de estufa, apontando a visão, as trajetórias e as linhas de orientação para as políticas e medidas a serem concretizadas.

Pelo que consta no RNC2050, no período de 2021-2030 devem estar concentrados os maiores esforços de redução de emissões de gases com efeito de estufa (GEE), motivo pelo qual esta década é essencial para o alinhamento da economia nacional com uma trajetória de neutralidade carbónica. Em articulação com os objetivos do RNC2050, foram estabelecidas metas ambiciosas, mas exequíveis, para o horizonte 2030 e estas foram transpostas para o Plano Nacional Energia e Clima (PNEC), que se constitui como o principal instrumento de política energética e climática nacional para esta década e rumo a um futuro neutro em carbono.

Portugal tem potencial para estar na vanguarda da transição energética e alcançar uma economia neutra em carbono e, inclusive, tem defendido a nível nacional e da UE as seguintes metas expressas na Figura 7 abaixo:



Figura 7- Metas 2030. Fonte: Website Portugal Energia (PNEC 2030)

Para dar corpo à visão estratégica de Portugal e garantir o cumprimento das metas e dos objetivos definidos para o horizonte 2030, foram estabelecidos oito objetivos à nível tático, representados na Figura 8 abaixo⁶:



Figura 8 - Objetivos nacionais para o horizonte 2030
Fonte: PNEC 2030 (pág. 14)

⁶ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/pt_final_necp_main_pt.pdf (pág. 14)

Estes 8 objetivos táticos nacionais definidos para o horizonte 2030 vão ao encontro da concretização da estratégia do Plano Nacional Energia e Clima (PNEC) e demonstram que Portugal apoia e busca concretizar os ODS da ONU.

Entre os ODS, para fins do nosso trabalho, destacamos o sétimo, consistente em “garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e limpas para todos”. Este ODS está estreitamente conectado com as dimensões de eficiência energética e de descarbonização da economia e tem como uma de suas linhas de concretização, mobilizar os esforços necessários para promover a eficiência energética através da renovação e reabilitação de edifícios.

A eficiência energética é um dos vetores mais importantes para concretizar uma transição para uma economia neutra em carbono, ao mesmo tempo que gera crescimento, emprego e oportunidades de investimento. Por esta razão, a eficiência energética é assumida não só como uma oportunidade de desenvolvimento e modernização, mas também como a fonte energética prioritária, no sentido em que “a energia que não é produzida/consumida é a energia mais segura, mais limpa e mais barata”. Esta visão encontra-se em linha com a política comunitária, uma vez que a UE definiu como um dos princípios orientadores da sua política energética, a “eficiência energética em primeiro lugar” (*energy efficiency first*).

Reabilitar e tornar os edifícios mais eficientes, permite atingir vários objetivos em simultâneo, seja pela redução da fatura energética e das emissões de CO², seja pela melhoria da saúde e do conforto, motivos pelos quais deve ser uma prioridade.⁷

Iremos realizar análises de indicadores e metas de decisão estratégica, nomeadamente os decorrentes do ODS 7, e de decisões táticas e operacionais, em especial os definidos pelo Plano Nacional Energia e Clima de Portugal, a fim de verificar se é válida a seguinte hipótese: “a aplicação de uma abordagem de *Business Intelligence & Analytics* pode muito contribuir para melhorar a eficiência energética dos edifícios residenciais e, assim, contribuir para que Portugal cumpra os compromissos do desenvolvimento sustentável assumidos”.

⁷ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/pt_final_necp_main_pt.pdf (pág 91).

Para realizar a análise das metas e indicadores mencionados acima, precisaremos inicialmente definir qual ferramenta de *Business Intelligence* melhor se aplica às nossas necessidades. Em seguida, investigar onde e como selecionar os dados a serem trabalhados. Por fim, aplicar a metodologia ETL para extrair, transformar e carregar os dados selecionados para serem trabalhados e visualizados em um formato que ajude nas tomadas de decisões em prol da eficiência energética em Portugal.

4.2 Escolha da ferramenta de *Business Intelligence*

As plataformas de *Business Intelligence* são ferramentas que auxiliam na análise e visualização dos dados. Embora todas as plataformas tenham funcionalidades semelhantes, são distintas e possuem vantagens e desvantagens que fazem com que a escolha não seja um processo simples. Para a implementação de um modelo de BI, devem ser consideradas as características do *software* para a visualização dos resultados. Ali *et al.* (2016) apresentam algumas características para comparar as diferentes ferramentas, conforme concretizado na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Análise comparativa das ferramentas de Business Intelligence (Ali et al., 2016)

Ferramenta	Licenças	Vantagens	Desvantagens
Tableau public	Free trial	<ul style="list-style-type: none"> . Leve e seguro . Fácil implantação na produção . Conexão a múltiplas fontes de dados . Interface amigável 	<ul style="list-style-type: none"> . Os dados são públicos . Conexões limitadas . Espaço limitado para importação de dados . Sem confidencialidade
Microsoft Power BI	Free trial	<ul style="list-style-type: none"> . Baixo custo . Os relatórios podem ser atualizados em tempo real e exibir resultados atualizados automaticamente para os tomadores de decisão. . Linguagem de transformação de dados poderosa. 	<ul style="list-style-type: none"> . Recursos de tratamento de dados para versões gratuitas . Relações fracas entre tabelas . Linguagem DAX é muito poderosa, mas um pouco complicada.
IBM Cognos	Comercial	<ul style="list-style-type: none"> . Segurança de dados . Business Key Intelligence com API: interconexão com várias fontes de dados . O ambiente de autoria é projetado para adotar formatos de dados complicados. . Excelente como ferramenta de negócios 	<ul style="list-style-type: none"> . Grande curva de aprendizado . O layout na tela para alterar as propriedades do relatório é impressionante . Muitas interfaces para criar modelos e relatórios que não são integrados
Pentaho	Comercial	<ul style="list-style-type: none"> . Ideal para dados baseados em XML e JSON . Estável, robusto e confiável . Relatórios analíticos interativos úteis e fáceis de usar . Suporte da comunidade e excelente documentação 	<ul style="list-style-type: none"> . O tipo de gráficos e layouts propostos para diagramas e tabelas são limitados . O console do usuário Pentaho é difícil de usar

Após análise das ferramentas mais relevantes de BI indicadas na Tabela 2, em especial quanto aos custos de implementação, vantagens e desvantagens, optamos pela ferramenta Power BI da Microsoft em sua versão *Desktop*. Para além das comparações que constam na tabela, pesou também na decisão a integração com diversas fontes de dados, a infraestrutura na nuvem e o fácil compartilhamento de dados, relatórios e *dashboards* com as demais ferramentas da Microsoft (Excel, Word, Power Point, *etc.*).

4.3 Identificação das necessidades de informação

Dos 17 objetivos e 169 metas associadas à Agenda 2030, este estudo dá ênfase ao 7º objetivo (ODS7), que visa “garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos”, com abordagem de aspetos económicos acessíveis, sociais

confiáveis e ambientais sustentáveis. Além disso, relaciona-se ao objetivo de “eficiência energética” do Pacto Ecológico da UE.

Para identificarmos as informações necessárias para nossa análise, partimos das metas e dos indicadores a um nível mais estratégico, que são os específicos do ODS7, dispostos na Figura 9 abaixo:

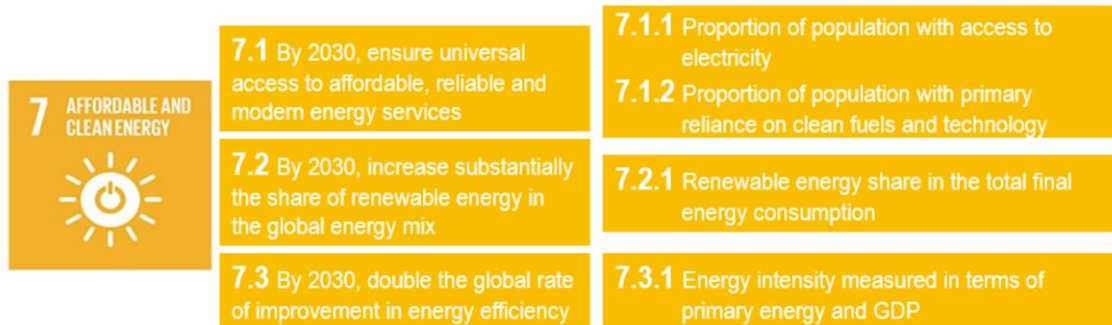


Figura 9 - Metas e indicadores do ODS 7.
(Fonte: Web Site Das Nações Unidas. <https://sdgs.un.org/goals/goal7>)

Após identificação dos indicadores e metas pelos quais os países estão a ser monitorizados e cobrados especificamente com relação ao ODS7, buscamos perceber em que nível de cumprimento Portugal se encontra, o que está consolidado na Figura 10 abaixo:

SDG7 – Affordable and Clean Energy			
Population with access to electricity (%)	100.0	2018	● ↑
Population with access to clean fuels and technology for cooking (%)	100.0	2016	● ↑
CO ₂ emissions from fuel combustion for electricity and heating per total electricity output (MtCO ₂ /TWh)	0.9	2019	● ↑
Share of renewable energy in total primary energy supply (%)	23.2	2019	● ↑

Figura 10 - Desdobramento dos indicadores do ODS7 em Portugal
(Fonte: Web Site das Nações Unidas)

Vê-se na Figura acima que Portugal alcançou as metas do ODS7 e, conseqüentemente, a pontuação máxima, motivo pelo qual tem a Figura 10 acima sinalizada em sua totalidade com a cor verde. O círculo verde representa que a meta foi alcançada e a seta verde indica que Portugal está no caminho certo e a conseguir manter o alcance das metas desta ODS.

Não obstante, quando se analisa a situação de Portugal diante dos 17 ODS, verifica-se que o que foi alcançado na ODS7 é uma exceção. De facto, como demonstra a Figura 11 abaixo, em relação aos demais ODS, Portugal tem indicadores nas cores

amarela, laranja e vermelho que, respetivamente, significam que os “desafios permanecem”, que os “desafios significativos permanecem” e que os “principais desafios permanecem”.



*Figura 11 - SDG Dashboards and Trends – Portugal.
(Fonte: Web Site Das Nações Unidas. <https://sdgs.un.org/>)*

Existem interdependências entre todos os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e, conforme demonstra o relatório do ICSU, "embora a energia não seja necessária em si, é um ‘recurso’ vital necessário para cumprir todas as outras metas do desenvolvimento sustentável". Apenas para citar alguns exemplos de mais fácil perceção, o ODS7 tem uma forte influência na saúde (ODS3), na erradicação da pobreza (ODS1), na mudança climática (ODS13), na educação (ODS4), nas oportunidades produtivas (ODS8), na infraestrutura/industrialização (ODS11) e no consumo sustentável (ODS12). A questão é que “sem cumprir o ODS7, é impossível cumprir essas outras metas”. Por outro lado, o ODS7 pode estar sujeito aos entraves e contrapesos fornecidos pelas outras metas. Por exemplo, “os projetos de energia renovável necessários para cumprir a Meta 7.2 devem ser cuidadosamente localizados para evitar impactos negativos sobre a biodiversidade terrestre e/ou oceânica local” (ODS14 e ODS15) (International Council for Science, 2015, p. 41).

Entre todos os ODS que se relacionam com o ODS7 (energia limpa e acessível), destacamos o ODS13 (alterações climáticas), porque os sistemas energéticos impactam diretamente na emissão de gás carbónico. Portanto, verificamos em que estágio está o cumprimento das metas do ODS13 por Portugal.

Identificamos que, embora Portugal esteja com todos os indicadores do ODS7 verdes (“cumpridos”), o mesmo não ocorre com indicadores do ODS13 que ainda estão com as cores laranja (“desafios significativos permanecem”) e vermelha (“principais desafios permanecem”), como demonstra a Figura 12 abaixo:

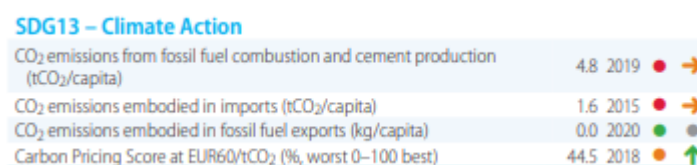


Figura 12 - Desdobramento dos Indicadores do ODS13.
Fonte: Web Site Das Nações Unidas. <https://sdgs.un.org/>

Pelo exposto, identificamos que, para obtermos uma perceção abrangente da eficiência e sustentabilidade no consumo de energia em Portugal, não seria suficiente analisarmos os indicadores do ODS7 apontados na Figura 10. Por isso, buscamos identificar outros indicadores que pudessem contribuir para nossa análise e que estivessem sustentados pelo ODS13 da ONU, pelo objetivo de eficiência energética do Pacto Ecológico da UE e pelo Plano Nacional Energia e Clima (PNEC) de Portugal.

Identificamos 6 indicadores com este perfil, relacionados na Tabela 3⁸ abaixo:

⁸ Metadados sobre estes indicadores disponíveis no Apêndice 1

Tabela 3 - Indicadores de Eficiência Energética (Fonte: EU Energy in Figures)

	Indicador	Definição	Relevância
1	Intensidade energética da economia	A intensidade energética da economia expressa o consumo interno bruto de energia em relação à economia nacional (a quantidade de energia necessária para produzir uma unidade do PIB). Representa o consumo interno bruto de energia (calculado em toneladas equivalentes de petróleo - tep) em relação ao PIB.	O desenvolvimento sustentável significa assegurar a energia necessária, mas não aumentando a sua utilização (exceto as renováveis), mas aumentando a eficiência, modernizando tecnologias e reestruturando a economia.
2	Consumo final de energia por setor	Soma as quantidades de energia utilizadas em diferentes setores para a obtenção de bens e serviços materiais. Não estão incluídas as quantidades utilizadas para fins não energéticos e as utilizadas para a produção de outros combustíveis. Consumo no setor de energia e perdas na condução e distribuição também não estão incluídos	Avalia o grau de dependência energética ao nível do setor.
3	Consumo de energia primária	O consumo de energia primária engloba o consumo de energia dos utilizadores finais, como indústria, transportes, famílias, serviços e agricultura, para além do consumo do próprio sector de energia, das perdas ocorridas durante a transformação e da distribuição de energia. O indicador mede a procura total de energia de um país, excluindo todo o uso não energético de transportadores de energia (por exemplo, gás natural utilizado para produzir produtos químicos e não para combustão). (Metainformação - Eurostat).	Avalia a procura total de energia de um país.
4	Consumo de energia final	O consumo de energia final corresponde à energia total consumida pelos utilizadores finais, como os agregados familiares, a indústria e a agricultura. Trata-se da energia que chega à porta do consumidor final e exclui a que é utilizada pelo próprio setor energético. O consumo de energia final exclui a energia utilizada pelo setor energético, incluindo para fornecimento, e pelos processos de transformação. Exclui ainda o combustível transformado nas centrais hidroelétricas de autoprodutores industriais e o coque transformado em gás de alto-forno quando não se enquadra no consumo industrial geral, mas sim no setor de transformação.	Avalia a energia total consumida pelos diferentes utilizadores.
5	Participação da eletricidade de fontes renováveis na energia elétrica total	Mede a participação da eletricidade gerada por fontes renováveis na eletricidade total. A energia produzida a partir de fontes renováveis de energia inclui: energia gerada por usinas hidrelétricas (excluindo bombeamento), eólica, solar, geotérmica e eletricidade obtida a partir de biomassa / resíduos. Biomassa / resíduos incluem energia gerada a partir da queima de madeira e outros resíduos sólidos (por exemplo, palha), incineração de resíduos municipais, biogás (incluindo resíduos enterrados, esgoto e gases agrícolas) e biocombustíveis líquidos.	Destaca a relação entre a eletricidade gerada por fontes renováveis e a produção total de eletricidade.
6	Emissão de Gases de Efeito Estufa por setor	Destaca as emissões de gases com efeito de estufa (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC e SF ₆) por setores de atividade (fontes de emissão) definidas pela Agência Europeia do Ambiente: energia, processos industriais e outros produtos, resíduos, agricultura, outros.	Mostra a contribuição das fontes básicas (dos setores de atividade como fonte de emissão) de GEE nas emissões totais de gases de efeito estufa.

Identificadas as informações que serão necessárias para nossa análise, passamos as etapas de extração, transformação e carregamento, próprias da metodologia ETL.

4.4 Metodologia ETL

Como referido, o processo de *Business Intelligence* faz a gestão dos dados brutos a serem analisados de acordo com os critérios estabelecidos e processados por meio de análise humana, a fim de gerar informações que agreguem valor à organização (Bouaoula

et al., 2019). Para tanto, inclui as fases de identificação dos problemas e das necessidades de dados, aquisição de dados, armazenamento e análise das informações.

Após a identificação dos problemas e das necessidades de dados, referidas nos tópicos anteriores, seguiremos o processo metodológico com abordagem ETL (Extrair, Transformar, Carregar), apresentada de forma resumida na Tabela 4 abaixo e detalhada nas subsecções a seguir.

Tabela 4 - Processo ETL de tratamento dos dados

	Processo ETL	Fonte / ferramenta:	Detalhamento
E	Extração/Seleção dos Dados	Fontes: https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/energystatistical-pocketbook_en https://www.pordata.pt/ODS https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_perfsdg&objetivo=7&indicador=7.3&indicador2=7.3.1 https://www.sce.pt/estatisticas/	Dados publicados pela Comissão da UE, DG Energia. Base de dados pública da PORDATA e do Instituto Nacional de Estatística. Dados públicos de emissão de certificados energéticos (SCE-ADENE)* * Os dados foram reunidos por tema em ficheiros MS Excel e já pré-tratados
T	Transformação dos Dados	MS Power BI Query	Os dados oriundos dos ficheiros Excel foram tratados, limpos e adaptados no Power Query Editor para serem carregados.
L	Carregamento/Visualização	MS Power BI	Os dados foram carregados para a base de dados do Power BI, para que fosse possível gerar as relações, relatórios e análises.

4.4.1 Extração e Seleção de Dados

Como referido, a extração e seleção dos dados é a primeira etapa do processo ETL para tratamento de dados. Considerando que, nesta etapa, serão utilizados apenas “dados abertos” (*open data*), importa referir que se trata de informações acessíveis a todos, em um formato que possam ser processadas, disponíveis *online*, a custo zero e sem limites de reutilização e redistribuição. Os avanços nas tecnologias da informação e sua crescente adoção pelas administrações públicas por meio do governo eletrónico e agora de estratégias de governo inteligente têm permitido que grandes quantidades de dados de uma ampla variedade de fontes sejam coletadas, processados, disseminados e preservados.

As fontes de dados abertas necessárias para atender a abordagem dos indicadores elencados na Tabela 4 acima e seus desdobramentos, implica o envolvimento de dados e relatórios publicados pelos setores de energia, clima e estatística a nível global, europeu e nacional, tais como: DG Energy, Eurostat, DG Climate Action, International Energy Agency (IEA), the International Renewable Energy Agency (IRENA), United Nations Statistics Division (UNSD), World Bank, ADENE, PORDATA, INE, Plano Nacional de

Energia e Clima 2030 (PNEC) e o Relatório nacional sobre a implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.

Após vasta pesquisa, identificamos o relatório “EU Energy in Figures”⁹ disponibilizado no *website* oficial da Comissão Europeia. Trata-se de um boletim estatístico publicado anualmente que fornece uma visão geral das estatísticas relacionadas com a energia na UE e em cada um dos países que a compõe. Inclui, por exemplo, dados sobre produção, consumo, emissões de gases de efeito estufa, importações e breves estatísticas socioeconómicas.

No mesmo *website* elencado acima, é possível fazer o *download* de um ficheiro MS Excel, emitido semestralmente (última atualização 30/07/2021). Este engloba todos os Estados-membros da UE e apresenta, em um formato comparativo, séries temporais de longo prazo (1990 – 2019) dos balanços de energia, geração de eletricidade e calor, principais indicadores de energia, cogeração, combustíveis para transporte e emissões de gases de efeito estufa.

Este ficheiro MS Excel de nome “energy_statistical_countrydatasheets.xls” possui dados consolidados por país em uma única folha. A partir dele, extraímos os dados brutos para construção de tabelas menores segmentadas por tema e com um tratamento prévio dos dados, como, por exemplo, a transposição das linhas em colunas e a eliminação de dados desnecessários. Este procedimento permitiu-nos organizar melhor a estrutura dos dados, de tal forma que conseguimos relacionar as tabelas ao carregar no MS Power BI, obtendo as respostas aos indicadores elencados na Tabela 3 de uma forma mais efetiva. Esta transformação dos dados será mais detalhada na subsecção a seguir.

Para obtermos os dados que nos permitissem aprofundar as investigações a respeito de quais seriam os principais influenciadores (positivos e negativos) das metas de eficiência energética a um nível mais tático e operacional em Portugal, recorreremos aos dados e relatórios disponibilizados pela ADENE, pelo INE e pela PORDATA. Seguem abaixo as informações de cada conjunto de dados e a entidade que os administra.

⁹ https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/energy-statistical-pocketbook_en

Tabela 5- Indicadores Operacionais

Indicador	Fonte
Estatísticas da Certificação Energética dos Edifícios	ADENE https://www.sce.pt/estatisticas/
Edifícios de habitação familiar clássica	PORDATA https://www.pordata.pt/Subtema/Municipios/Edif% c3%adcios-210
PIB per Capita	PORDATA https://www.pordata.pt/Subtema/Municipios/Produto-428
População de Portugal por Município	PORDATA <a href="https://www.pordata.pt/Subtema/Municipios/Popula%
c3%a7%c3%a3o+Residente-214">https://www.pordata.pt/Subtema/Municipios/Popula% c3%a7%c3%a3o+Residente-214
Poder de compra per Capita	PORDATA https://www.pordata.pt/Municipios/Poder+de+compra+per+capita-118
Consumo de energia elétrica por habitante (total e por tipo de consumo) ¹⁰	PORDATA https://www.pordata.pt/Subtema/Municipios/Energia-195

Ao final do processo de extração dos dados dos respetivos portais e/ou *websites*, os arquivos descarregados no formato MS Excel já foram previamente tratados para posterior exportação ao MS Power Query Editor.

Assim como no grupo de dados tratados anteriormente para responder aos indicadores da Tabela 3 (Indicadores de Eficiência Energética), este conjunto de dados também já foi previamente organizado no MS Excel para facilitar as subseqüentes

¹⁰ Metadado disponível no Apêndice 1

transformações e carregamentos necessários para melhor conseguir analisar os indicadores elencados na tabela 5 (Indicadores Operacionais).

4.4.2 Transformação e Carregamento dos Dados

Ao analisar os conjuntos de dados obtidos, algumas dificuldades para integração dos dados foram identificadas. Para integração e qualidade de dados, tomou-se como referência a Tabela 6 abaixo (Laranjeiro *et al.*, 2015), que mostra as diferentes dimensões da qualidade dos dados:

Tabela 6 - Dimensões de qualidade de dados. Fonte: (Laranjeiro *et al.*, 2015)

Category	Dimension	Description
Intrinsic	Accuracy	Data is correct (error-free) and reliable.
	Believability	Degree to which data is seen as credible and true.
	Objectivity	How impartial the data is.
	Reputation	Data contents or source are kept in high consideration.
Contextual	Appropriate amount	How suitable is the quantity of the data.
	Completeness	Refers to the scope of the information in the data.
	Relevancy	How usable, applicable, or interesting the data is.
	Value-added	Data provides a competitive advantage.
	Timeliness	The age of the data.
Representational	Concise representation	Data is compactly represented.
	Ease of understanding	How clear, readable, or understandable the data is.
	Interpretability	The extent to which the data meaning is explained.
	Consistency	Data continuously presented in the same format.
Accessibility	Access security	Access is secure or can be restricted.
	Accessibility	The degree to which the data is retrievable.

Dadas as conclusões acima, as seguintes atividades foram realizadas para integração e limpeza de dados:

- Unificação de tipos de dados para as variáveis;
- Verificação e padronização de unidades de medida principalmente para energia;
- Verificação e padronização de unidades de medida principalmente para energia;
- Cálculo de novas variáveis (% de cada classe de EPC pelo total de EPCs emitidos; % de Classe A + % Classe B de EPCs; PIB 2019 por Região; Intensidade Energética por Região);
- Correção de dados numéricos informados incorretamente;

- Identificação de dados nulos, vazios e ausentes.

Após o processo de limpeza de cada conjunto de dados (normalização dos tipos de dados, identificação de *outliers*, nulos, vazios ou dados inconsistentes), estes foram armazenados em um conjunto de 12 tabelas.

O processo de transformação dos dados, como referido na Tabela 4 (Processo ETL para tratamento de dados) acima, foi realizado no *software* Power Query Editor. Posteriormente, o conjunto de dados foi carregado no MS Power BI, estabelecendo o modelo entidade-relacionamento, também conhecido pela sigla MER, separados por dois grandes conjuntos de dados, cada um com seis entidades (tabelas).

Fizemos a divisão organizacional das entidades (tabelas), atributos (colunas) e relacionamentos para melhor estruturarmos e respondermos aos indicadores elencados nas Tabelas 3 e 5. Cada conjunto de entidades de dados está identificado pelas Figuras 13 e 14 abaixo:

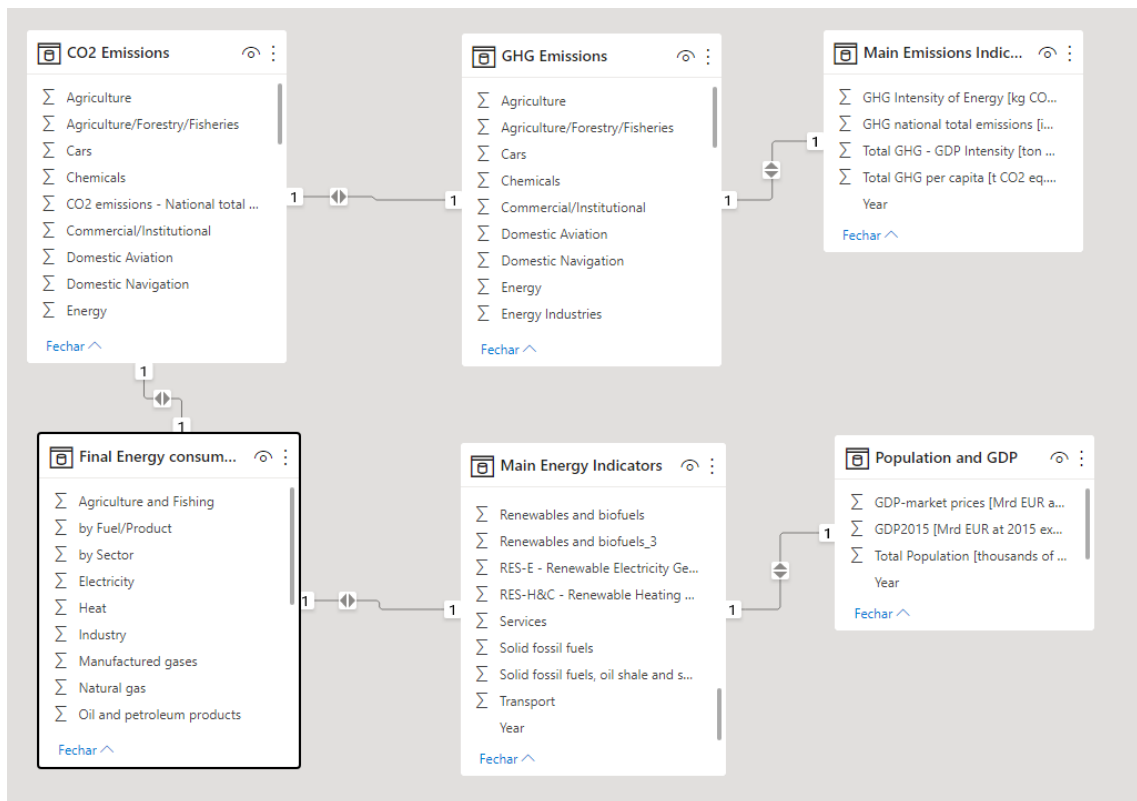


Figura 13 – Modelo Entidade-Relacionamento da Base de Dados (a)

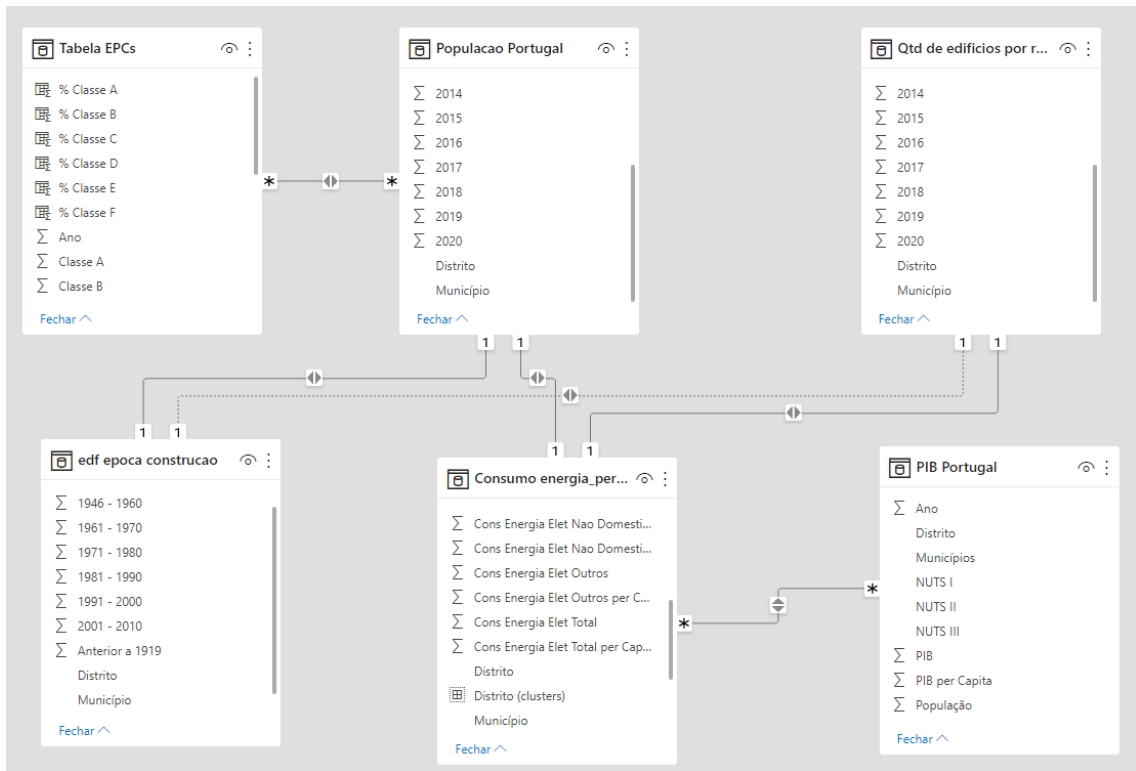


Figura 14 - Modelo Entidade-Relacionamento da Base de Dados (b)

Uma vez que as informações foram organizadas e ficaram consistentes no *software*, a visualizações dos dados permitiu-nos o seguinte:

- Identificar o perfil de consumo de energia em Portugal, por setor económico, por região, *per capita*.
- Analisar os principais indicadores de energia: intensidade energética, consumo total e final, produtividade energética, percentual de energia renovável sobre o total produzido/importado, *etc*.
- Analisar os principais emissores de gases de efeito estufa.
- Verificar o consumo final de energia por análise setorial e por regiões.
- Analisar detalhadamente os Certificados de Eficiência Energética emitidos em Portugal.
- Verificar outras derivações e correlações com a população, com o Produto Interno Bruto (PIB), com poder de compra da população, com a idade da construção dos

edifícios, com a quantidade de edifícios por município/região, com o tipo de edifício (se é para habitação ou para serviços), entre outras.

4.4.3 Visualização

Com as transformações visuais do conjunto de dados carregados no MS Power BI em gráficos e *dashboards*, elencamos abaixo as descobertas e resultados de nossa análise subdividindo as seções pelos diferentes níveis de decisão que um processo de *Business Intelligence* pode abranger.

4.4.3.1 Visão Estratégica

Por uma visão estratégica global, tem-se que o mundo está em busca de progredir em direção ao ODS7 e ao objetivo de eficiência energética do Pacto Ecológico da UE. Há sinais positivos que apontam que a energia está mais disponível e sua geração e consumo está se tornando mais sustentável, uma vez que o acesso à eletricidade nos países mais pobres começou a acelerar, a eficiência energética continua a melhorar e as energias renováveis estão obtendo ganhos no setor elétrico.

O relatório *The Energy Progress Report* monitora e avalia as conquistas na busca global por acesso universal a uma energia fiável, sustentável e moderna até 2030. Os dados mais recentes disponíveis (edição 2021)¹¹ encontram-se na Figura 15 abaixo:

¹¹ https://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/2021_tracking_sdg7_report.pdf

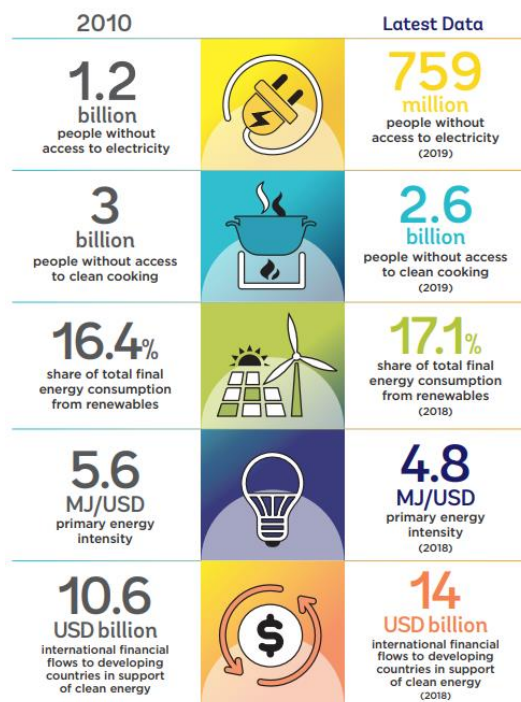


Figura 15 - Primary indicators of global progress toward the SDG 7 targets (fonte: Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2021)

Em um contexto europeu, o desenvolvimento sustentável é estratégico e está na essência dos projetos e Tratados da UE. De facto, a UE reconhece a importância de abordar conjuntamente as dimensões económica, social e ambiental, preconizando um modelo de desenvolvimento que satisfaça as necessidades presentes, sem comprometer as das gerações futuras.

Todavia, no que diz respeito especificamente ao ODS7, nem todos os países europeus estão em linha com as metas estabelecidas. Na Figura 16 abaixo, apenas os países destacados em verde alcançaram o que propuseram:

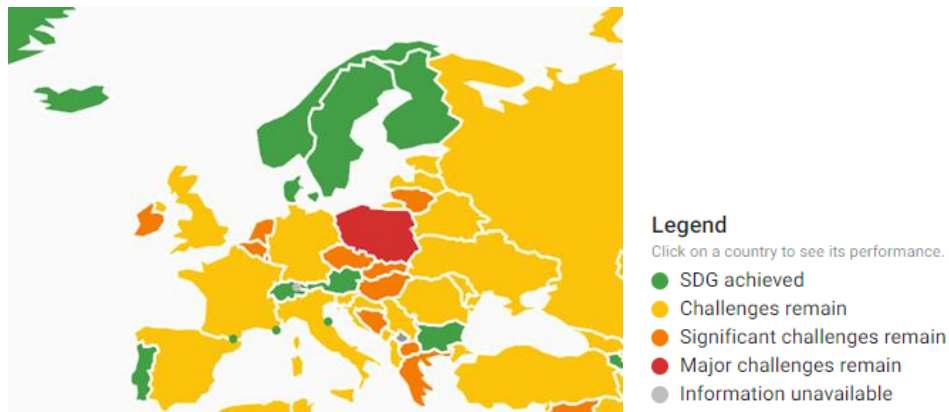


Figura 16 - SDG Dashboards and Trends (Fonte: Sustainable Development Report)

As estratégias e planos nacionais que Portugal tem vindo a adotar para atingir as metas relativas especificamente ao ODS7 está a resultar e a contribuir para que a Europa continue a liderar neste quesito. Na Figura abaixo, temos um *dashboard* contendo os indicadores do ODS7 específicos para Portugal, do qual resulta que as decisões estratégicas estão acertadas.

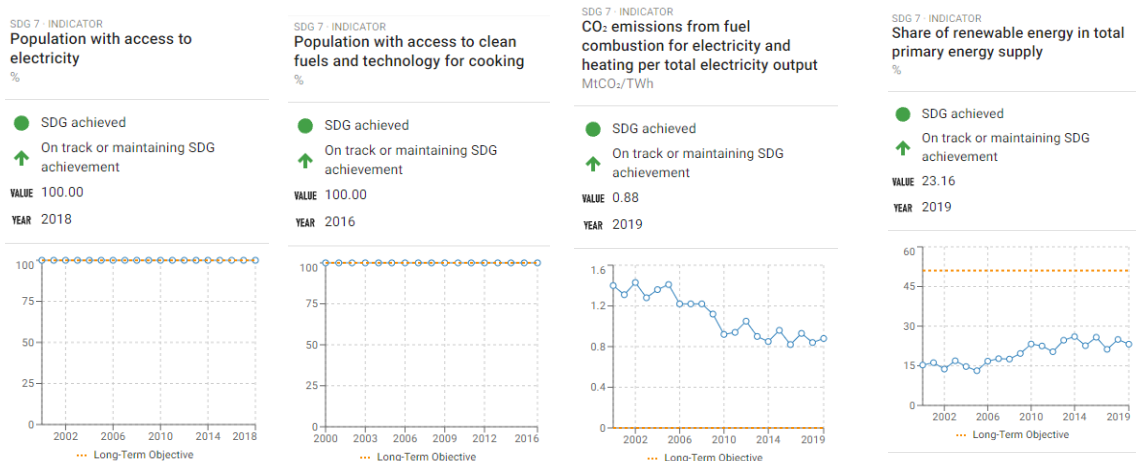


Figura 17 - SDG Dashboards and Trends - Portugal. Fonte: Sustainable Development Report.

Como já referido, embora Portugal esteja bem posicionado em relação à ODS7, o mesmo não ocorre com a ODS13, designadamente pelas emissões de CO². Para aprofundarmos na questão das emissões de CO², utilizamos um recurso analítico do Power BI, que faz uso de um algoritmo de inteligência artificial para realizar uma análise

avançada e tentar descobrir os principais influenciadores que estão a impactar nas emissões dos gases de efeito estufa (GHG).

Este algoritmo tem um funcionamento idêntico ao de um modelo de regressão, ou seja, para uma determinada variável que nos interessa conhecer, classifica diversos fatores por ordem de importância em função do seu carácter explicativo. Sabendo quais são os fatores mais importantes, teremos à nossa disposição uma poderosa ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Para efetuarmos a análise abaixo, utilizamos os atributos da entidade (tabela) “GHG Emissions”, que contém os dados do indicador “Emissão de Gases de Efeito Estufa por setor” (Tabela 3) dos últimos 30 anos. Pelo Power BI, pedimos para analisar o atributo “GHG Emissions – National Total”, que corresponde ao total de emissões, incluindo aviação internacional, mas não LULUCF¹², e explicar pelos diferentes campos que contribuem para esse total, que são os atributos: Energy, Industrial Processes and Product Use, Indirect CO², International Aviation, Waste and Others. O resultado da análise dos principais influenciadores em uma visão decrescente do impacto pode ser constatado na Figura 18 abaixo:

¹² https://ec.europa.eu/clima/eu-action/forests-and-agriculture/land-use-and-forestry-regulation-2021-2030_en

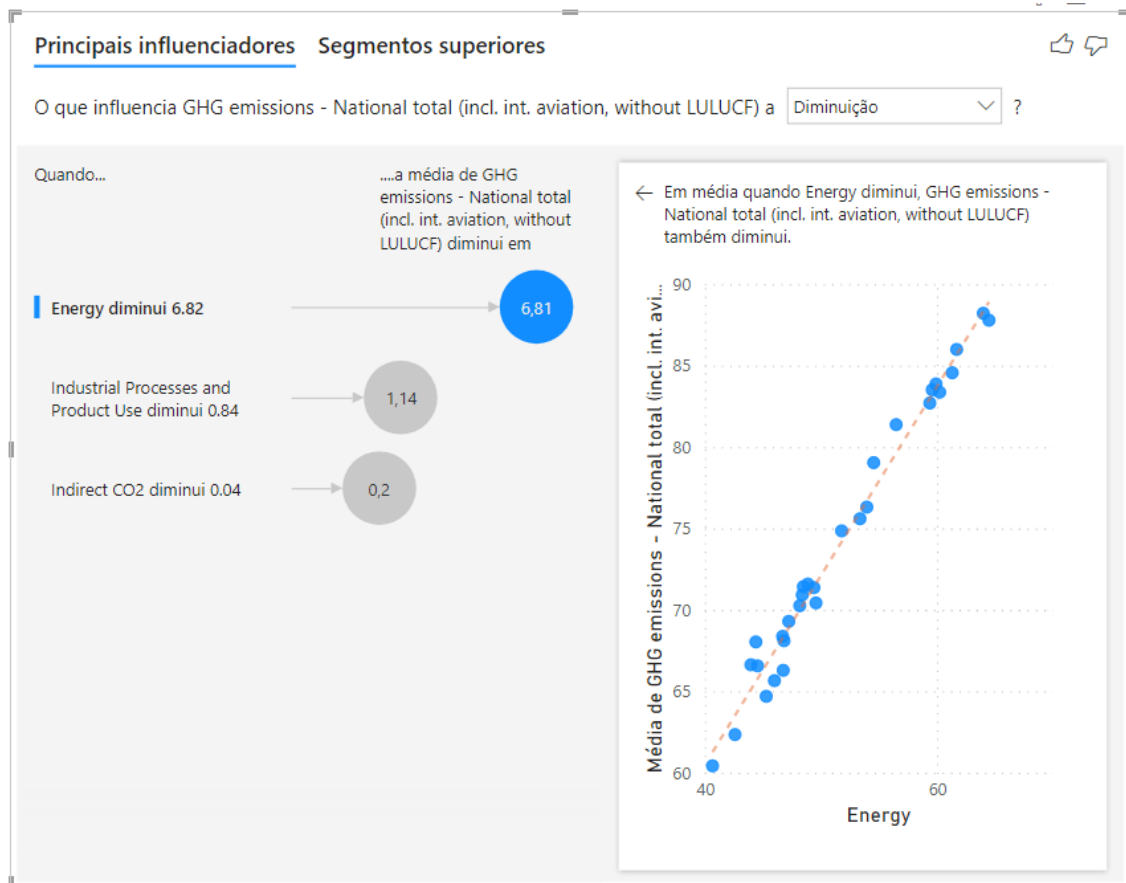


Figura 18 - Análise dos principais influenciadores para emissão dos gases de efeito estufa

A visualização da Figura 18 mostra que o fator “energia” é o que mais impacta nas emissões dos gases de efeito estufa. A interpretação dos seus valores é determinada da seguinte forma:

- A medida que o consumo de energia (Energy) diminui, a emissão de gases de efeito estufa (GHG Emissions) também diminui. Por exemplo, uma queda média de 6.82 (Mt CO²) provocada pela “Energia” leva, em média, a uma respetiva queda 6.81 unidades nas “Emissões de gases de efeito estufa”. Este influenciador contém cerca de 100% dos dados;

- A medida que “Processos industriais e uso de produtos” diminui, por exemplo, 0.84 (Mt CO²), há uma queda média de 1.14 unidades em “Emissões de gases de efeito estufa”. Este influenciador contém aproximadamente 100% dos dados;

- Quando “CO² Indireto” diminui, por exemplo, 0.04, isso leva a uma queda média de 0.2 unidades em “Emissões de gases de efeito estufa”. Este influenciador contém aproximadamente 100% dos dados.

Considerando que o fator “energia” é o principal responsável pelas emissões dos gases de efeito estufa, as ações na melhoria da eficiência energética tendem a ter um forte impacto na mitigação dessas emissões.

Feita esta identificação, passamos ao aprofundamento da análise do setor energético em Portugal, a fim de sabermos em quais setores económicos e regiões se encontram as melhores oportunidades de melhoria.

O *dashboard* representado na Figura 19 abaixo, foi construído para termos uma visão geral de como tem evoluído o consumo de energia nos últimos 30 anos em Portugal, relacionando-o ao crescimento populacional (consumo de energia *per capita*), e identificando qual a participação dos principais setores económicos neste consumo.

Os gráficos foram construídos a partir da entidade (tabela) “Main Energy Indicators” e tendo sempre o atributo do ano “Year” como eixo “x” para percebermos a evolução do consumo ao longo do tempo.

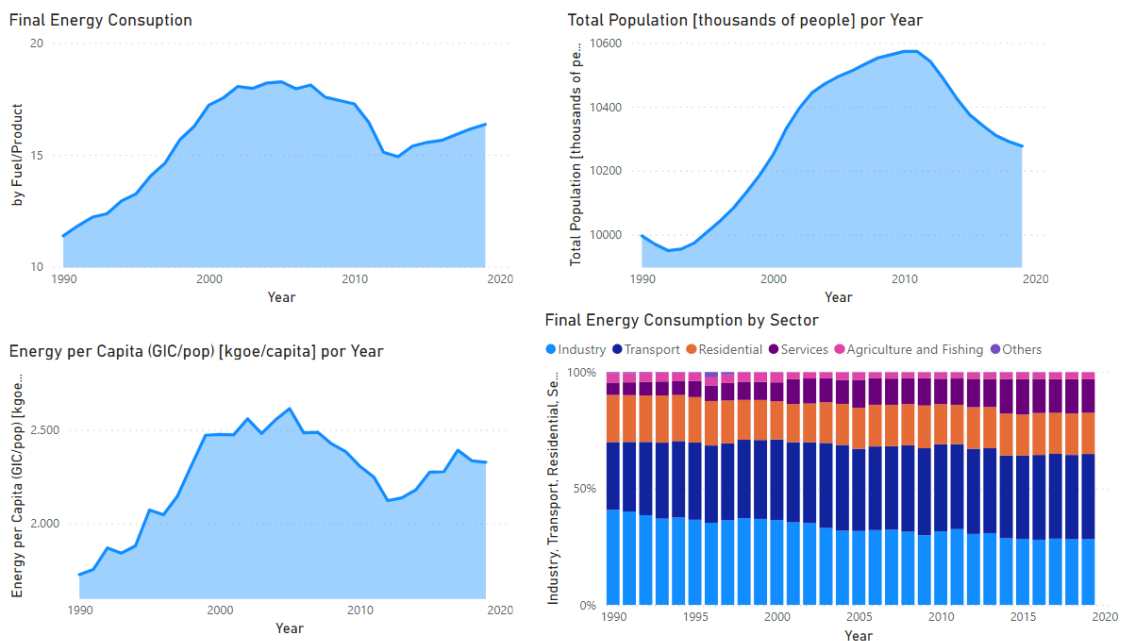


Figura 19 – Dashboard Visão Geral da energia consumida em Portugal

As visualizações do gráfico de área evidenciam que, na última década, a população de Portugal está a diminuir, mas o consumo de energia está a subir, o que deixa o indicador da energia *per capita* pior. Não obstante o exposto, segundo dados da Comissão Europeia, Portugal ainda possui um dos menores consumos de eletricidade *per capita* da União: 32% inferior à média da UE, aproximadamente 3482 kgoe¹³/capita (Relatório DG Energy, 2019). Isso pode decorrer da maior suavidade do clima português, como também pode ser indicador de “pobreza energética” no sentido de incapacidade financeira para consumir o tanto de energia que se pretendia, como, por exemplo, manter a habitação aquecida durante os meses de inverno.

No gráfico de barras empilhadas acima, pode-se visualizar a contribuição de cada setor (indústria, transporte, residencial, serviços, agricultura e pesca e outros ramos da economia) no consumo total anual de energia. O setor da indústria, que liderou até 2002, vem desde então a perder espaço para o de transporte e o de serviços, que vêm crescendo constantemente. Os consumidores domésticos permanecem como o terceiro maior consumidor de energia do país.

4.4.3.2 Visão Tática

Como já dito anteriormente, a eficiência energética é um dos vetores mais importantes para concretizar uma transição para uma economia neutra em carbono, além de ser de fácil implementação e trazer uma série de outros benefícios e oportunidades.

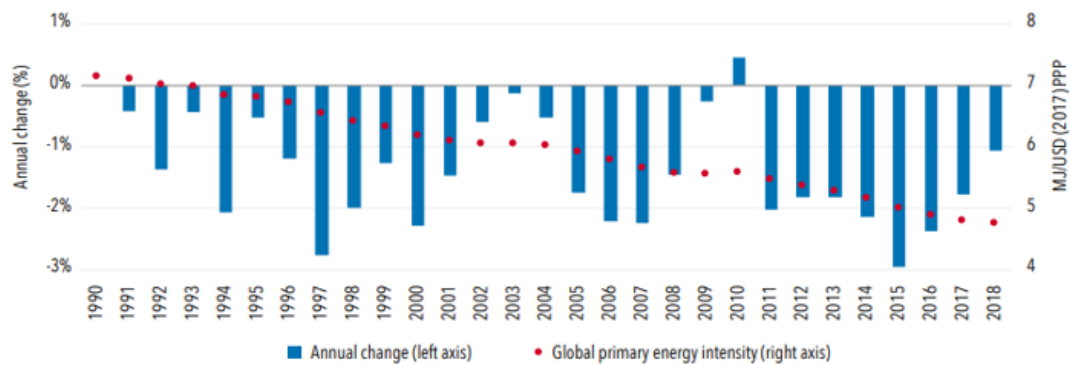
A intensidade de energia é a razão entre o fornecimento total de energia e o produto interno bruto anual (PIB) criado - em essência, é a quantidade de energia usada por unidade de riqueza criada. Ao usar esta medida de intensidade de energia para entender a eficiência, podemos observar como o uso de energia aumenta ou diminui ao mesmo tempo em que buscamos os fatores de desenvolvimento (sociais e económicos) que podem afetar essas taxas.

¹³ Kilogram(s) of oil equivalent - geralmente abreviado como kgoe, é uma unidade normalizada de energia. Por convenção, é equivalente à quantidade aproximada de energia que pode ser extraída de um quilograma de petróleo bruto.

Reduzir a intensidade energética é a forma mensurável para aumentar a eficiência energética e significa obter mais valor económico de cada unidade de energia consumida. Isso ajuda a diminuir a procura por energia, reduzir a “pegada ambiental” associada à sua produção, melhorar a competitividade da indústria e aumentar a acessibilidade da energia para as famílias.

Dentro do ODS7, o item que trata da questão da eficiência energética é o 7.3, que expressa a meta de duplicar a taxa global de melhoria da intensidade de energia até 2030. O progresso em direção à meta 7.3 do ODS7 é medido pelo rastreamento da mudança percentual ano a ano na intensidade de energia.

Inicialmente, uma taxa de melhoria anual de 2,6% ao ano foi recomendada pelas Nações Unidas para atingir a meta. Entretanto, esta taxa foi reavaliada para 3%, pois o progresso global tem sido mais lento do que o estimado inicialmente, como demonstra a análise combinada das Figuras 20 (histórico) e 21 (projeção) abaixo, que constam no relatório “Tracking SDG7 – The Energy Progress Report 2021”.¹⁴

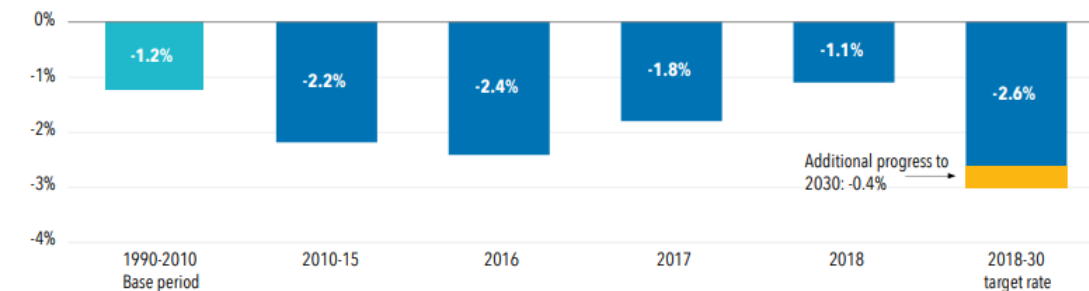


Sources: IEA, UN, and World Bank (see footnote 46).

MJ = megajoule; PPP = purchasing power parity.

Figura 20 – Intensidade de energia primária global e suas alterações anuais, 1990-2018.
Fonte: IEA, UN, and World Bank)

¹⁴ https://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/2021_tracking_sdg7_report.pdf



Source: IEA, UN, and World Bank (see footnote 46).

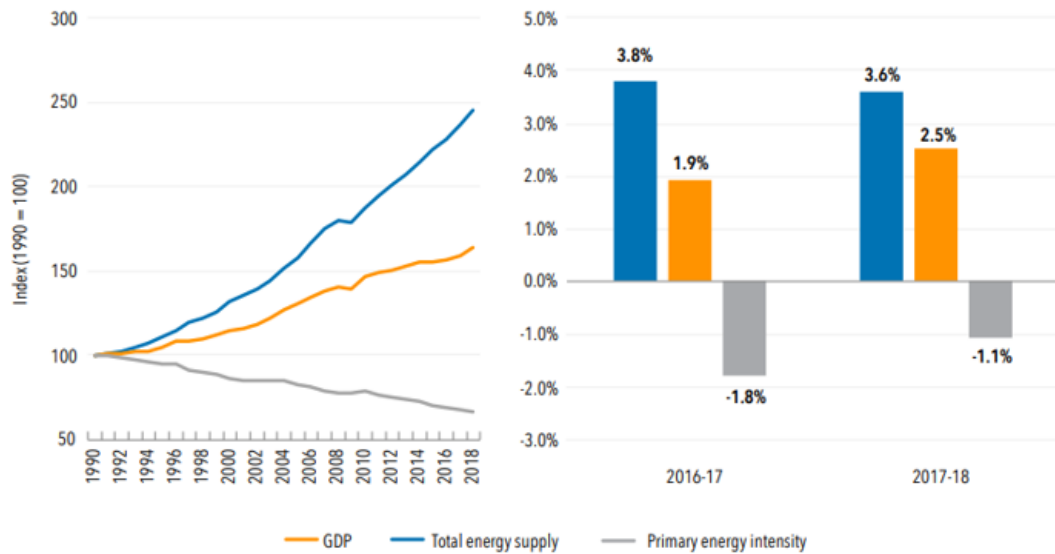
46 Most of the energy data in this chapter come from a joint data set built by the International Energy Agency (<https://www.iea.org/data-and-statistics/>) and the United Nations Statistics Division (<https://unstats.un.org/unsd/energystats/>). GDP data are sourced from the World Bank's World Development Indicators database (<http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>).

Figura 21 – Taxa de crescimento da intensidade de energia primária, por período e taxa alvo, 2018 – 30.
(Fonte: IEA, UN, and World Bank)

O impacto das melhorias na intensidade de energia primária é revelado pelas tendências em seus componentes subjacentes (Figura 22, à esquerda). Entre 1990 e 2018, o PIB global aumentou por um fator de 2,5, enquanto o fornecimento total de energia cresceu menos de 65%. O crescimento no fornecimento de energia aumentou tanto em 2017 como em 2018, crescendo 2,5%.

A diferença nas taxas de crescimento do PIB global e da oferta total de energia é refletida por melhorias consistentes na intensidade da energia primária global, que caiu um terço entre 1990 e 2018, sinalizando tendências na dissociação do uso de energia e do crescimento económico. No período entre 2010 e 2018, a intensidade global de energia primária caiu quase 15%, o que consiste em uma vez e meia mais do que a queda percentual observada entre 2000 e 2010.

Enquanto o crescimento do PIB desacelerou ligeiramente entre 2016 e 2018, a taxa de crescimento do fornecimento de energia aumentou, resultando em uma desaceleração adicional na taxa de melhoria da intensidade energética - de 1,8% em 2017 para 1,1% em 2018 (Figura 22, à direita).



Sources: IEA, UN, and World Bank (see footnote 46).

Figura 22 - Tendências nos componentes subjacentes da energia primária, 1990-2018 (esquerda); taxa de crescimento do PIB, oferta total de energia e intensidade de energia primária, 2016-18 (direita).
Fonte: IEA, UN, e World Bank

Uma vez enquadrado o tema da importância da eficiência energética a nível global, passaremos à análise especificamente de Portugal.

Como resposta ao desafio global supracitado, de que todos os países terão que empenhar um esforço adicional para atingimento das metas do ODS7 (e desde 2020 também ao objetivo de eficiência energética do Pacto Ecológico da UE), a Diretiva da Eficiência Energética (EED) de Portugal estabeleceu como objetivo um limite máximo para o consumo de energia primária ou final em 2030. Foi utilizado como base as projeções do modelo PRIMES de 2007, cuja meta é uma redução de 32,5% de eficiência energética da União em 2030, como destacado na Tabela 7 abaixo:

Tabela 7 - Contributo indicativo nacional em matéria de eficiência energética para o cumprimento da meta de 32,5%



Com o objetivo de analisar os indicadores de eficiência energética em Portugal, desenvolvemos o *dashboard* expresso na Figura 23 abaixo. Para isto, construímos os gráficos a partir das entidades (tabelas) “Main Energy Indicators” e “Population and GDP”, que estão relacionadas pelo atributo “Year” (ano). Destas tabelas extraímos, além dos anos (atributo: Year) como eixo “x”, os seguintes indicadores: Consumo de Energia Primária (atributo: Primary Energy Consumption), Intensidade de Energia Primária (atributo: Primary Energy Intensity) e a evolução do PIB (atributo: GDP2015), que são visualizados através dos respetivos gráficos.

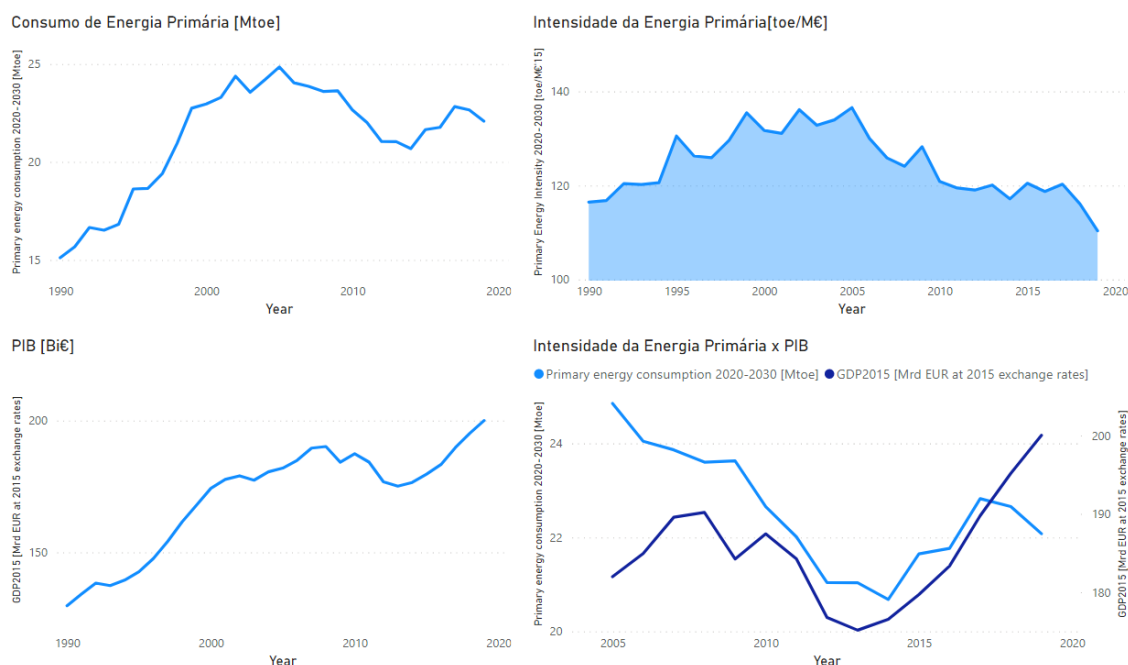


Figura 23 – Dashboard para Análise dos Indicadores de Eficiência Energética de Portugal

Ao analisar o *dashboard*, percebe-se que o PIB português está a crescer continuamente desde 2013 e que, ao contrário de anos atrás, quando o consumo de energia primária costumava acompanhar o PIB, desde 2017 as curvas de evolução estão em sentidos opostos. Isso mostra que Portugal está a conseguir gerar mais riqueza com menos energia. Em outras palavras, está a ser mais eficiente energeticamente.

Traçando-se um paralelo com os gráficos das Figuras 20 e 22 (esquerda), desenvolvemos os gráficos da Figuras 24 e 25, respetivamente, para perceber como Portugal está posicionado em direção à meta 2030 da UE.

Para construção desses gráficos utilizamos as mesmas entidades (tabelas) e atributos (colunas) do *dashboard* anterior (Figura 23). No entanto, precisamos adicionar uma coluna para calcular as taxas de crescimento ano a ano do indicador de Intensidade de Energia Primária. A fórmula utilizada foi a seguinte:

$$\text{Taxa de Crescimento da Intensidade de Energia Primária do Ano X} = \frac{\text{Intensidade de Energia Primária do Ano X}}{\text{Intensidade de Energia Primária do Ano (X - 1)}} - 1$$

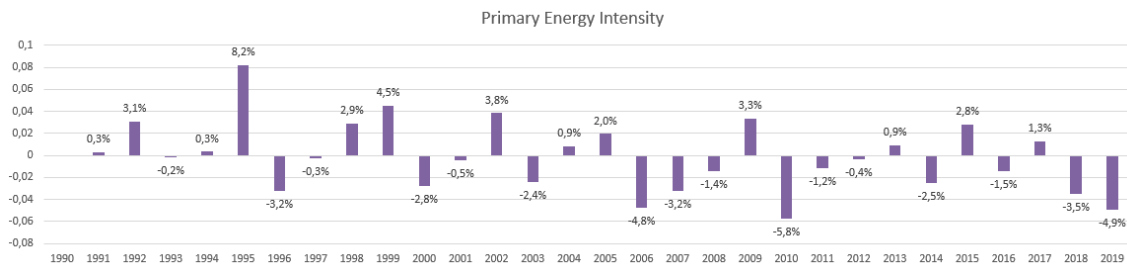


Figura 24 Intensidade de Energia Primária e as mudanças ano a ano

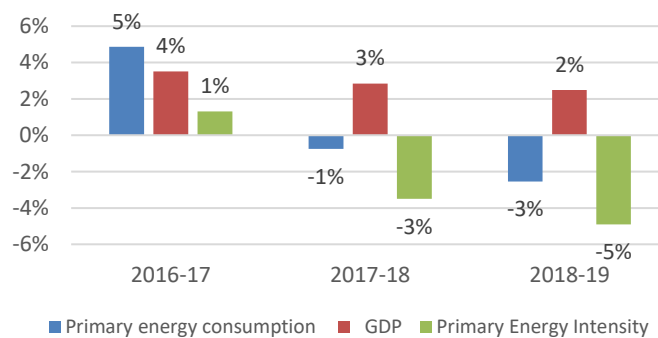


Figura 25 - Visão consolidado do gráfico da Figura 24

A análise do gráfico da Figura 24 permiti-nos constatar que Portugal passou a ter uma constância de crescimento de eficiência energética apenas a partir de 2017, pois, até então, a oscilação entre evolução e retrocesso era a única constante. No gráfico da Figura 25, limitamos o período de análise e destacamos o indicador do Consumo de Energia Primária (barra em azul) e o PIB (barra em vermelho), para que fique clara a percepção de

que o movimento contrário dos indicadores (PIB a subir e Consumo de Energia Primária a descer) mostra que Portugal está no caminho certo para atingimento das metas de eficiência energética.

Corroborando com as indicações acima, a estimativa de consumo de energia primária no horizonte 2030 permite colocar em perspetiva o cumprimento da meta de redução do consumo de energia de 35% face às projeções do Cenário de Referência da UE de 2007 (modelo PRIMES). Isso constitui o contributo indicativo de Portugal em matéria de eficiência energética para o cumprimento da meta de 32,5% de eficiência energética da União em 2030. Esta conclusão pode ser obtida pela visualização do Gráfico da Figura 26 abaixo, que foi construído com base nos dados disponibilizados pelo Relatório PNEC 2030¹⁵ e nos dados do atributo (coluna) “Primary Energy Consumption” da entidade (tabela) “Main Energy Indicators”.

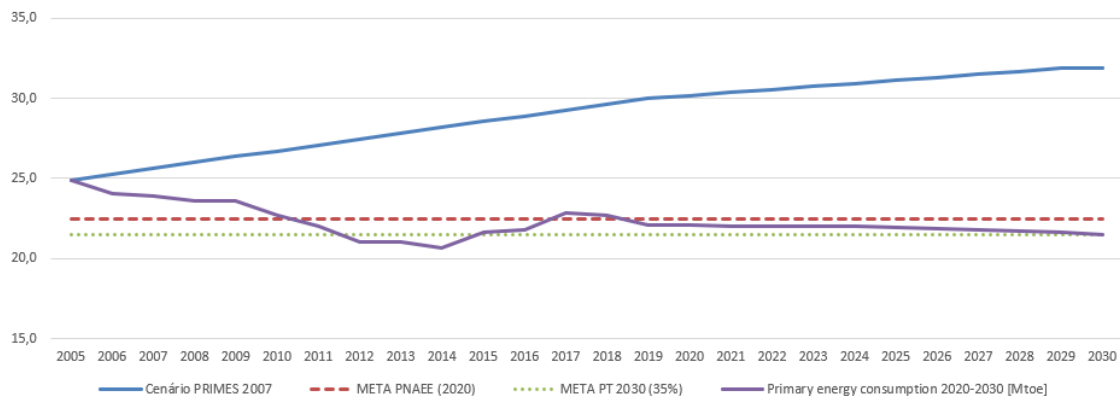


Figura 26 - Trajetória indicativa para o contributo indicativo nacional em matéria de eficiência energética para o cumprimento da meta.

¹⁵ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/pt_final_necp_main_pt.pdf

O contributo em termos de nível absoluto de consumo de energia primária em 2020 e em 2030 é o apresentado na visualização da Figura 27, a seguir, no qual em 2020 Portugal obteve o resultado dentro da meta (Min: 19,6 e Max: 22,6). Para 2030, pelas projeções do gráfico da Figura 26, Portugal também atingirá a meta de economia máxima de energia primária.

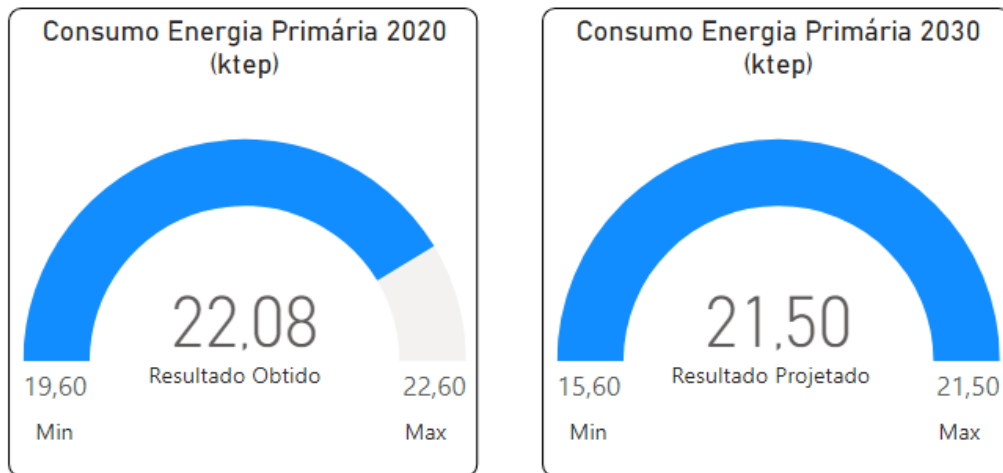


Figura 27- Contributo indicativo nacional em matéria de eficiência energética para o cumprimento da meta de 32,5% de eficiência

Assim como a eficiência energética tem obtido um papel de relevo para o atingimento das metas em um horizonte 2030, vale destacar também o elevado grau de ambição e determinação de Portugal para estar na vanguarda da transição energética por via da aposta nas energias renováveis.

O gráfico de linha expresso na Figura 28 abaixo, construído a partir do atributo “Overall Renewable Share” pertencente à entidade (tabela) “Main Energy Indicators”, mostra que a energia elétrica proveniente de recursos renováveis está com uma tendência crescente, de 24,2% em 2010 para 30,2% em 2018. Uma previsão feita com o auxílio das ferramentas de previsão do Power BI para os próximos anos indica tendência ascendente da participação de energia elétrica renovável. Utilizando-se um intervalo de confiança de 95%, Portugal atingirá 37,2% em 2025 e 41,5% em 2030.

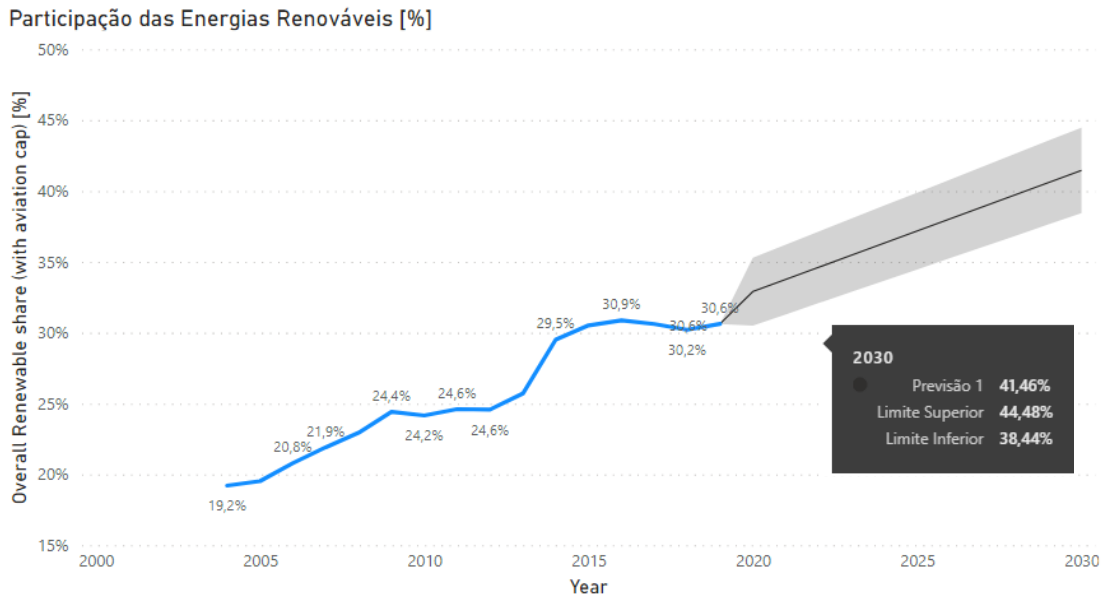


Figura 28 – Projeção da participação das energias renováveis no fornecimento de energia elétrica.

4.4.3.1 Visão Operacional

Utilizando diferentes métricas de intensidade de energia, é possível examinar o impacto em vários setores e, com isso, descer ao nível operacional para analisar com mais profundidade onde se encontram os maiores problemas e oportunidades no setor de energia.

No mundo, houve em geral uma melhora da eficiência energética. O gráfico da Figura 28 abaixo, extraído do relatório “Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2021”¹⁶, mostra uma comparação do que ocorreu com a intensidade energética por setor da economia entre os períodos 1990-2010 (na cor verde) e 2010-2018 (na cor azul), no mundo:

¹⁶ https://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/2021_tracking_sdg7_report.pdf

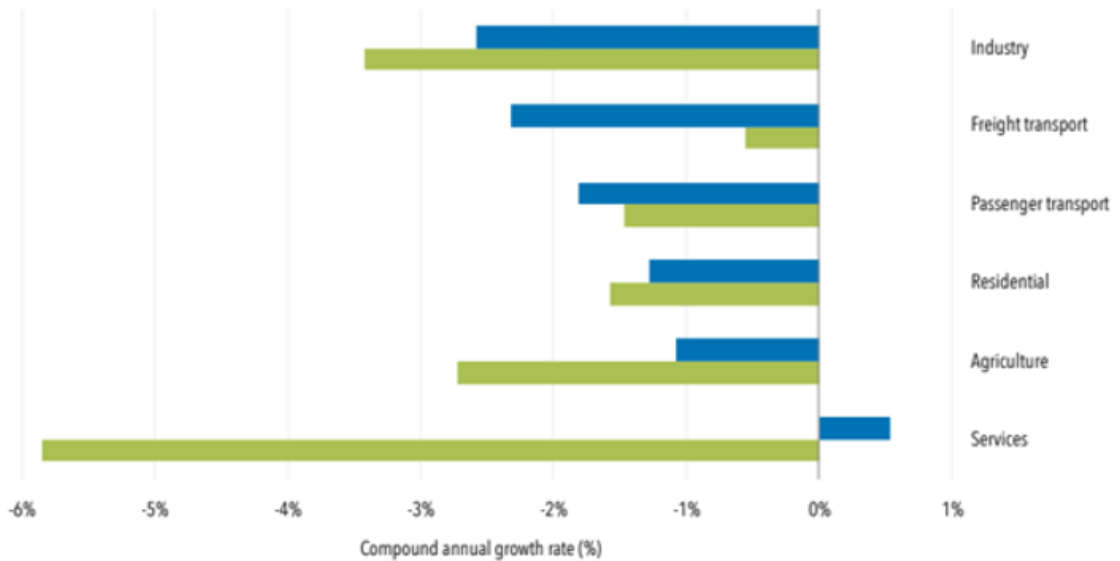


Figura 29 - Taxa composta de crescimento anual da intensidade energética por setor, 1990-2010 e 2010-18.
 Fonte: Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2021

Verifica-se que houve melhoria em todos os setores, com exceção do transporte.

No caso de Portugal, o setor dos transportes também é o que mais consome energia desde 2003 e, em linha com as tendências globais, vem aumentando essa participação no total de energia consumida desde então. Como se verifica na Figura 30 abaixo, que construímos no Power BI a partir da seleção dos atributos (colunas) “Industry”, “Transport”, “Residential”, “Services”, “Agriculture and Fishing” e “Others” da (tabela) “Final Energy Consumption”, em 2019, por exemplo, o setor de transportes foi o que mais energia consumiu, representando 37% do consumo de energia final. Em seguida, foi o setor industrial (28%), o doméstico (18%), o de serviços (14%) e o setor da agricultura e pesca (3%).

Pela Figura 29, também visualizamos que a estrutura do consumo por setor de atividade, em Portugal, manteve-se praticamente inalterada na última década, verificando-se apenas ligeiras oscilações de ano para ano:

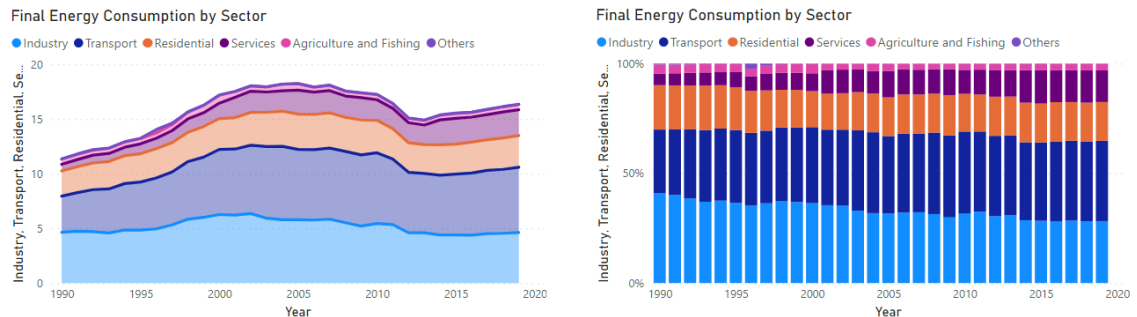


Figura 30 - Evolução do Consumo total de Energia Final por setor de atividade em Portugal.

Feitas estas considerações, principalmente acerca do setor de transportes, que revelaram que este tem piorado em termos de eficiência energética de forma geral em todo o mundo e também especificamente em Portugal, voltaremos ao gráfico da Figura 29 para analisarmos em pormenor o setor residencial (ou doméstico), que é o setor foco do nosso estudo.

O gráfico da Figura 29 mostra que houve uma pequena desaceleração na taxa de melhoria da intensidade energética no mundo: de 1,6% ao ano no período 1990-2010 foi para 1,3% ao ano no período 2010 – 2018. Em geral, isso ocorreu porque a procura por novas habitações está a crescer, assim como a busca por maiores espaços habitáveis e a procura por mais conforto de temperatura (arrefecimento e aquecimento).

A desaceleração na taxa de melhoria da intensidade energética só não foi pior, porque um número crescente de países está reconhecendo e investindo nos benefícios dos programas de rotulagem e padrões de eficiência energética (*Energy Efficiency Standard & Labelling - EES&L*), como a obrigatoriedade da emissão dos Certificados de Eficiência Energética (EPCs), para reduzir efetivamente as contas de energia, impulsionar a inovação de produtos, criar empregos e reduzir o custo das emissões de CO².

Um relatório emitido pela *International Energy Agency* (IEA)¹⁷, em setembro de 2021, fornece uma visão geral do impacto que esses programas EES&L estão tendo sobre a eficiência energética das residências. O estudo confirma que as melhorias na eficiência energética de aparelhos e equipamentos das residências são algumas das opções de menor custo disponíveis hoje para reduzir o consumo de energia e as emissões associadas, com relações de custo-benefício de 4:1 para a sociedade. Estima-se que os programas que estão em operação há mais tempo, como os dos Estados Unidos e da UE, proporcionem reduções anuais de cerca de 15% do consumo total de eletricidade atual e contribuam com cerca de 7 a 10% do total de reduções de emissões relacionadas à energia a cada ano.

Para verificarmos o caso específico de Portugal, analisamos o relatório¹⁸ mais recente (junho de 2021) do *Joint Research Center* sobre os progressos dos Estados-membros na aplicação da diretiva europeia sobre desempenho energético dos edifícios (Diretiva EPBD).

Por este relatório, no período 2012-2016, Portugal foi o país da UE que apresentou os níveis médios de poupança energética mais baixos nos edifícios residenciais. Isso pode decorrer da maior suavidade do clima português ou ser indicador de insuficiência de recursos para consumir o tanto de energia que se pretendia (“pobreza energética”) quando o país como um todo é comparado com o restante dos países da UE.

Constatado isso, passamos à análise dos Certificados de Eficiência Energética emitidos pela ADENE, a fim de percebermos os fatores e causas dos problemas relacionados à baixa poupança energética dos edifícios residenciais em Portugal.

Construímos o *dashboard* da Figura 31 abaixo para a análise dos Certificados de Eficiência Energética emitidos pela ADENE nos últimos cinco anos, em Power BI com os dados armazenados na entidade “Tabela EPCs”.

¹⁷ <https://iea.blob.core.windows.net/assets/996ea40e-e010-48c3-ab53-9b4f72ddc815/AchievementsofEnergyEfficiencyApplianceandEquipmentStandardsandLabellingProgrammes.pdf>

¹⁸ https://ec.europa.eu/info/publications/annual-activity-report-2020-joint-research-centre_pt.

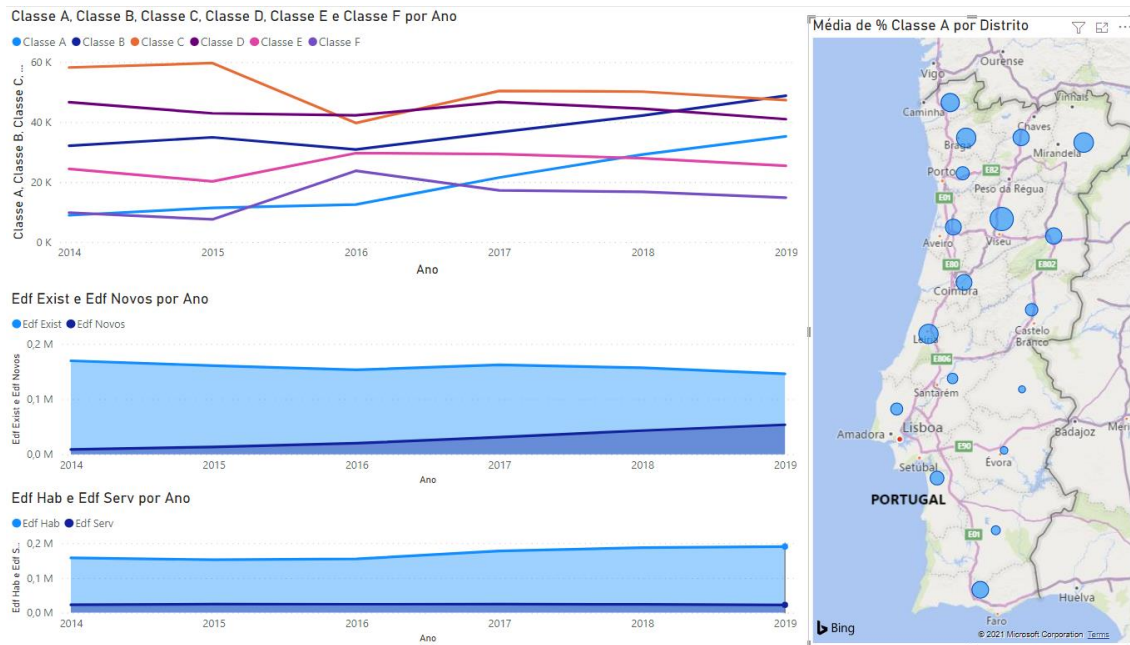


Figura 31 – Dashboard para Análise da Emissão dos Certificados de Eficiência Energética

No mapa geográfico à direita do *dashboard* percebemos, por exemplo, pelo tamanho do círculo, que o Distrito de Viséu é o que mais emitiu proporcionalmente certificados com classificação A no período considerado e que o Distrito de Portalegre é o menos eficiente neste aspeto.

Em uma segunda análise do *dashboard* acima (Figura 31), através do gráfico de linhas, pudemos constatar também uma tendência de melhoria nas classificações das habitações ao longo dos últimos anos.

Isso, aparentemente, demonstra que as múltiplas medidas implementadas, como, por exemplo, a obrigatoriedade da emissão dos Certificados Energéticos para venda ou arrendamento de imóveis, estão a surtir efeito positivo e a contribuir para o aumento da eficiência energética dos edifícios residenciais.

No entanto, isso ocorreu especialmente devido às novas habitações e não por remodelação nas antigas, conforme desagregação dos certificados energéticos emitidos

entre os anos de 2014 e 2019, mostrado no gráfico de área (Edf Exist x Edf Novos) também na Figura 31 acima.

Na visualização do gráfico de barras empilhadas, que construímos a partir da mesma entidade (tabela) e atributos anteriores, representado na Figura 32 abaixo, percebe-se com mais detalhe quais são os Distritos que proporcionalmente estão a evoluir com relação às emissões dos Certificados de Eficiência Energética com Classes mais altas ao longo dos últimos anos.

Nesta visualização, acrescentamos um filtro para escolhermos os períodos a serem analisados e constatamos que em todos os períodos analisados, Viseu sempre foi o que mais emitiu os Certificados A e B e Portalegre o que menos emitiu. Um Distrito que chamou nossa atenção nesta análise foi Braga, que ascendeu de uma posição mediana no ano de 2014 para a segunda melhor posição no biênio 2018-2019.

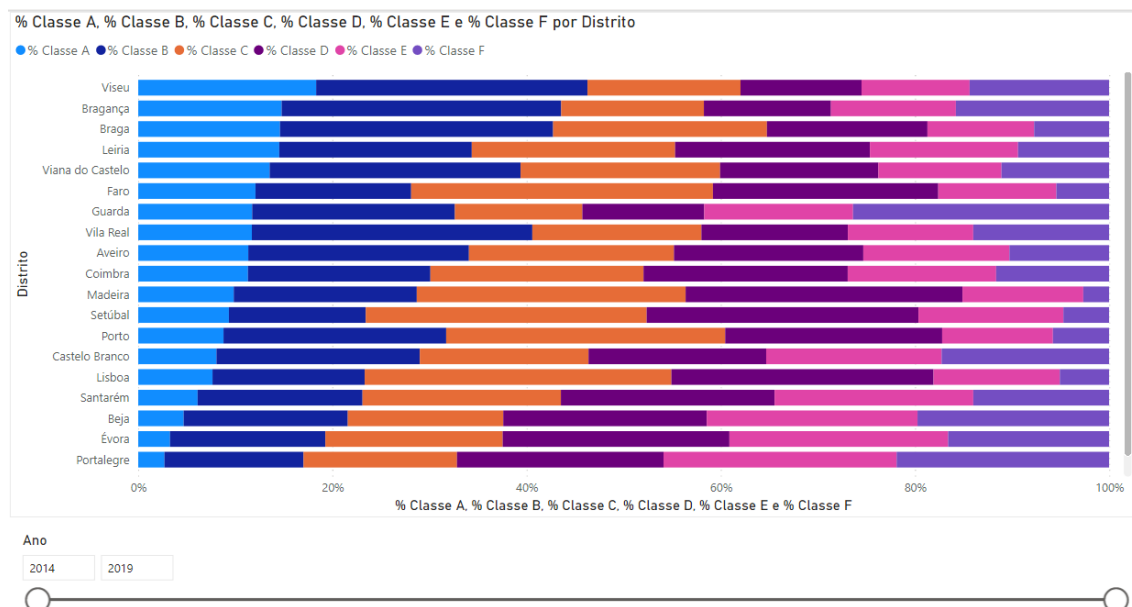


Figura 32 Dashboard para analisar as classes energéticas por Distrito e por período

Com o intuito de buscar explicações para perceber o ocorrido com os Distritos de melhor e pior performance relativamente às emissões de Certificados Energéticos, construímos o *dashboard* por Distrito mostrado na Figura 33 abaixo:

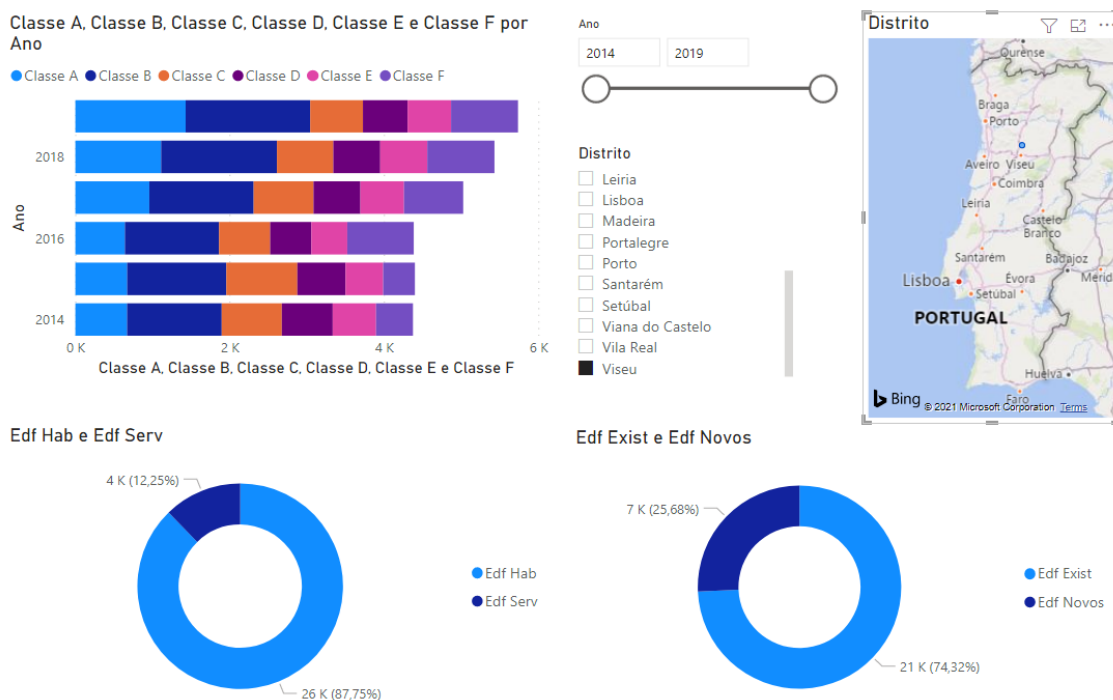


Figura 33 - Dashboard para Análise dos EPCs por Distrito

Ao analisarmos este *dashboard*, constatamos que o fator que impulsiona positivamente a performance do Distrito de Viseu são mesmo as novas construções. Enquanto Viseu teve uma média de 26% dos certificados de eficiência emitidos para edifícios novos (a média mais alta de Portugal), Portalegre obteve uma média de 8%, a mais baixa.

Outra constatação interessante foi com relação ao Distrito de Braga, que no ano específico de 2019 passou a ser o que mais emitiu certificados para edifícios novos, o que o levou a liderar a emissão de certificados com gama mais alta.

Visando validar se as emissões de Certificados de Classes A e B em maior proporção nos Distritos mais bem colocados (Viseu, Bragança e Braga – Figura 32) já refletem o facto de estes serem os mais eficientes energeticamente, desenvolvemos outra visualização. Trata-se da visualização *treemap* no Power BI, representado na Figura 34 abaixo, que mostra a intensidade energética por Distrito (quanto mais baixo é o valor,

mais eficiente é a localidade), lembrando que a intensidade energética é o indicador que mede a eficiência energética.

Para a construção desta visualização *treemap* foi necessário desenvolvermos uma nova medida na entidade (tabela) “Consumo Energia_per_Capita” para calcularmos a intensidade energética por Distrito. Utilizamos para o cálculo os dados de “Energia *per capita*” divididos pelo “PIB *per capita*”. Como estes dados estão relacionados com a tabela de População por Municípios e Distritos, conseguimos chegar aos indicadores mostrados na visualização abaixo (Figura 34):

Intensidade Energética por Distrito

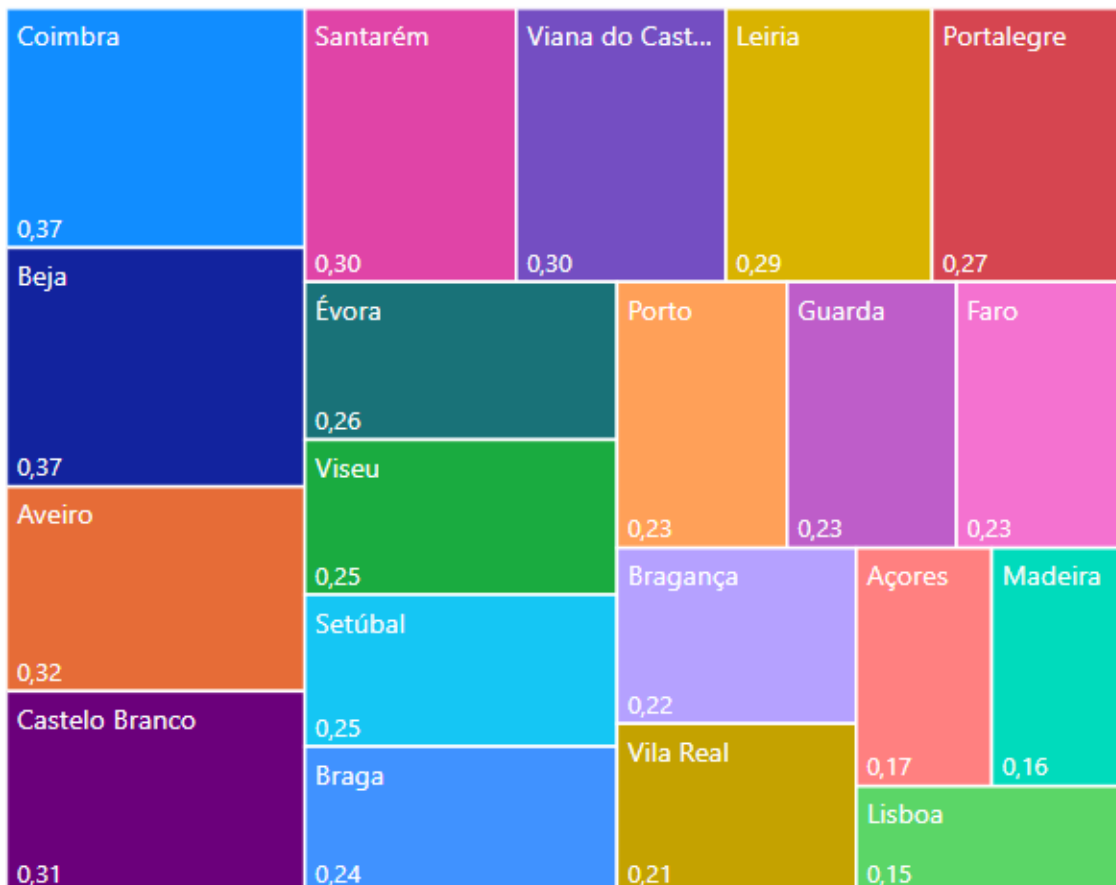


Figura 34 Treemap para analisar a Intensidade Energética por Distrito

Ao analisar o *treemap* acima, notamos que os Distritos de Viseu, Bragança e Braga se encontram na região mediana de valores. Os mais eficientes são Lisboa, Madeira e os Açores, enquanto os menos eficientes são Coimbra, Beja e Aveiro.

Com o intuito de aprofundar as análises e identificar por quais motivos umas regiões são mais eficientes energeticamente do que outras e se existe um padrão comum entre elas, utilizamos a ferramenta de *clustering* do Power BI, que emprega algoritmos de *Machine Learning* para executar essa tarefa.

Clustering é o processo de organizar dados de uma coleção não estruturada em grupos chamados *clusters*, cujos membros são semelhantes de alguma forma. A qualidade do agrupamento refere-se principalmente à homogeneidade dentro dos grupos e à separabilidade entre os grupos resultante do processo de agrupamento. Similaridade é a métrica que reflete o ajuste ou força da relação entre dois dados, duas sequências de texto ou recursos.

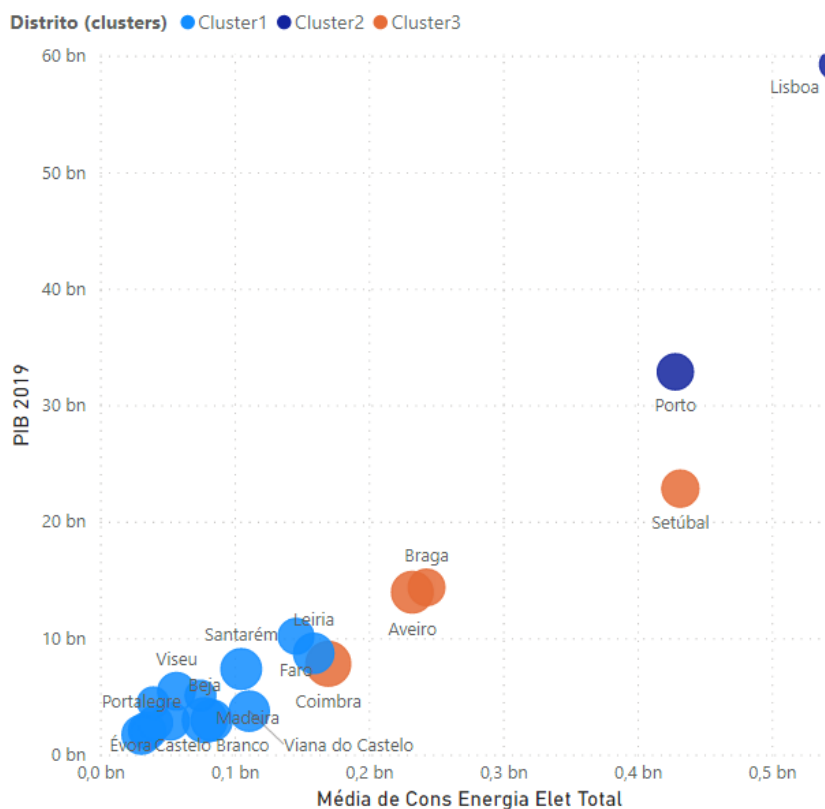
O *clustering* precisa de uma função de similaridade para medir a semelhança entre dois dados ou, alternativamente, uma função de distância para medir a distância entre dois dados. O algoritmo de partição mais amplamente utilizado é o algoritmo *k-means*, que se tornou o expoente de uma categoria inteira de algoritmos.

O gráfico que construímos com a ferramenta de *clustering* do Power BI, visualizado na Figura 35 abaixo, foi estruturado de forma a testar a relação entre os conjuntos de dados referentes ao consumo de energia e o PIB por Distrito no ano específico de 2019.

Aplicando o algoritmo *k-means*, foram identificadas semelhanças entre os Distritos realçados com cores diferentes e 3 *clusters* foram criados.

Para cada *cluster* foram definidas as seguintes medidas: PIB total, consumo médio de energia e intensidade energética por Distrito (tamanho da bola).

Média de Cons Energia Elet Total, PIB 2019 e Intensidade Energetica por Regiao por Distrito e Distrito (clusters)



Distrito	Média de Cons Energia Elet Total	PIB 2019	Distrito (clusters)	Intensidade Energetica por Regiao
Açores	39.411.817,46	4.469.158.086,90	Cluster1	0,17
Beja	77.877.008,33	2.950.061.102,70	Cluster1	0,37
Bragança	35.687.472,67	1.964.046.624,00	Cluster1	0,22
Castelo Branco	83.070.492,36	2.929.233.369,20	Cluster1	0,31
Évora	52.406.326,25	2.870.410.208,00	Cluster1	0,26
Faro	145.832.669,10	10.157.738.778,60	Cluster1	0,23
Guarda	34.566.466,31	2.071.240.932,70	Cluster1	0,23
Leiria	158.999.339,74	8.690.734.156,80	Cluster1	0,29
Madeira	74.714.112,65	5.069.507.311,80	Cluster1	0,16
Portalegre	30.722.393,17	1.700.699.956,00	Cluster1	0,27
Santarém	105.035.808,29	7.348.018.033,50	Cluster1	0,30
Viana do Castelo	110.980.282,84	3.730.008.071,20	Cluster1	0,30
Vila Real	41.084.386,96	2.740.856.216,60	Cluster1	0,21
Viseu	56.828.883,14	5.437.684.549,40	Cluster1	0,25
Lisboa	546.703.265,46	59.246.227.125,00	Cluster2	0,15
Porto	428.263.218,63	32.858.337.748,00	Cluster2	0,23
Aveiro	232.392.149,74	13.939.173.580,10	Cluster3	0,32
Braga	243.025.935,76	14.353.519.391,60	Cluster3	0,24
Coimbra	169.883.512,46	7.794.669.828,00	Cluster3	0,37
Setúbal	431.968.648,96	22.830.574.488,70	Cluster3	0,25
Total	157.762.324,03	213.151.899.558,80		0,23

Figura 35 Análise de Cluster

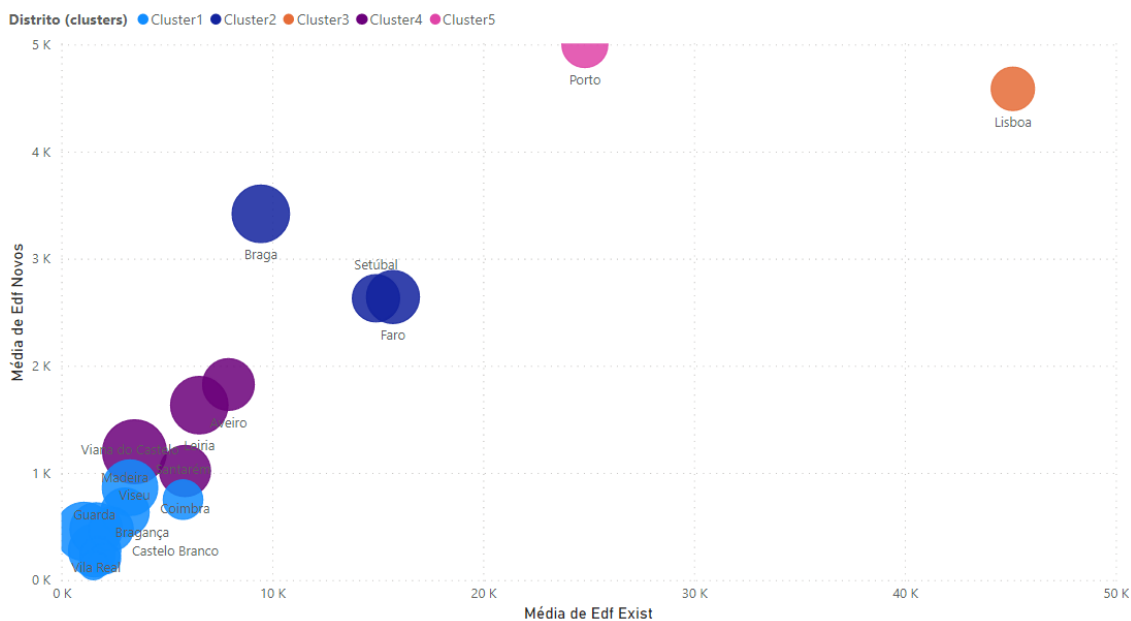
Como se pode perceber, a região de Lisboa tem a maior média de consumo de energia elétrica total e maior PIB 2019, no entanto, tem a menor intensidade energética.

O *cluster 2*, formado por Lisboa e Porto, foi o que teve a maior média de consumo de energia e o maior PIB 2019.

Interessante notar que, nesta análise, Viseu e Bragança posicionaram-se no *cluster 1* e Braga ficou no *cluster 3*, o que já os segmenta de alguma forma tendo em vista que anteriormente constatamos que estes 3 Distritos foram os que mais emitiriam certificados energéticos com classes A e B.

Uma outra análise de *clustering* foi feita com o intuito de encontrar padrões entre as regiões analisando as relações entre edifícios novos, edifícios existentes e as emissões de EPCs Classe A, conforme visualização que representamos na Figura 36 abaixo.

Média de Edifícios Existentes, Média de Edifícios Novos e Média de % Classe A por Distrito e Distrito (clusters)



Distrito	Média de Edifícios Existentes	Média de Edifícios Novos	Distrito (clusters)	Média de % Classe A
Beja	1711,17	235,33	Cluster1	4,7%
Bragança	1072,33	453,83	Cluster1	14,8%
Castelo Branco	2362,17	476,67	Cluster1	8,1%
Évora	2086,33	200,67	Cluster1	3,3%
Guarda	1576,50	273,17	Cluster1	11,7%
Madeira	3011,17	631,83	Cluster1	9,8%
Portalegre	1520,17	136,50	Cluster1	2,7%
Santarém	5767,83	750,33	Cluster1	6,1%
Viana do Castelo	3254,50	861,67	Cluster1	13,5%
Vila Real	1645,17	476,17	Cluster1	11,7%
Braga	9456,67	3418,67	Cluster2	14,6%
Faro	15723,50	2642,17	Cluster2	12,1%
Setúbal	14918,00	2630,33	Cluster2	9,3%
Lisboa	45122,83	4586,00	Cluster3	7,7%
Aveiro	7923,50	1825,17	Cluster4	11,3%
Coimbra	5862,50	1017,67	Cluster4	11,3%
Leiria	6539,50	1632,17	Cluster4	14,5%
Viseu	3465,33	1197,50	Cluster4	18,3%
Porto	24825,00	4999,17	Cluster5	8,8%
Total	8307,59	1497,11		10,2%

Figura 36 Análise de clustering por Edifícios Novos ou Usados

Nesta análise, solicitamos uma segmentação maior (5 clusters). Percebemos que, por exemplo, Viseu e Bragança realmente possuem padrões similares, pois permanecem no mesmo agrupamento, assim como Braga e Setúbal, que no clustering anterior também tinham ficado agrupadas no mesmo cluster.

Também pudemos analisar os pormenores da quantidade e idade dos edifícios, por Distrito, assim como do tipo de consumo de energia, que mostramos, respetivamente, nas Figuras 37 e 38 abaixo. Para a construção destes gráficos, utilizamos as entidades (tabelas) “Edf epoca construção” e “Consumo energia_per_capita”.

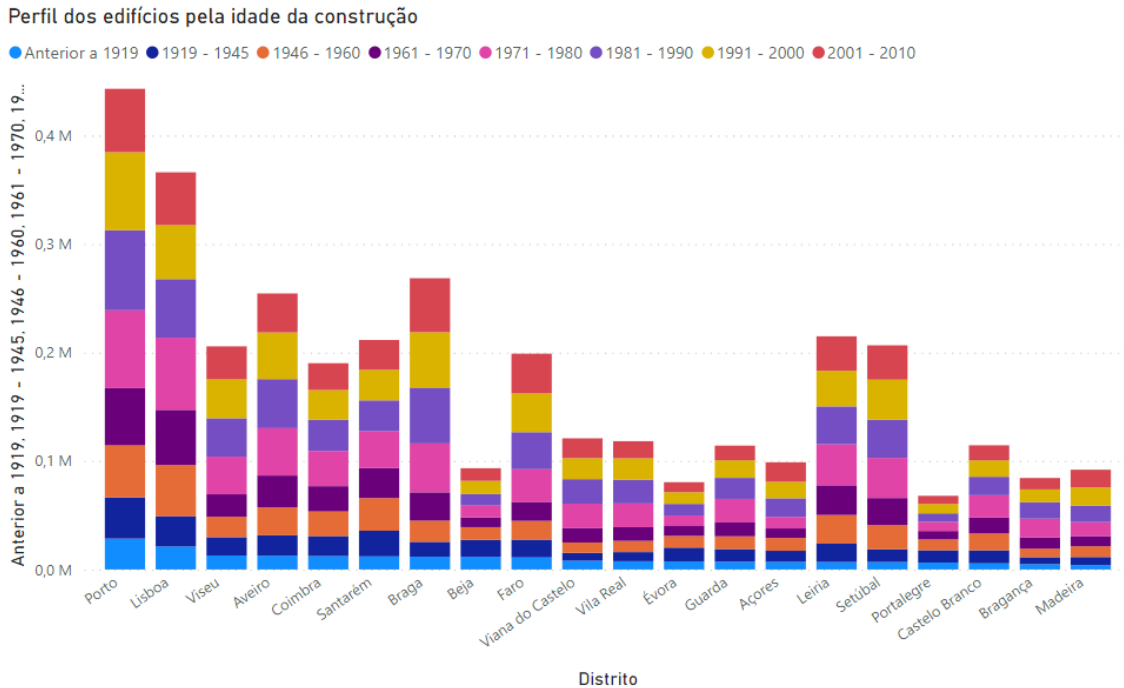


Figura 37 Perfil dos edifícios pela idade da construção dos edifícios

O gráfico da Figura 37 acima, está ordenado da esquerda para a direita, a partir dos Distritos que possuem o parque de edifícios mais antigo.

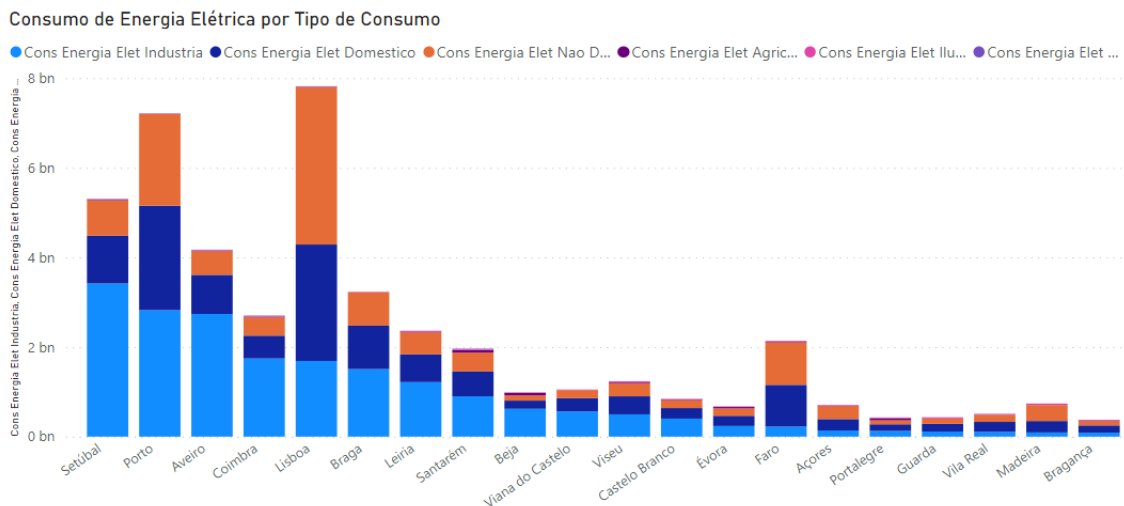


Figura 38 Consumo de Energia por tipo de consumo

Interessante notar que o Porto possui um parque de edifícios maior que Lisboa e que Braga e Porto possuem o parque de edifícios mais novos de Portugal.

No gráfico da Figura 38 acima, percebemos que na maioria dos Distritos as indústrias são os maiores consumidores de energia. No entanto, chamou-nos atenção o facto de que os Distritos de Lisboa e Faro estão entre os maiores consumidores de energia, mas são as residências e os serviços que possuem maior parcela no consumo de energia, não as indústrias.

A seguir passaremos à discussão dos resultados alcançados e verificação da hipótese que foi o mote deste estudo de caso.

4.5 Discussão

Nosso estudo de caso visou validar a seguinte hipótese: “a aplicação de uma abordagem de *Business Intelligence & Analytics* pode muito contribuir para melhorar a eficiência energética dos edifícios residenciais, assim como para que Portugal cumpra os compromissos do desenvolvimento sustentável assumidos”. Essa hipótese foi por nós colocada, pois, ao buscarmos informações sobre eficiência energética em Portugal, percebemos que havia apenas relatórios com dados dispersos.

Assim, tomamos como estudo de caso a “análise da eficiência energética nos edifícios residenciais em Portugal” e a ele aplicamos as considerações teóricas e práticas sobre a abordagem de *Business Intelligence & Analytics*. Restringimo-nos aos edifícios residenciais, pois ficamos surpreendidos com o facto de que eles representam 40% das emissões de gases de efeito estufa da Europa. Perceber os motivos para tanto, era um desafio.

No âmbito dos edifícios residenciais, deparamo-nos com diversas limitações devido aos dados estarem dispersos, em diferentes formatos, descentralizados em variados órgãos públicos e privados. No que diz respeito especificamente aos certificados energéticos, cuja única fonte em Portugal é o Portal de Estatística da ADENE, deparamo-nos com pouca informação aberta disponível e o que havia estava fragmentado.

Tomamos como norte as decisões estratégicas já estabelecidas pelos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU, em especial ODS7 e ODS13, e pela legislação da UE e de Portugal. Para as 3 visões – estratégica, tática e operacional –, primeiramente, analisamos os indicadores e metas no contexto global e europeu e, posteriormente, com eles comparamos as informações de Portugal. Em seguida, aprofundamos nossa análise nos dados internos do país, nomeadamente dados de eficiência e certificação energética por Distrito. Aqui, destacamos que tivemos limitações no que diz respeito à região autónoma dos Açores, devido à inexistência de dados referentes a alguns dos indicadores selecionados.

A seleção dos indicadores foi feita a partir dos parâmetros estabelecidos pelo ODS7. No entanto, este foi apenas o nosso “ponto de partida”, pois optamos por ampliar a dimensão da análise, tendo em vista outros objetivos do desenvolvimento sustentável traçados pela ONU, assim como o segundo pilar do recente Pacto Ecológico Europeu, que remete à “energia limpa, acessível e segura” e que tem como um de seus princípios dar prioridade à “eficiência energética, melhorar o desempenho energético dos edifícios e desenvolver um setor da energia fundado principalmente em fontes renováveis”.

Percebemos que os dados existentes realmente podem ser transformados em informações úteis para os diferentes níveis de tomada de decisão por meio da abordagem de *Business Intelligence*. Seguimos a metodologia ETL e as maiores dificuldades foram nas etapas de extração e transformação devido má qualidade dos dados disponíveis.

Com os dados trabalhados nas diferentes ferramentas de análise e de visualização do Power BI obtivemos informações que comprovam a nossa hipótese, ou seja, a aplicação de uma abordagem de *Business Intelligence & Analytics* realmente contribui para tomadas de decisões mais rápidas e assertivas no âmbito da eficiência energética dos edifícios residenciais de Portugal.

Por exemplo, conseguimos informações que nos levaram a perceber quais Distritos requerem intervenção imediata para melhoria da eficiência energética, mediante a combinação de fatores como baixa quantidade de emissão de certificados energéticos classe A e B, alta quantidade de edifícios residências antigos que precisam ser remodelados, poder de compra da população (fator relacionado à “pobreza energética” e à possibilidade de remodelação das residências).

Identificamos também que não basta trabalhar os dados a um nível macro estratégico e tático, nem envolver uma vasta área, que seria o caso de uma análise por Região ao invés de análise por Distrito em Portugal continental. Isso, porque importantes particularidades foram reveladas nas análises de nível operacional de cada Distrito. Por exemplo, chegamos à conclusão de que não é o mais acertado escolher a Região Centro como prioritária para uma intervenção em eficiência energética, pois, dentro desta Região, Viseu tem se destacado pela eficiência energética em detrimento de Coimbra.

Diante da validação da hipótese que foi o mote deste trabalho, percebemos que são necessários trabalhos futuros para levar a conversão de dados em informações e as análises para o nível operacional dos edifícios residenciais dos Municípios.

Isso, porque cada Município pode revelar pormenores que impactam consideravelmente no Distrito como um todo e, portanto, pode estar a comprometer a assertividade da análise e, conseqüentemente, da decisão a ser tomada.

Por exemplo, no Distrito de Coimbra, o Município da Figueira da Foz destaca-se por ter poucas indústrias e ser uma região turística sazonal, o que levaria à conclusão de baixo consumo de energia *per capita*, mas o que ocorre é o inverso tendo um consumo energético per capita muito mais elevado do que a média do Distrito. Tal facto, provavelmente deve-se às poucas indústrias localizadas neste Município, como de papel e celulose, por exemplo, terem altíssimo consumo de energia.

Trabalhos futuros, utilizando a mesma metodologia ETL e as mesmas ferramentas de análise e visualizações do Power BI, podem levar a novas descobertas e identificação de pontos de intervenção.

CONCLUSÃO

Dependemos das fontes de energia e do seu uso eficiente, por isso é importante que os governos de todo o planeta estejam empenhados em agir para um desenvolvimento global sustentável, implementando de forma tática e operacional as metas estratégicas estabelecidas por organizações internacionais. Ademais, o setor energético é mais conectado com as mudanças climáticas, motivo pelo qual vários trabalhos investigam sua correlação e interdependência, especialmente no que diz respeito às questões de sustentabilidade.

No entanto, ao pesquisarmos sobre eficiência energética das residências em Portugal, deparamo-nos com limitações, nomeadamente, pouca informação fiável e de qualidade. Por isso, em nosso estudo, optamos por aplicar uma estrutura de pesquisa baseada em *Business Intelligence* para monitorar indicadores que impactam na eficiência energética.

A partir dos objetivos de desenvolvimento sustentável traçados pela ONU, em especial no ODS7 e no ODS13, do “objetivo de eficiência energética” do Pacto Ecológico de 2020 e de outras referências da legislação da UE e de Portugal, selecionamos os indicadores a serem utilizados. Tomamos essa legislação como fundamental para escolha dos indicadores a serem analisados, pois percebemos que nela estão as diretrizes estratégicas já tomadas a nível macro e que não podem ser negligenciadas por nenhuma análise de negócio.

Para monitorização dos indicadores selecionados, deparamo-nos com limitações relacionadas à má qualidade dos dados, uma vez que estavam fragmentados, dispersos e em diferentes formatos. Não obstante, com aplicação de *Business Intelligence*, conseguimos convertê-los em informações úteis e fiáveis. Portanto, restou validada a hipótese que foi o mote da nossa pesquisa, isto é, foi comprovado que “a aplicação de uma abordagem de *Business Intelligence & Analytics* pode muito contribuir para melhorar a eficiência energética dos edifícios residenciais, assim como para que Portugal cumpra os compromissos do desenvolvimento sustentável assumidos”.

Do nosso estudo podem ser extraídos os seguintes contributos à ciência: pesquisa e organização da legislação europeia e nacional aplicável ao setor de energia,

principalmente na vertente da eficiência energética; levantamento das principais referências bibliográficas na matéria; compilação de relevantes trabalhos relacionados no âmbito interno e internacional; sistematização de diferentes fontes de dados por perfil de decisão; contributos visuais para a tomada de decisão, devido à apresentação de informações em tabelas e gráficos; estabelecimento de um modelo de pesquisa que pode ser usado para estudos de caso de outros setores em Portugal ou em outros países.

Ainda, identificamos como contributo às organizações públicas e privadas responsáveis pela divulgação de dados e, ao final, aos tomadores de decisão e aos consumidores em geral, um alerta para a má qualidade dos dados que estão a ser divulgados.

Inclusive, disso decorre que um dos trabalhos futuros a ser tomado em termos práticos é a definição de modelos ótimos de extração, transformação e envio de dados relacionados ao campo da eficiência energética que hoje estão em múltiplas fontes para uma forma centralizada, que permita a fácil extração dos conhecimentos e informações desejados.

Outro trabalho futuro prático relevante é definir modelos de representação gráfica padrão para cada tipo de indicador, possibilitando que sejam disponibilizadas informações que sejam compreendidas pela grande maioria das pessoas.

Ainda, trabalhos futuros serão de grande relevância para manter atualizadas as diretrizes da legislação europeia e nacional, bem como os trabalhos relacionados já existentes. Ademais, importa que seja dada continuidade ao estudo no sentido de pesquisar a eficiência dos edifícios residenciais em Portugal a nível municipal, assim como estender os setores da indústria, dos serviços e dos transportes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Airinei, D., & Homocianu, D. (2009). DSS vs. Business Intelligence. *Revista Econômica*.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2381821
- Al-Ali, A. R., Zualkernan, I. A., Rashid, M., & Gupta, R. Alikarar, M. (2017). A smart home energy management system using IoT and big data analytics approach. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 63(4), 426–434.
- Alter, S. (2002). A Work System View of DSS in its Fourth Decade. *AMCIS 2002 - Americas Conference on Information Systems*.
- Armeanu, D. Ș., Vintilă, G., & Gherghina, Ș. C. (2017). Does renewable energy drive sustainable economic growth? Multivariate panel data evidence for EU-28 countries. *Energies*, 10, 381.
- Arnott, D., Gibson, M., & Jagielska, I. (2004). Evaluating the intangible benefits of business intelligence: review & research agenda. *The IFIP TC8/WG8.3 International Conference.*, 296.
- Azvine, B., Cui, Z., & Nauck, D. D. (2005). Towards real-time business intelligence. *BT Technology Journal*, 23(3), 214–225.
- Burstein, F., & W. Holsapple, C. (2008). Handbook on Decision Support Systems 1. *Handbook on Decision Support Systems 1*, May. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-48713-5>
- castellanos, M., Dayal, U., Alkis, S., & Wilkinson, K. (2009). Data integration flows for business intelligence. *12th International Conference on Extending Database Technology: Advances in Database Technology*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1145/1516360.1516362>
- Cody, W. F., Kreulen, J. T., Krishna, V., & Spangler, W. S. (2002). The integration of business intelligence and knowledge management. *IBM*.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5386885>
- de Castro Camioto, F., Moralles, H. F., Mariano, E. B., & do Nascimento Rebelatto, D.

- A. (2016). Energy efficiency analysis of G7 and BRICS considering total-factor structure. *J. Clean. Prod.*, 122, 67–77.
- Europeia, C. (1996). *Energia para o futuro: fontes de energia renováveis – Livro Branco para uma estratégia e um plano de ação comunitários*.
https://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_pt.pdf
- Europeia, C. (2005). *Livro Verde sobre Eficiência Energética - fazer mais com menos*.
<https://op.europa.eu/pt/publication-detail/-/publication/c1da53f5-261a-4b70-a221-232976152ae3/language-pt>
- Europeia, C. (2010). *Diretiva n.º 2010/31/CE*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0031>
- Europeia, C. (2011). *Novo plano de eficiência energética da Comissão*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:en0029&from=EN>
- Europeia, C. (2012). *Diretiva 2012/27/EU*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=FR>
- Europeia, C. (2020). *Pacto Ecológico Europeu*.
https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt
- Europeu, P. (2018). Communication from the Commission to the European Parliament and the Council on Energy Efficiency and its contribution to energy security and the 2030. *Framework for Climate and Energy Policy COM (2014)*.
- Finnerty, N., Sterling, R., Coakley, D., Contreras, S., Coffey, R., & Keane, M. M. (2017). Development of a Global Energy Management System for non-energy intensive multi-site industrial organisations: A methodology. *Energies*, 136, 16–31.
- Gartner, I. T. (2014). *Glossary: big data*. Gartner Inc. Available.
- Gawin, B., & Marcinkowski, B. (2017). Business Intelligence in Facility Management: Determinants and Benchmarking Scenarios for Improving Energy Efficiency. *Information Systems Management*. <https://doi.org/10.1080/10580530.2017.1366219>
- Gungor, V. C., Sahin, D., Kocak, T., Ergut, S., Buccella, C., Cecati, C., & Hancke, G. P. (2011). Smart grid technologies: Communication technologies and standards. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 7(4), 529–539.

- Holmes, I., & Mohanty, R. (2012). *The Macroeconomic Benefits of Energy Efficiency: The case for public action*. <https://www.jstor.org/stable/resrep17859>
- Hwang, M. I., & Xu, H. (2007). The Effect of Implementation Factors on Data Warehousing Success: An Exploratory Study. *Journal of Information, Information Technology, and Organizations*, 2. https://digitalcommons.butler.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1077&context=cob_papers
- Internacional, T. (1997). *Protocolo de Quioto*.
- International Council for Science, I. S. S. C. (ICSU). (2015). *Review of Targets for the Sustainable Development Goals: The Science Perspective*.
- Ipakchi, A. (2007). Implementing the smart grid: Enterprise Information Integration. *Grid-Interop Forum 2007. USA: Albuquerque*.
- Jylhä, T., & Suvanto, M. E. (2015). Impacts of poor quality of information in the facility management field. *Facilities*, 33(5/6), 302–319. <https://doi.org/10.1108/F-07-2013-0057>
- Khayatian, F., Sarto, L., & Dall’O’, G. (2016). *Application of neural networks for evaluating energy performance certificates of residential buildings*.
- Koronios, A., & Yeoh, W. (2010). Critical success factors for business intelligence systems. *Journal of Computer Information Systems*. http://iacis.org/jcis/pdf/Yeoh_Koronios_2010_50_3.pdf
- Koseleva, N., & Ropaite, G. (2017). *Big data in building energy efficiency: understanding of big data and main challenges*.
- Laranjeiro, N., Soydemir, S. N., & Bernardino, J. (2015). A Survey on Data Quality: Classifying Poor Data. *2015 IEEE 21st Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC)*, 179–188. <https://doi.org/10.1109/PRDC.2015.41>.
- Liu, Z., Di, W., Liu, Y., Han, Z., Lun, L., & Gao, J. (2019). *Accuracy analyses and model comparison of machine learning adopted in building energy consumption prediction*.
- Lukić, J., Radenković, M., Despotović-Zrakić, M., Labus, A., & Bogdanović, Z. (2017).

- Supply chain intelligence for electricity markets: A smart grid perspective. *Information Systems Frontiers*, 19(1), 91–107.
- Marasco, D. E., & Kontokosta, C. E. (2016). Applications of machine learning methods to identifying and predicting building retrofit opportunities. *KontokostaNew York University, Center for Urban Science and Progress*.
- March, S. T., & Hevner, A. R. (2007). Integrated decision support systems: A data warehousing perspective. *Decision Support Systems*, 43(3), 1031–1043. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2005.05.029>
- Matei, G. (2010). A collaborative approach of business intelligence systems. *Journal of Applied Collaborative Systems*. <http://www.jacs.ro/2010-%0AVolume02/number02/paper009-fullpaper.pdf>
- Mathew, P. A., N. Dunn, L., D. Sohn, M., Mercado, A., Custudio, C., & Walter, T. (2014). *Big-data for building energy performance: Lessons from assembling a very large national database of building energy use*.
- Momeni, A., & Mehrafzoon, M. (2013). Critical factors of competitive intelligence in the power plant industry: the case study of MAPNA Group. *Journal of Intelligence Studies in Business*.
- Moniz, A. R. G. (2019). *Direito administrativo: textos e casos práticos resolvidos* (Almedina (ed.); 3^o).
- Negash, S. (2004). *Business intelligence. Communications of the Association for Information*.
- Olszak, C. M., & Ziemba, E. (2003). Business intelligence as a key to management of na enterprise. *Informing Science*. <http://proceedings.informingscience.org/IS2003Proceedings/docs/109Olsza.pdf>
- Olszak, C. M., & Ziemba, E. (2006). Business intelligence systems in the holistic infrastructure development supporting decision-making in organizations. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge and Management*. <https://doi.org/10.1.1.99.8329>
- Olszak, C. M., & Ziemba, E. (2007). Approach to building and implementing business

- intelligence systems. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge and Management*. <http://www.ijikm.org/Volume2/IJIKMv2p135-148Olszak184.pdf>
- Oprea et al. (2020). *Setting the Time-of-Use Tariff Rates With NoSQL and Machine Learning to a Sustainable Environment*.
- Painuly, J. P., Park, H., Lee, M. K., & Noh, J. (2003). Promoting energy efficiency financing and ESCOs in developing countries: Mechanisms and barriers. *J. Clean. Prod.*, *11*, 659–665.
- Park, J., Cho, S., Lee, S. K., Kang, S., Kim, Y. S., Kim, J. Y., & Choi, D. S. (2015). Energysaving decision-making framework for HVAC with usage logs. *Energy and Buildings*, *108*, 346–357.
- Portugês, E. (2015). *Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) - Portugal Eficiência 2015*. <https://www.pnaee.pt>
- Português, E. (2004a). *Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE)*. <https://dre.pt/pesquisa/-/search/386780/details/maximized>
- Português, E. (2004b). *Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)*. <https://www.portugalenergia.pt/setor-energetico/bloco-3/>
- Português, E. (2007). *Estratégia para as Compras Públicas Ecológicas 2008-2010*. <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/520842/details/maximized>
- Português, E. (2009). *Estratégia Nacional para a Energia*. <https://dre.pt/home/-/dre/483381/details/maximized>
- Poulsen, R. T., & Johnson, H. (2016). The logic of business vs. the logic of energy management practice: Understanding the choices and effects of energy consumption monitoring systems in shipping companies (10) (PDF) Strategy Context of Decision Making for Improved Energy Efficiency in Indust. *J. Clean. Prod.*, *116*, 3785–3797.
- Power, D. (2007). *A Brief History of Decision Support Systems*. <http://dssresources.com/history/dsshhistory.html>
- Priddle, R. (2001). Competition in electricity markets. *International Energy Agency, OECD/IEA*.

- Radenković, M., Lukić, J., Despotović-Zrakić, M., Labus, A., & Bogdanović, Z. (2018). Harnessing business intelligence in smart grids: A case of the electricity market. *Computers in Industry*, 96, 40–53.
- Rodrigues, L. C. (2002). Business intelligence: the management information system next step. *Third International Conference on Management Information Systems Incorporating GIS & Remote Sensing*. <http://www.ead.fea.usp.br/eadonline/grupodepesquisa/publicações/leonel/24.pdf>
- Rouhani, S., Asgari, S., & Vahid Mirhosseini, S. (2012). Review Study: Business Intelligence Concepts and Approaches. *American Journal of Scientific Research ISSN*, 1450(50), 62–75. <http://www.eurojournals.com/ajsr.htm>
- Ryan, L., & Campbell, N. (2012). Spreading the Net: The Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements. *IEA Energy Papers*. <https://doi.org/10.1787/5k9crzjbpkkc-en>
- Sancho, J., Sánchez-Soriano, J., Chazarra, J. A., & Aparicio, J. (2008). Design and implementation of a decision support system for competitive electricity markets. *Decision Support Systems*.
- Santos, M. Y., & Ramos, I. (2017). *Business Intelligence - da informação ao conhecimento*.
- Schink, H. (2009). Current state and future challenges of real-time ETL. *2nd Student Conference on Software Engineering and Database Systems*. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.148.5749&rep=rep1&type=pdf#page=7>
- Shi, Z., Wang, M., Wu, W., Xu, L., & Zeng, L. (2006). Techniques, process, and enterprise solutions of business intelligence. *Systems, Man and Cybernetics*, 2006. <http://sourcedb.ict.cas.cn/cn/ictthesis/200907/P020090722604480116185.pdf>
- Shindina, T., Streimikis, J., Sukhareva, Y., & Nawrot, Ł. (2018). Social and economic properties of the energy markets. *Econ. Sociol.*, 11, 334–344.
- Stavytskyy, A., Kharlamova, G., Giedraitis, V., & Šumskis, V. (2018). Estimating the interrelation between energy security and macroeconomic factors in European

- countries. *J. Int. Stud.*, 11, 217–238.
- Sueyoshi, T., & Tadiparthi, G. R. (2008). An agent-based decision support system for wholesale electricity market. *Decision Support Systems*, 44(2), 425–446.
- Sztubecka, M., Skiba, M., & Mrówczyńska, . (2020). *An Innovative Decision Support System to Improve the Energy Efficiency of Buildings in Urban Areas*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs12020259>
- United Nations. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. *Resolution*.
<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- Walker, S., Khana, W., Katic, K., Maassena, W., & Zeiler, W. (2020). Accuracy of different machine learning algorithms and added-value of predicting aggregated-level energy performance of commercial buildings. *Energy & Buildings* 209.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109705>
- Zhou, K., Yang, C., & Shen, J. (2017). Discovering residential electricity consumption patterns through smart-meter data mining: A case study from China. *Utilities Policy*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957178717300176>
- Zia, U. U. R., Zulfiqar, M., Azram, U., Haris, M., Khan, M. A., & Zahoor, M. O. (2019). Use of macro/micro models and business intelligence tools for energy assessment and scenario based modeling. *4th International Conference on Emerging Trends in Engineering, Sciences and Technology, ICEEST 2019, Karachi, Pakistan*.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Tabela A1_Metadados dos indicadores de Eficiência Energética:

Código do Indicador	Nome do Indicador	Unid. De Medida	Cálculo	Fonte do Dado
1	Intensidade energética da economia	ktoe/1000 Euro	O consumo total de energia doméstica dividido pelo PIB	EUROSTAT
2	Consumo final de energia por setor	Thousand toes	Soma das quantidades de energia usadas em diferentes setores de atividade de acordo com o equilíbrio energético	EUROSTAT
3	Consumo de energia primária	Thousand toes	Engloba os recursos energéticos não renováveis (carvão mineral, petróleo bruto, gás natural e minérios radioativos), os recursos renováveis (radiação solar direta, biomassa, resíduos industriais, hidroeletricidade, vento, geotermia, energia térmica dos oceanos, marés, ondas e correntes marítimas) e a fração renovável dos resíduos sólidos urbanos. (metainformação - INE)	EUROSTAT e INE
4	Consumo de energia final	Thousand toes	engloba o consumo de energia dos utilizadores finais, como indústria, transportes, famílias, serviços e agricultura, para além do consumo do próprio sector de energia, das perdas ocorridas durante a transformação e da distribuição de energia. O indicador mede a procura total de energia de um país, excluindo todo o uso não energético de transportadores de energia (por exemplo, gás natural utilizado para produzir produtos químicos e não para combustão). (Metainformação - Eurostat).	EUROSTAT e INE
5	Participação da eletricidade de fontes renováveis na energia elétrica total	%	Quantidade de eletricidade gerada por fontes renováveis (Qenelreg) dividido pela quantidade total de eletricidade (TQenel). Pode ser calculado no total e / ou para cada fonte renovável.	EUROSTAT
6	Emissão de Gases de Efeito Estufa por setor	Thousand tonnes CO2 equivalent	Soma das Emissões de Gases de Efeito Estufa (EGES) convertido em CO2 equivalente para cada setor: Energia, fabricação e uso de produtos, Resíduos, agricultura, outros setores, onde: CO2 equivalente - potencial de aquecimento para cada gás de acordo com a metodologia recomendada pela UNFCCC	EUROSTAT
7	Consumo de energia elétrica por habitante	KWh(kilowatt-hora) / hab.	Consumo de energia eléctrica por tipo de consumo no ano civil / População média anual residente	PORDATA