



**TÉCNICO**  
LISBOA

# **Analísadores de Energia Inteligentes e Sistemas Integrados de IoT: Identificação e Análise de Soluções e Financiamento à Escala Europeia**

**Jorge Diogo Rodrigues de Moura Spínola**

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Electrotécnica e de Computadores**

Orientador: Prof. Doutor Paulo José da Costa Branco

## **Júri**

Presidente: Prof.<sup>a</sup> Doutora Célia Maria Santos Cardoso de Jesus

Orientador Prof. Doutor Paulo José da Costa Branco

Vogal: Eng. Luís Miguel Bento Ventura

**Setembro 2021**

## **Declaração**

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Este trabalho/tese é dedicado a quem me acompanhou neste longo percurso e a quem, por infelicidade, não conseguiu.



## **Agradecimentos**

Agradeço ao professor Doutor Paulo Branco a orientação, a motivação e o companheirismo, não só neste projeto bem como no decorrer de todo o meu percurso académico.

Aos meus pais o meu mais sincero obrigado pela disponibilidade, paciência e persistência em garantir o fim desta etapa.

Por fim, agradeço aos amigos o facto de me acompanharem sempre.



## Resumo

A produção de energia eléctrica tem um grande impacto no aumento do efeito de estufa/destruição da camada do ozono e conseqüentemente nas alterações climáticas. Duas possíveis soluções para este problema são: produzir energia verde e estimular a redução do consumo de energia.

Neste trabalho é apresentado o estado da arte sobre as políticas energéticas de *low Carbon* (baixo carbono), *carbon neutral* (carbono neutro) e *climate neutral* (clima neutro), com o objectivo de se perceber o enquadramento e as vantagens do desenvolvimento de um contador de energia inteligente, com futura aplicação nas demais habitações. O trabalho começa com um estudo sobre as causas e conseqüências das alterações climáticas a curto, médio e a longo prazo. Sendo ainda feita a avaliação geral da evolução destas alterações ao longo do tempo. De seguida é apresentada a abrangência do conceito de *climate-neutral* a todo o tipo de emissões e desperdícios, o que inclui os desperdícios numa habitação comum, em hotéis, restaurantes e todo o tipos de actividade que usam a energia eléctrica. As tecnologias aqui abordadas são: *smart buildings* (edifícios inteligentes) e *smart meters* (contadores inteligentes). Por fim, é feito um estudo das proposta da União Europeia para a redução da pegada de carbono, através do uso de tecnologias *low carbon*, e da viabilidade de implementação de um contador inteligente que dê sugestões ao consumidor sobre como usar a sua energia. Embora este tema seja alvo de uma investigação intensa, a sua legislação é algo que ainda não foi ponderado nem devidamente cimentado, sendo então apresentado e discutido o estado da arte sobre as políticas de privacidade e recolha de dados.

**Palavras-chave:** Edifícios Inteligentes, Contador Inteligente, Baixo Carbono, Clima Neutro, Legislação do Mercado Energético, Protecção de Dados





## **Abstract**

Electricity production has a major impact on enhancing the greenhouse effect / destroying the ozone layer and in the climate changes. Two possible solutions are: production of green energy and promotion of low energy consumption.

This work presents the state of the art in low carbon, carbon neutral and carbon neutral energy policies, with the aim of understanding the framework and benefits of developing a smart energy meter, with future application in our homes.

The work begins with an examination of the causes and consequences of climate change in the short, medium and long term. A general assessment of the evolution of these changes over time is also made. Next is discussed the inclusion in the "carbon neutral" of all types of emissions and waste, i.e., wastes in a common household, hotels, restaurants, and all types of activities that consume electricity. The technologies discussed here are: Smart Buildings and Smart Meters.

Finally, European Union 's proposals to reduce the carbon footprint through the use of low-carbon technologies are explored, together with the proposal of a new smart meter that can give suggestions to the consumer. Although this topic has been the subject of intense research, its legislation is something that has not yet been considered or properly cemented. Therefore, the current status of this policy is presented and discussed here.

**Keywords:** Smart Buildings, Smart Meter, Low Carbon, Climate Neutral, Market Legislation, Privacy and Data Protection



# Conteúdo

Agradecimentos . . . . .	v
Resumo . . . . .	vii
Abstract . . . . .	ix
Lista de Tabelas . . . . .	xiii
Lista de Figuras . . . . .	xv
Lista de Símbolos . . . . .	1
Glossário . . . . .	1
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação . . . . .	5
1.2 Tópicos a Abordar . . . . .	5
1.3 Objectivos . . . . .	5
1.4 Organização do Relatório . . . . .	6
<b>2 Alterações Climáticas</b>	<b>7</b>
2.1 Causas . . . . .	7
2.2 Consequências . . . . .	9
2.3 Low Carbon (Baixo Carbono) . . . . .	10
2.4 Climate Neutral (Clima Neutro) . . . . .	14
2.5 Conclusão . . . . .	16
<b>3 Consumo</b>	<b>19</b>
3.1 Literacia Energética . . . . .	20
3.2 Literacia em Portugal . . . . .	23
3.3 Conclusão . . . . .	23
<b>4 Tecnologia</b>	<b>25</b>
4.1 Smart Buildings (Edifícios Inteligentes) . . . . .	25
4.2 Green Smart/Intelligent Buildings (Edifícios Inteligentes Verdes) . . . . .	30
4.3 Smart Meters (Contadores Inteligentes) . . . . .	31
4.3.1 A Evolução dos Contadores de Eletricidade (Clássicos e Inteligentes) . . . . .	33
4.3.2 Implementação de Contadores Inteligentes na União Europeia . . . . .	37

4.3.3	Segurança e Privacidade . . . . .	39
4.4	Conclusão . . . . .	41
<b>5</b>	<b>Legislação</b>	<b>43</b>
5.1	As três regulamentações fundamentais . . . . .	44
5.2	Medidas adoptadas por França, Holanda, Noruega e Reino Unido . . . . .	46
5.3	Conclusão . . . . .	47
<b>6</b>	<b>Financiamento</b>	<b>49</b>
6.1	Conclusão . . . . .	53
<b>7</b>	<b>Conclusões</b>	<b>55</b>

# Lista de Tabelas

3.1	Estudo realizado em 2020 sobre a literacia energética em Portugal pela ERSE - <a href="https://www.erse.pt/media/rr2iewsc/comunicado-estudo-de-literacia-dos-consumidores.pdf">https://www.erse.pt/media/rr2iewsc/comunicado-estudo-de-literacia-dos-consumidores.pdf</a> . . . . .	24
-----	---	----



# Lista de Figuras

1.1	Energia solar. . . . .	1
1.2	Aerogeradores. . . . .	2
1.3	Energia das ondas. . . . .	2
1.4	Energia hídrica. . . . .	3
1.5	Energia da biomassa. Figura adaptada de <a href="http://www.novasdicas.com.br">www.novasdicas.com.br</a> . . . . .	3
1.6	Energia geotérmica Figura adaptada de <a href="http://www.portal-energia.com">/www.portal-energia.com</a> . . . . .	3
1.7	Motivação do trabalho. Contribuir para os objectivos da União Europeia através da redução dos gastos excessivos de energia elétrica, com a ajuda de um contador inteligente que funcionará como um conselheiro energético (através do uso de inteligência artificial). . . . .	5
2.1	Evolução da temperatura na atmosfera e da temperatura e ph da superfície do oceano, desde 1950. As diferentes cores dizem respeito aos diferentes locais onde foram recolhidos os dados. Figura adaptada de [2]. . . . .	8
2.2	(cinza claro) evolução da temperatura da atmosfera no continente. (cinza escuro) evolução da temperatura média da atmosfera em região de oceano e de continente. Figura adaptada de [3]. . . . .	9
2.3	Share de energia obtida através de fontes renováveis - 2018. Figura adaptada da Eurostat.	12
2.4	Dia de Sobrecarga da Terra de 1970 a 2020. Figura adaptada de “Global Footprint Network National Footprint and Biocapacity Accounts 2019”. . . . .	13
2.5	Clima neutro até 2050. Figura adaptada do site da Comissão Europeia. . . . .	14
2.6	Taxação pela produção de tonelada de carbono no ano de 2019. Figura adaptada de <a href="http://taxfoundation.org">taxfoundation.org</a> . . . . .	15
3.1	Literacia energética promovida pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). Esta entidade criou vídeos educativos sobre três grandes temas que considera de particular relevância para o consumidor de energia, nomeadamente, para os consumidores que revelam maior vulnerabilidade do ponto de vista da literacia energética. . . . .	20
3.2	Evolução no tempo do estudo de Tobias Schwartz et al. [23]. Figura adaptada de [23]. . . . .	22
4.1	Exemplo ilustrativo de um conjunto de edifícios inteligentes. Figura adaptada de <a href="http://senseware.co">senseware.co</a> . . . . .	29

4.2	Exemplo ilustrativo de um edifício verde. Figura adaptada de <a href="http://visualoopbr.tumblr.com">visualoopbr.tumblr.com</a> . . .	32
4.3	Protótipo de um contador inteligente. Figura adaptada de <a href="http://www.eeef.lu">www.eeef.lu</a> . . . . .	37
4.4	Evolução da implementação de contadores inteligentes na União Europeia. Figura adaptada de [58]. . . . .	39
6.1	Fundos Europeus a serem investidos até 2030. Figura adaptada do site da Comissão Europeia. . . . .	49



# Capítulo 1

## Introdução

A produção de energia eléctrica tem um grande impacto no aumento do efeito de estufa/destruição da camada do ozono e conseqüentemente nas alterações climáticas. Duas possíveis soluções para este problema são: produzir energia verde e estimular a redução do consumo de energia.

A energia verde é uma energia produzida através de fontes renováveis, que, não **polui, nem produz gases de estufa**, respeitando ao máximo a biodiversidade e o ser humano. A natureza apresenta uma série de recursos que podem ser convertidos em energia eléctrica, sendo que, as principais fontes de energia renováveis são:

- energia solar (figura 1.1): é produzida através da utilização de painéis solares capazes de transformar a energia natural do sol em dois tipos de energia. Energia solar fotovoltaica: os raios solares incidem nos painéis solares, sendo convertidos em energia eléctrica pelas células fotovoltaicas que os compõem. Energia solar térmica: os painéis solares concentram a luz solar e o calor dos raios solares, transformando-os **em energia térmica (que poderá, ou não, ser transformada em energia eléctrica)**. A energia solar é o recurso de energia mais abundante do planeta Terra – 173.000 terawatts de energia solar chegam ao nosso planeta de forma contínua. Este valor é **100.000** superior ao consumo total de energia do mundo inteiro.



Figura 1.1: Energia solar.

- vento, ou o movimento das massas de ar (figura 1.2): é utilizado para gerar energia eléctrica. Esta energia é produzida através aerogeradores com pás que giram com a força do vento, convertendo

o mesmo em eletricidade. Atualmente, a energia eólica representa um quarto da eletricidade consumida pelos portugueses.



Figura 1.2: Aerogeradores.

- movimento do mar e das marés (figura 1.3): é aproveitado por um sistema de turbinas que o converte em energia elétrica.

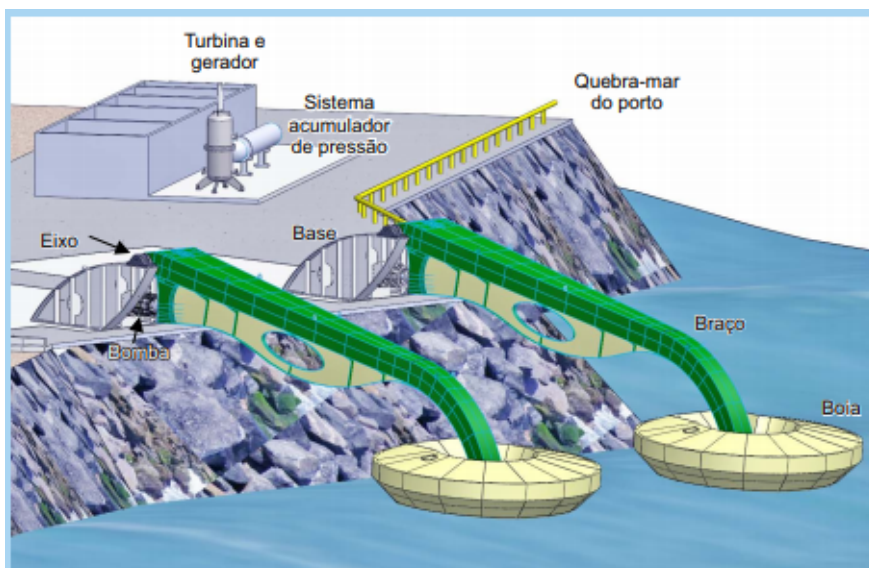


Figura 1.3: Energia das ondas.

- energia hídrica (figura 1.4): é gerada através da transformação da força das águas em eletricidade. Segundo a Associação de Energias Renováveis, ou APREN, as “centrais hídricas são o modo mais eficiente de gerar eletricidade e contribuem para a estabilidade do sistema elétrico”. Em Portugal, cerca de 30% da eletricidade consumida tem origem hídrica, mostram os dados da APREN.



Figura 1.4: Energia hídrica.

- energia de biomassa (figura 1.5): é obtida a partir da conversão da matéria orgânica, denominada de biomassa que, segundo o Decreto Lei nº 117/2010, de 25 de Outubro, é a fracção biodegradável de produtos, resíduos ou detritos de origem biológica provenientes da agricultura, incluindo substâncias de origem animal e vegetal, da exploração florestal e de indústrias afins, incluindo da pesca e da aquicultura, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos.

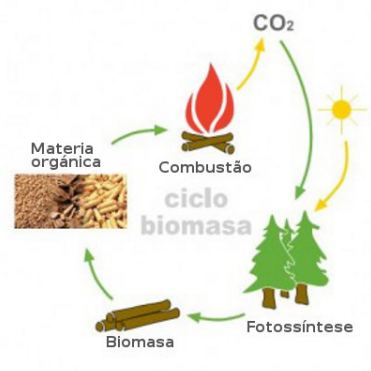


Figura 1.5: Energia da biomassa. Figura adaptada de [www.novasdicas.com.br](http://www.novasdicas.com.br).

- calor proveniente do interior do Planeta Terra - energia geotérmica (energia térmica ou elétrica usando turbinas) (figura 1.6): é utilizado para produzir energia geotérmica, muito utilizada para sistemas de aquecimento e de refrigeração.

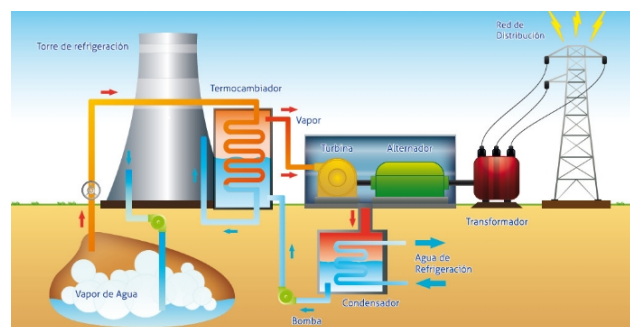


Figura 1.6: Energia geotérmica Figura adaptada de [/www.portal-energia.com](http://www.portal-energia.com).

Relativamente ao estímulo ao baixo consumo de energia, surge nos dias de hoje, o conceito de *climate neutral* (em português clima neutro, com origem no *carbon neutral*, ou seja, carbono neutro). Este conceito baseia-se na ideia de que se uma empresa emite uma determinada quantidade de  $CO_2$  para a atmosfera, também tem de ser capaz de reabsorver o que emitiu (por exemplo fazer crescer uma zona florestal). O *climate neutral* deve ser abrangente a todo o tipo de emissões e desperdícios, o que inclui os desperdícios numa habitação comum, em hotéis, restaurantes e todo o tipos de actividade que usam a energia eléctrica. As tecnologias/conceitos que muito ajudam o *climate neutral* são os *smart buildings* e os *smart meter*. Os *smart buildings* baseiam-se no uso de materiais com maior eficiência termoeléctrica, uso de energia renovável, etc. Implícito ao conceito de *smart buildings* estão os *smart meters* (como por exemplo o contador digital).

A maioria da população não tem noção de conceitos básicos relacionados com a energia, e, como tal, [não medem os seus consumos](#). De um lado temos a factura da electricidade, que é uma preocupação, mas por outro lado temos o baixo preço de tecnologias menos eficientes, o que leva a um erro comum, comprar um equipamento mais barato mas que consome mais. Seria melhor o consumidor comprar um equipamento mais eficiente mas mais caro, e depois recuperar o valor extra que pagou, na [factura de energia eléctrica](#) - vulgo *fatura da luz* (que iria diminuir ao longo do tempo). Esta ideia só pode ser incutida nos consumidores através de literacia energética, e, a existência de um contador inteligente, que interaja constantemente com o utilizador fornecendo informações sobre consumos em tempo real, assim como em médio e longo prazo, e destacando qual o consumo de cada equipamento. Esta seria uma ferramenta muito útil para educar as pessoas (e ao mesmo tempo otimizar o consumo de energia).

Os contadores inteligentes mais simples foram inicialmente desenvolvidos com o principal objetivo de acabar com as estimativas nas faturas de electricidade, uma vez que permitem que a comunicação de leituras ao Operador de Rede de Distribuição (ORD) seja realizada de forma remota e automática (designada por telecontagem).

Adicionalmente, permitem outras mudanças que poderão ser favoráveis para os consumidores, pois terão um impacto significativo na gestão da rede nacional de energia eléctrica, por possibilitarem uma gestão mais eficiente da produção e distribuição de energia e, conseqüentemente, permitindo reduzir as emissões de dióxido de carbono associada à electricidade.

A instalação destes contadores é da responsabilidade do ORD, função desempenhada na maioria dos concelhos de Portugal continental pela E-Redes, sob supervisão da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

Atualmente já foram instalados um milhão de contadores de última geração e prevê-se que até ao final de 2022 sejam instalados contadores em todas as instalações, de acordo com a informação da e-redes [1].

De realçar que os contadores mais inteligentes levantam problemas como a privacidade dos dados por ele recolhidos. Sendo este tema também abordado neste trabalho (a dicotomia entre a inteligência do contador e a privacidade e a sua legislação).

## 1.1 Motivação

A motivação deste trabalho é a redução dos gastos excessivos de energia, através do estímulo à literacia energética por meio da introdução de um novo contador inteligente no mercado, que irá mais além dos contadores inteligentes convencionais, ao fornecer sugestões aos consumidores, com base numa inteligência artificial (figura 1.7).

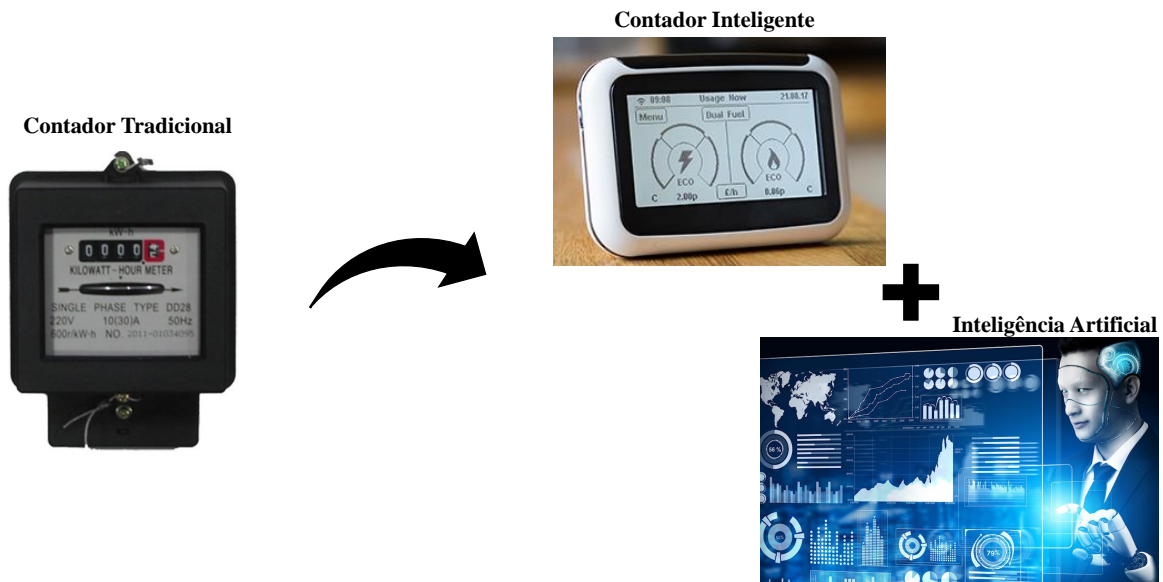


Figura 1.7: Motivação do trabalho. Contribuir para os objectivos da União Europeia através da redução dos gastos excessivos de energia elétrica, com a ajuda de um contador inteligente que funcionará como um conselheiro energético (através do uso de inteligência artificial).

## 1.2 Tópicos a Abordar

Os tópicos abordados nesta dissertação são: alterações climáticas (causas, consequências, o clima neutro e o carbono neutro), tecnologia (edifícios inteligentes e contadores inteligentes), legislação aplicada ao setor das energias, financiamento e incentivos à produção de energia verde e ao desenvolvimento de uma sociedade focada no desperdício energético e na não poluição.

## 1.3 Objectivos

Os objectivos a atingir com esta dissertação são:

- perceber a evolução da consciência energética por parte da população;
- estudar o impacto da implementação de um contador inteligente que ensinará o seu utilizador a poupar e otimizar a energia consumida;
- perceber como as leis produzidas no sector energético (ou a falta destas) terão impacto a evolução

dos próximos anos em termos de otimização energética e gestão de dados recolhidos sobre os consumidores.

## 1.4 Organização do Relatório

Neste trabalho é apresentado o estado da arte sobre as políticas energéticas de *low Carbon*, *carbon neutral* e *climate neutral*, com o objectivo de se perceber o enquadramento e as vantagens do desenvolvimento de um contador de energia inteligente, com futura aplicação nas demais habitações.

A dissertação está organizada da seguinte forma:

- No capítulo 2 é apresentado um estudo sobre as causas e consequências das alterações climáticas a curto, médio e a longo prazo. Sendo ainda feita a avaliação geral da evolução destas alterações ao longo do tempo, tentando estabelecer-se uma relação entre a forma como a energia tem vindo a ser produzida, e o aumento do efeito de estufa/destruição da camada do ozono.
- No capítulo 3 são apresentados os edifícios e contadores inteligentes. É descrita a sua evolução ao longo do tempo assim como os futuro destas tecnologias.
- O capítulo 4 é dedicado à legislação aplicada pela União Europeia no sector energético. A União Europeia propôs a a redução da pegada de carbono, através do uso de tecnologias *low carbon*. Embora este tema seja alvo de uma investigação intensa, a sua legislação é algo que ainda não foi ponderado nem devidamente cimentado. É então aqui apresentado o estado da arte sobre estas políticas: quais os estudos desenvolvidos sobre a aplicabilidade de tecnologias *low carbon* e qual o seu impacto a longo prazo. Para que estas tecnologias possam ser implementadas pelos governos dos diferentes países, será necessário garantir uma série de políticas tendo em conta todos os stakeholders, pelo impacto que poderão trazer a sociedade onde seriam aplicadas. É ainda feito um estudo sobre o impacto económico da aplicação deste tipo de energia, mediante as capacidades de cada país. A legislação existente sobre a proteção de dados é discutido à luz dos novos contadores inteligentes.
- O capítulo 6 é dedicado ao financiamento destas iniciativas por parte da União Europeia (UE).

O trabalho termina com umas breves conclusões, no capítulo 7.

## Capítulo 2

# Alterações Climáticas

### 2.1 Causas

Os cientistas atribuem a tendência de aquecimento global observada desde meados do século 20 à disseminação humana do “efeito estufa”, o aquecimento que ocorre quando a [atmosfera capta o calor irradiado pela Terra](#).

Certos gases da atmosfera bloqueiam o calor e não permitem que ele escape. Gases de vida longa que permanecem semi-permanentemente na atmosfera e não respondem física ou quimicamente às mudanças de temperatura são descritos como “promotores” das mudanças climáticas. Gases como o vapor de água, que respondem física ou quimicamente às mudanças de temperatura, são considerados “feedbacks”.

#### **Os gases que contribuem para o efeito estufa são:**

Vapor de água: é o gás de efeito de estufa mais abundante. Atua principalmente como um feedback do clima. O vapor de água aumenta à medida que a atmosfera da Terra aquece e também aumenta a probabilidade de nuvens e precipitação, tornando-os nos mecanismos de feedback mais importantes para o efeito estufa.

Dióxido de carbono  $CO_2$ : é um componente secundário, mas muito importante da atmosfera. O dióxido de carbono é libertado por meio de processos naturais, como respiração e erupções vulcânicas, bem como por meio de atividades humanas, como desmatamento, mudança no uso da terra e queima de combustíveis fósseis. Desde o início da Revolução Industrial, a atividade humana causou um aumento na concentração de  $CO_2$  de mais de um terço. É o gás “promotor” de longa duração da mudança climática.

Metano: é um gás hidrocarboneto produzido por fontes naturais e pela atividade humana, como a decomposição de resíduos em aterros, a agricultura (principalmente a cultura do arroz), a digestão de ruminantes e o manuseamento de esterco de gado. Em escala molecular, o metano é um gás de efeito estufa muito mais ativo do que o dióxido de carbono, embora muito menos abundante na atmosfera.

Óxido nitroso: é um poderoso gás de efeito estufa que é produzido devido a práticas ligadas ao cultivo do solo, especialmente o uso de fertilizantes comerciais e orgânicos, a incineração de combustíveis

fósseis, a produção de ácido nítrico e a queima de biomassa.

Clorofluorcarbonos (CFCs): são compostos sintéticos de origem inteiramente industrial que foram utilizados em diversas aplicações, mas a sua produção e emissão para a atmosfera são hoje altamente regulamentadas por tratados internacionais, uma vez que contribuem para a destruição da camada do ozônio. Eles são também gases de efeito estufa.

### O papel da atividade humana:

No seu Quinto Relatório de Avaliação [3], o Painel Inter-Governamental sobre Mudanças Climáticas, um grupo de 1.300 especialistas científicos independentes, de países de todo o mundo sob os auspícios das Nações Unidas, concluiu que há mais de 95% de probabilidade de que as atividades humanas nos últimos 50 anos aqueceram nosso planeta.

As atividades industriais de que depende a nossa civilização moderna aumentaram os níveis de dióxido de carbono na atmosfera de 280 partes por milhão para 414 partes por milhão, nos últimos 150 anos. O painel também concluiu que há mais de 95% de probabilidade de que gases de efeito estufa produzidos pelo homem, como dióxido de carbono (ver figura 2.1), metano e óxido nítrico, tenham causado grande parte do aumento observado nas temperaturas da Terra nos últimos 50 anos.

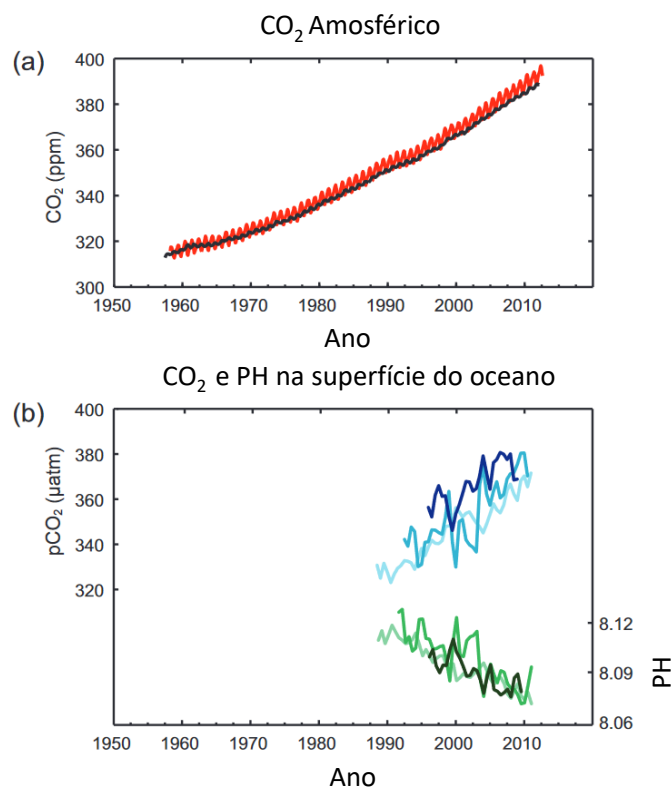


Figura 2.1: Evolução da temperatura na atmosfera e da temperatura e ph da superfície do oceano, desde 1950. As diferentes cores dizem respeito aos diferentes locais onde foram recolhidos os dados. Figura adaptada de [2].



## 2.2 Consequências

Na Terra, as atividades humanas estão a mudar o efeito de estufa natural. No último século, o uso de combustíveis fósseis como carvão e petróleo aumentou a concentração de carbono atmosférico ( $CO_2$ ). Isso acontece porque o processo de queima do carvão ou petróleo combina o carbono com o oxigênio do ar para formar o  $CO_2$ . Em menor grau, o desmatamento para agricultura, indústria e outras atividades humanas aumentou as concentrações de gases de efeito estufa.

As consequências da mudança do efeito estufa atmosférico natural são difíceis de prever, mas alguns efeitos parecem prováveis:

- Em média, a Terra ficará mais quente (ver figura 2.2). Algumas regiões podem ficar com temperaturas mais altas, mas outras não.
- Condições mais quentes provavelmente levarão a mais evaporação e precipitação em geral, mas as regiões individuais irão variar, algumas tornando-se mais húmidas e outras mais secas.
- Um efeito estufa mais forte aquecerá o oceano e derreterá parcialmente os glaciares e mantos de gelo, aumentando o nível do mar. A água do oceano também se irá expandir, e aquecer, contribuindo ainda mais para o aumento do nível do mar.

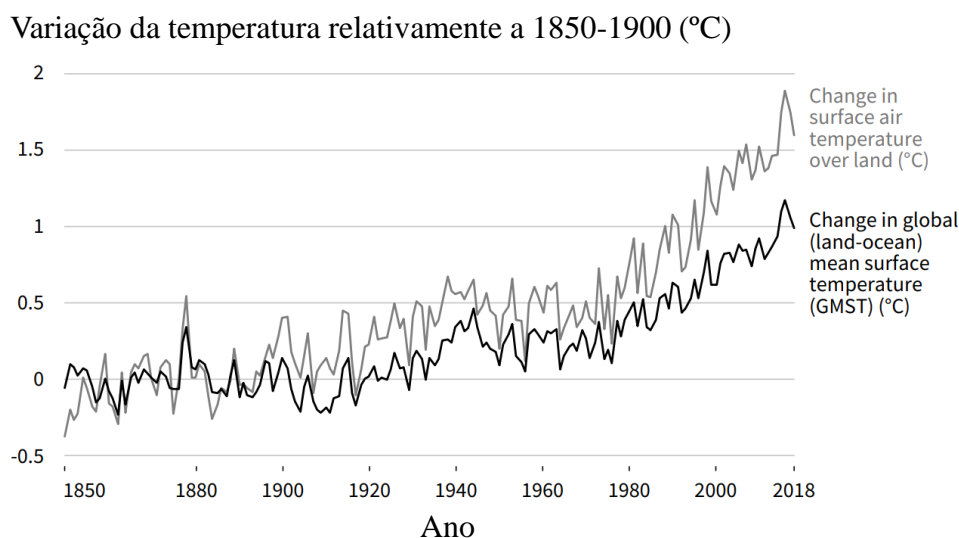


Figura 2.2: (cinza claro) evolução da temperatura da atmosfera no continente. (cinza escuro) evolução da temperatura média da atmosfera em região de oceano e de continente. Figura adaptada de [3].

Algumas experiências de laboratório sugerem que níveis elevados de  $CO_2$  podem levar ao aumento do crescimento das plantas [4]. No entanto, outros fatores, como mudanças de temperatura, ozono e restrições de água e nutrientes, podem mais do que neutralizar qualquer aumento potencial na produção. Se as faixas de temperatura ideais para algumas culturas forem excedidas, os ganhos anteriores podem ser reduzidos ou totalmente revertidos. De notar que embora o aumento do  $CO_2$  possa estimular o crescimento das plantas, a pesquisa mostrou que também pode reduzir o valor nutricional da maioria das culturas alimentares, reduzindo as concentrações de proteínas e minerais essenciais na maioria das espécies de plantas.

Extremos climatéricos, como secas, inundações e temperaturas extremas, podem levar à perda de colheitas (produtos agrícolas colhidos) e ameaçar a subsistência dos produtores agrícolas e ainda a segurança alimentar das comunidades no mundo. Dependendo da cultura e do ecossistema, ervas daninhas, pragas e fungos também podem prosperar sob temperaturas mais quentes, climas mais húmidos e níveis elevados de  $CO_2$ .

É razoável supor que mudanças na produção de energia do Sol causam mudanças no clima, uma vez que o Sol é a fonte fundamental de energia que move o nosso sistema climatérico.

De fato, estudos mostram que a variabilidade solar desempenhou um papel importante nas mudanças climatéricas anteriores [5]. Por exemplo, acredita-se que uma diminuição na atividade solar associada a um aumento na atividade vulcânica ajudou a desencadear a Pequena Idade do Gelo entre aproximadamente 1650 e 1850, quando a Gronelândia reduziu a temperatura de 1410 a 1720 e os glaciares cresceram nos Alpes.

Porém, várias linhas de investigação mostram que o aquecimento global atual não pode ser explicado apenas por mudanças na energia do Sol:

- Desde 1750, a quantidade média de energia proveniente do Sol permaneceu constante ou aumentou ligeiramente.
- Se o aquecimento fosse causado por um Sol mais ativo, os cientistas esperariam ver temperaturas mais altas em todas as camadas da atmosfera. Em vez disso, foi observada uma descida de temperatura na alta atmosfera e um aquecimento na superfície e nas partes mais baixas da atmosfera. Isto ocorreu porque os gases do efeito estufa estão a prender o calor na baixa atmosfera [6].
- Os modelos climatéricos que incluem mudanças de radiância solar não conseguem reproduzir a tendência de temperatura observada no último século sem incluir um aumento nos gases de efeito de estufa.

A quantidade de energia solar que a Terra recebe tem seguido o ciclo natural do Sol de 11 anos (com pequenos altos e baixos mas sem aumento líquido) desde a década de 1950. No mesmo período, a temperatura global aumentou acentuadamente. Portanto, é extremamente improvável que o Sol tenha causado a tendência de aquecimento global observada na última metade do século passado.

## **2.3 Low Carbon (Baixo Carbono)**

A pegada de carbono é definida como a quantidade de emissões de dióxido de carbono associadas a todas as atividades de uma pessoa ou outra entidade (por exemplo, edifício, corporação, país, etc.). Inclui emissões diretas, como as que resultam de queimar combustíveis fósseis na produção, aquecimento e transporte, bem como as emissões necessárias para produzir a eletricidade associada aos bens e serviços consumidos [7]. Além disso, o conceito de pegada de carbono também inclui frequentemente

as emissões de outros gases de efeito estufa, como metano, óxido nitroso ou clorofluorcarbonetos (CFCs).

O conceito de pegada de carbono está relacionado, e cresceu, a partir de uma ideia mais antiga - a pegada ecológica, um conceito inventado no início dos anos 1990 pelo ecologista William Rees e Mathis Wackernagel, da Universidade de British Columbia [8]. Uma pegada ecológica é a área total de terra necessária para sustentar uma atividade ou população. Inclui os impactos ambientais, como o uso da água e a quantidade de terra usada para a produção de alimentos. Em contraste, uma pegada de carbono é geralmente expressa como uma medida de peso, como em toneladas de  $CO_2$ , ou,  $CO_2$  equivalente por ano.

### **Cálculo da pegada de carbono:**

As pegadas de carbono são diferentes das emissões per capita de um país (por exemplo, aquelas apresentadas na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima). Em vez das emissões de gases do efeito estufa associadas à produção, as pegadas de carbono concentram-se nas emissões de gases do efeito estufa associadas ao consumo. Eles incluem as emissões associadas a bens que são importados para um país, mas são produzidos em outro lugar e geralmente levam em consideração as emissões associadas ao transporte internacional, que não são contabilizados nos inventários nacionais padrão. Como resultado, a pegada de carbono de um país pode aumentar, mesmo quando as emissões de carbono dentro de suas fronteiras diminuem.

A pegada de carbono per capita é mais [elevada nos Estados Unidos da América](#). De acordo com o Carbon Dioxide Information Analysis Center e o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas, em 2004, o residente médio dos Estados Unidos tinha uma pegada de carbono per capita de 20,6 toneladas métricas (22,7 toneladas curtas) de  $CO_2$  equivalente, cerca de cinco a sete vezes a média global. As médias variam muito em todo o mundo, com pegadas mais altas geralmente encontradas em países desenvolvidos. Por exemplo, nesse mesmo ano, a França tinha uma pegada de carbono per capita de 6,0 toneladas métricas (6,6 toneladas curtas), enquanto o Brasil e a Tanzânia tinham pegadas de carbono de 1,8 toneladas métricas (cerca de 2 toneladas curtas) e 0,1 tonelada métrica (0,1 toneladas curtas) de  $CO_2$  equivalente, respectivamente [9].

Nos países desenvolvidos, o transporte e o uso de energia doméstica constituem o maior componente da pegada de carbono de um indivíduo. Por exemplo, aproximadamente 40% das emissões totais nos Estados Unidos durante a primeira década do século 21 foram provenientes dessas fontes [9, 10]. Essas emissões são incluídas como parte da pegada de carbono “primária” de um indivíduo, representando as emissões sobre as quais um indivíduo tem controle direto. O restante da pegada de carbono de um indivíduo é chamado de pegada de carbono “secundária”, representando as emissões de carbono associadas ao consumo de bens e serviços. A pegada secundária inclui as emissões de carbono emitidas pela produção de alimentos. Pode ser usado para contabilizar dietas que contêm proporções maiores de carne, que requerem uma quantidade maior de energia e nutrientes para serem produzidos do que vegetais e grãos, e alimentos que foram transportados por longas distâncias. O fabrico e o transporte de bens de consumo são contribuintes adicionais para a pegada de carbono secundária. Por

exemplo, a pegada de carbono de uma garrafa de água inclui o  $CO_2$  ou o equivalente de  $CO_2$  emitido durante a fabricação da própria garrafa mais a quantidade emitida durante o transporte da garrafa até o consumidor [10].

Existem várias ferramentas para calcular as pegadas de carbono de indivíduos, empresas e outras organizações. As metodologias mais comuns que são usadas para calcular a pegada de carbono organizacional incluem o Greenhouse Gas Protocol, do World Resources Institute e do World Business Council for Sustainable Development, e a ISO 14064, um padrão desenvolvido pela International Organization for Standardization que trata especificamente das emissões de gases do efeito estufa [11]. Várias organizações, como a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, a Conservação da Natureza e a British Petroleum, criaram calculadoras de carbono na Internet para indivíduos singulares poderem fazer os seus cálculos. Estas calculadoras permitem que as pessoas comparem as suas próprias pegadas de carbono com as médias nacionais e mundiais.

### Redução da pegada de carbono:

Os indivíduos e as corporações podem tomar uma série de medidas para reduzirem as suas pegadas de carbono e, assim, contribuir para a mitigação do aquecimento global. Eles podem comprar compensações de carbono (em termos gerais, um investimento numa atividade ou tecnologia de redução de carbono) para compensar parte ou a totalidade de sua pegada de carbono. Se comprarem o suficiente para compensar sua pegada de carbono, eles tornam-se efetivamente neutros em carbono.

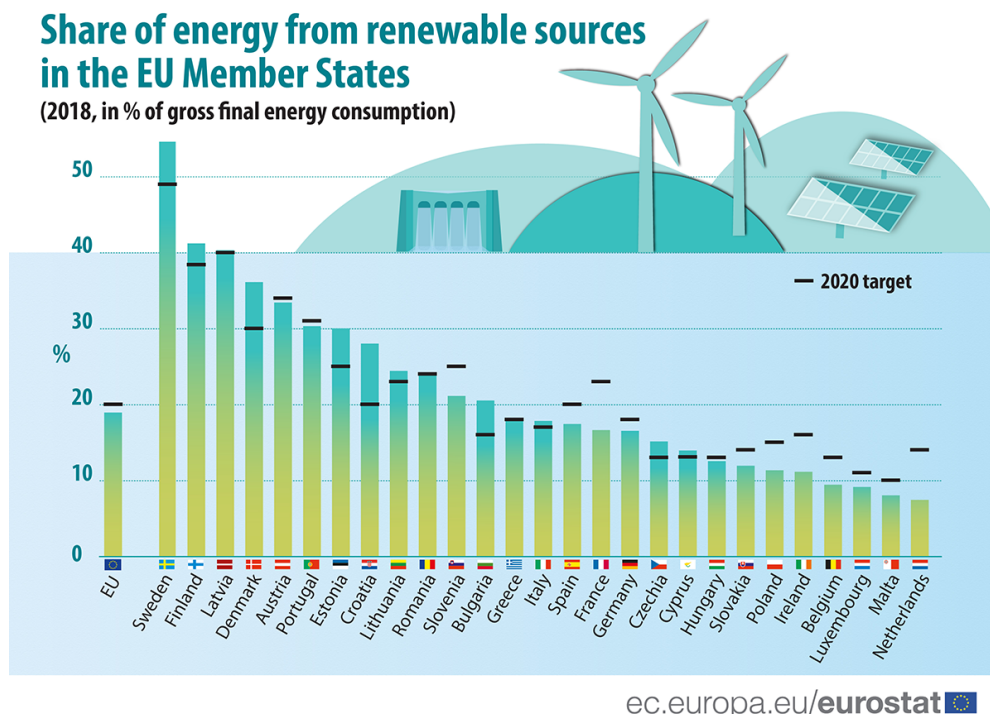


Figura 2.3: Share de energia obtida através de fontes renováveis - 2018. Figura adaptada da Eurostat.

As pegadas de carbono podem ser reduzidas melhorando a eficiência energética e mudando estilos de vida e hábitos de compra. Mudar o uso de energia e o tipo de transporte pode ter um impacto nas

pegadas de carbono primárias. Por exemplo, o uso de transporte público, como autocarro e comboio, reduz a pegada de carbono de um indivíduo em comparação com quem conduz um carro. Indivíduos e empresas podem reduzir as suas respectivas pegadas de carbono instalando iluminação com eficiência energética, aumentar a exposição solar, modificando o tipo de janelas, adicionando isolamento em edifícios ou usando fontes de energia renováveis para gerar a eletricidade de que necessitam [12] (figura 2.3). [O facto de se ver menos tv, de se abrir menos vezes o frigorífico, ou por outras palavras, fazer um uso mais cuidado e otimizado dos produtos elétricos que temos nas nossas casas, irá contribuir para uma ainda maior redução da pegada de carbono.](#)

Opções de estilo de vida adicionais que podem reduzir a pegada de carbono secundária de um indivíduo, incluem a redução do consumo de carne e a mudança de hábitos de compra, para produtos que requerem menos emissões de carbono para produzir e transportar.

Entrando em vigor em 2015, por acordo entre 195 países, o Acordo de Paris estabeleceu a meta de limitar o aquecimento global abaixo de 2°C e prosseguir esforços para limitá-lo ainda mais a 1,5°C. O Acordo de Paris é uma ponte entre as políticas atuais e a neutralidade climática antes do final do século. Os governos concordaram em reduzir as emissões e alcançar um equilíbrio entre emissões e remoções na segunda metade do século - que é a própria definição de neutralidade de carbono [13].

Para terminar, é apresentado um gráfico (figura 2.4) com o Dia de Sobrecarga da Terra, que assinala a data em que a humanidade utilizou todos os recursos biológicos que o planeta pode renovar durante o ano inteiro. Atualmente, o ser humano utiliza 60% a mais do que aquilo que pode ser renovado, como se vivêssemos em 1,6 planetas. De notar que devido à Covid - 19, em 2020 o limite (Dia de Sobrecarga da Terra) foi atingido a 22 de agosto, um pouco mais que três semanas mais tarde do que em 2019, o qual foi alcançado a 29 de julho.

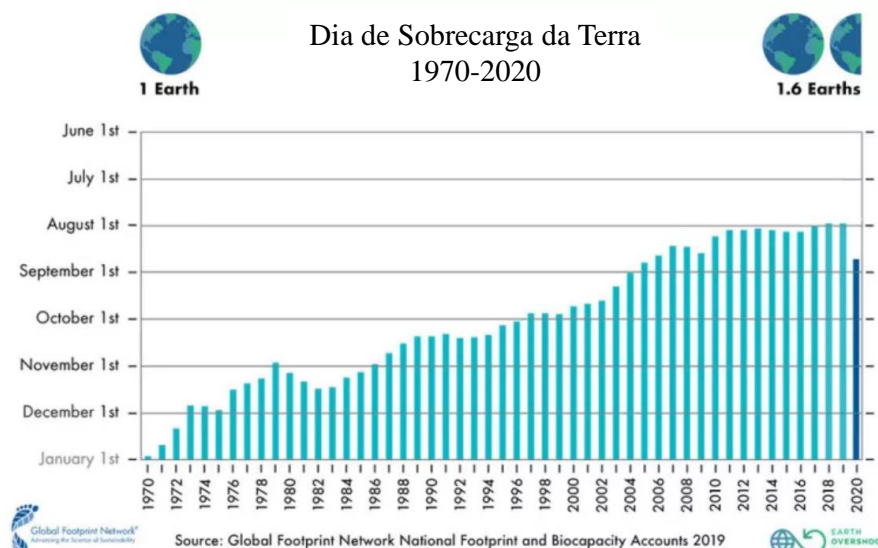


Figura 2.4: Dia de Sobrecarga da Terra de 1970 a 2020. Figura adaptada de “Global Footprint Network National Footprint and Biocapacity Accounts 2019”.

## 2.4 Climate Neutral (Clima Neutro)

Todos os dias, vemos o impacto crescente das mudanças climáticas. Combatê-lo é fundamental para o futuro da Europa e do mundo [14].

Em 2019, os líderes da UE traçaram o objetivo de alcançar uma UE neutra para o clima até 2050. Isso seguiu os compromissos assumidos pela UE e seus Estados-Membros na assinatura do Acordo de Paris em 2015.



Figura 2.5: Clima neutro até 2050. Figura adaptada do site da Comissão Europeia.

Quando falamos sobre o combate às mudanças climáticas, referimo-nos normalmente à redução das emissões de gases de efeito estufa. Porém, tornar um "clima neutro" significa reduzir as emissões de gases de efeito estufa tanto quanto possível, mas também significa compensar as emissões restantes. É assim que um balanço líquido de emissões zero pode ser alcançado.

Um balanço de emissões líquido igual a zero é alcançado quando a quantidade de gás de efeito estufa libertada na atmosfera é neutralizada. Isso pode ser feito por remoção de carbono da atmosfera, ou por meio de medidas de compensação, que normalmente envolvem o apoio a projetos orientados para o clima.

### **Emitir menos:**

Todos os setores económicos podem e devem contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Por exemplo, a indústria precisa de continuar a modernizar-se e poluir menos. Os setores da aviação e marítimo, que estão entre as fontes de emissões de gases de efeito estufa de crescimento mais rápido, devem tornar-se mais eficientes do ponto de vista energético e migrar para combustíveis alternativos mais verdes [15].

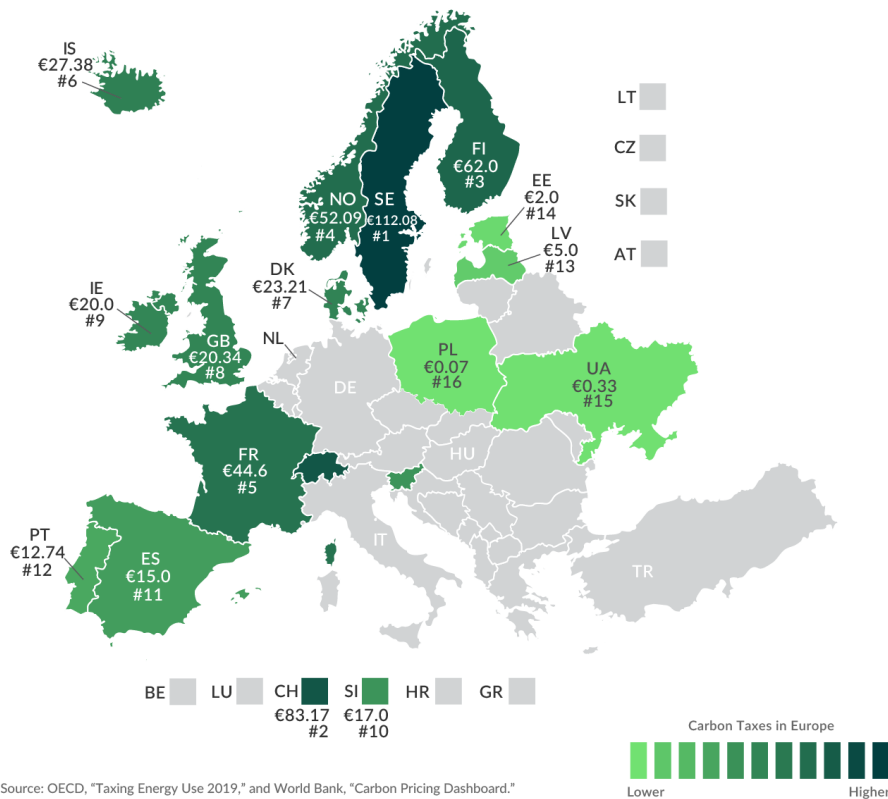
Para reduzir as emissões das indústrias de uso intensivo de energia, a UE criou um sistema de comércio de emissões. O EU ETS é um mercado para licenças de carbono que estabelece a quantidade de emissões que produtores de energia, indústrias e companhias aéreas podem libertar na

atmosfera. Os níveis de permissão são gradualmente reduzidos para cortar as emissões das indústrias participantes [16].

A taxação pela produção de tonelada de carbono é mostrada de forma ilustrativa na figura 2.6 para os vários países da União Europeia no ano de 2019. Portugal surge no lugar número 12.

### Carbon Taxes in Europe

Carbon Tax Rates per Ton of CO<sub>2</sub>e, as of 2019



Source: OECD, "Taxing Energy Use 2019," and World Bank, "Carbon Pricing Dashboard."

TAX FOUNDATION

@TaxFoundation

Figura 2.6: Taxação pela produção de tonelada de carbono no ano de 2019. Figura adaptada de taxfoundation.org.

Nós, como consumidores, também podemos reduzir nossa pegada ambiental por meio do nosso comportamento e escolhas.

#### Absorver mais:

Apesar das reduções, algumas emissões serão inevitáveis.

Os oceanos e o solo absorvem dióxido de carbono da atmosfera, mas as florestas representam a maneira mais eficaz de fazer a diferença.

As florestas da UE absorvem o equivalente a quase 10% de todas as emissões de gases com efeito de estufa da UE todos os anos.

Ecossistemas naturais que têm a capacidade de absorver mais carbono do que emitem são chamados "carbon sinks". Ações para proteger oceanos, solo e florestas são então vitais para a absorção de emissões.

Em dezembro de 2019, a Comissão Europeia anunciou o Acordo Verde Europeu como a estratégia para alcançar a neutralidade climática da UE até 2050. Os líderes da UE saudaram esta iniciativa da Comissão, estabelecendo o objetivo de 2050 de uma UE neutra para o clima [17].

O grande objectivo é, ao mesmo tempo que enfrenta a ameaça existencial das alterações climáticas, a UE prossegue o crescimento económico de forma a criar melhores empregos e melhorar o bem-estar das pessoas.

O Acordo Verde inclui medidas como:

- uso tecnologias que não agridam o meio ambiente
- desenvolvimento de formas de transporte mais limpas descarbonizando o setor de energia
- edifícios mais eficientes em termos de energia
- trabalhar internacionalmente para melhorar os padrões em todo o mundo

No entanto, embora o Acordo Verde estabeleça um roteiro abrangente para políticas transformadoras destinadas a alcançar a neutralidade climática, a ação climática está há muito tempo na agenda da UE.

### **A redução progressiva dos gases de efeito estufa**

Em 2008, os líderes da UE concordaram que até 2020 a UE cortaria as suas emissões de gases de efeito estufa em 20% em relação ao nível de 1990. Essa meta foi alcançada três anos antes do previsto. Em 2014, os líderes estabeleceram o objetivo de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em pelo menos 40% até 2030. Em dezembro de 2020, o Conselho Europeu concordou em aumentar a ambição da UE. Os líderes da UE estabeleceram uma meta vinculativa da UE de uma redução interna líquida de pelo menos 55% nas emissões de gases de efeito estufa até 2030 em comparação com 1990 [18, 19].

## **2.5 Conclusão**

O que é realmente novo sobre o objetivo de neutralidade climática da UE e o Acordo Verde é que eles exigem ações de todos os setores da economia e integram as considerações climáticas e ambientais em todas as políticas da UE. Isso é conhecido como integração do clima. O setor de energia, em particular, exige uma transformação substancial.

A produção e a utilização de energia são atualmente responsáveis por 75% das emissões de gases com efeito de estufa da UE. Faz parte de todos os aspectos de nossas vidas, desde nossas paredes e janelas e nossos aparelhos elétricos até a forma como viajamos e métodos de produção.

A mudança para uma economia mais verde é um elemento importante da transição para uma sociedade com emissões líquidas zero e requer ação em todas as frentes. Por exemplo: os nossos edifícios devem ser renovados para torná-los mais eficientes em termos de energia; as formas como viajamos - por estrada, ar e mar - precisam de se tornar mais ecológicas; a nossa produção de alimentos, que



muitas vezes depende de pesticidas e fertilizantes que são prejudiciais para o ar, o solo, a água e a vida selvagem, precisa de se tornar mais ecológica; os nossos removedores de carbono, como as florestas, estão a diminuir e a tendência deve ser revertida; investimentos devem contribuir cada vez mais para o desenvolvimento de projetos sustentáveis e ecológicos; a forma como produzimos bens deve-se adaptar a um modelo de economia circular onde, por exemplo, têxteis, materiais de construção e electrónicas são reciclados ou reutilizados, a fim de diminuir o uso de matérias-primas primárias.

É vital que os cidadãos e as partes interessadas da UE desempenhem um papel e tenham uma palavra a dizer para tornar a transição para a neutralidade climática uma realidade. É por isso que o Acordo Verde da UE inclui um Pacto Climático Europeu. O pacto visa promover a dedicação e a cooperação entre indivíduos, comunidades e organizações, o que encorajará as pessoas a comprometerem-se com ações concretas para reduzir as suas próprias emissões de gases de efeito estufa (por exemplo, através da literacia energética).

Alcançar a neutralidade climática até 2050 será mais desafiador para alguns estados membros e regiões do que para outros. Por exemplo, alguns dependem mais de combustíveis fósseis ou têm indústrias intensivas em carbono que empregam um número significativo de pessoas. A UE introduziu um “Mecanismo de Transição Justa” para apoiar as regiões que necessitarão de maiores investimentos para atingir os objetivos.

O mecanismo visa três grandes áreas:

Pessoas e comunidades mais vulneráveis à transição: facilitar as oportunidades de emprego e oferecer requalificação, ao mesmo tempo que se melhora a habitação com eficiência energética e combate a pobreza energética.

Empresas e setores em indústrias intensivas em carbono: ajudar a tornar a transição para a tecnologia de baixo carbono atrativa para o investimento e fornecer empréstimos e apoio financeiro, ao mesmo tempo que investe em pesquisa e inovação e na criação de novas empresas.

Estados-Membros ou regiões com elevada dependência de combustíveis fósseis: investir em novos empregos verdes, transportes públicos sustentáveis, energia renovável, conectividade digital e infraestruturas de energia limpa.

A UE tem mais de 450 milhões de habitantes. Mas a mudança climática afeta cada uma das 7,5 bilhões de pessoas que vivem em nosso planeta. E não faz distinção com base em fronteiras. É por isso que a UE está determinada a usar a sua posição para liderar uma ação global em matéria de clima.

A UE tem trabalhado em conjunto com parceiros globais para encorajar e fortalecer o envolvimento internacional no clima. Tem sido fundamental na negociação e na defesa dos acordos internacionais marcantes sobre o meio ambiente - a Convenção das Nações Unidas sobre o Clima, o Protocolo de Quioto e o Acordo de Paris - e continua a apoiar os objetivos e aspirações representados por esses acordos [20, 21, 22].



## Capítulo 3

# Consumo

Vivemos numa sociedade de consumo, que, tem a energia **elétrica** como um bem essencial. Este consumo de energia é normalmente medido apenas no final de cada mês, através de uma conta de energia para pagar. Este tipo de aferição não é o ideal, pois, além do utilizador não ter uma visão concreta de como foi gasta aquela energia, não possui essa informação de uma forma detalhada (informação diária sobre quando e onde a energia foi usada), e, não possui o conhecimento mínimo para fazer uma análise dos seus gastos, ou seja, existe uma falta de literacia energética. **O problema é ainda mais agravado pelo facto de que conceitos, como por exemplo, consumo elétrico, trabalho, eficiência, são desconhecidos (ou ignorados), muitas vezes, até por pessoas que não deveriam ser leigas neste assunto, como os eletricitas e os promotores de eficiência (promotores de equipamentos elétricos ou eletrônicos). O conceito de balanço energético também é desconhecido. Os equipamentos que duram 5 anos (por exemplo uma máquina de lavar, um telemóvel), poderiam durar 10 ou 15 anos com um ligeiro agravamento do custo inicial. Este tipo conhecimento, ou falta dele, é também responsável pelo desequilíbrio energético (literacia/conhecimento)**

Um problema central é a imaterialidade de energia e a forma como a podemos tornar visível. A electricidade é uma força invisível e abstrata, que chega às nossas casas através de fios ocultos. Tem sido descrita como sendo “duplamente invisível”. Por um lado, a electricidade é vista como uma mercadoria e uma necessidade social. Por outro lado, o consumo de energia faz parte das rotinas diárias e hábitos o que tornam difícil as pessoas ficarem alerta para o seu seu comportamento ou ações concretas relativamente aos padrões de consumo de energia [23, 24, 25, 26, 27, 28]

Estudos recentes mostraram que, fornecer aos clientes os dados de consumo de energia pode reduzir significativamente as contas de energia [29].

A alfabetização em **energia elétrica** (literacia energética) é uma compreensão da natureza e do papel da energia elétrica no mundo e na vida diária, acompanhada pela capacidade de aplicar essa compreensão para responder a perguntas e resolver problemas (também entendida como o desenvolvimento de uma competência para lidar com, e dar sentido, à energia elétrica em relação a um determinado local). A alfabetização em energia elétrica é importante para que as comunidades de energia elétrica participem com sucesso nas transições para energia limpa e contribuam para a realização dessas

transições. Os seus representantes e membros têm que ser alfabetizados em energia elétrica. Tal como iremos ver de seguida, essa alfabetização será mais eficaz quando acompanhada de um feedback interativo (uso de contadores de energia inteligentes e em tempo real) [25, 30, 31, 32, 33].

### 3.1 Literacia Energética

Devido à necessidade de aquecer, arrefecer e iluminar edifícios residenciais, o setor residencial é responsável por um quinto do consumo global de energia. Como resultado, não é surpresa que a eficiência energética se tenha tornado mais importante no setor residencial nos últimos anos (figura 3.1).

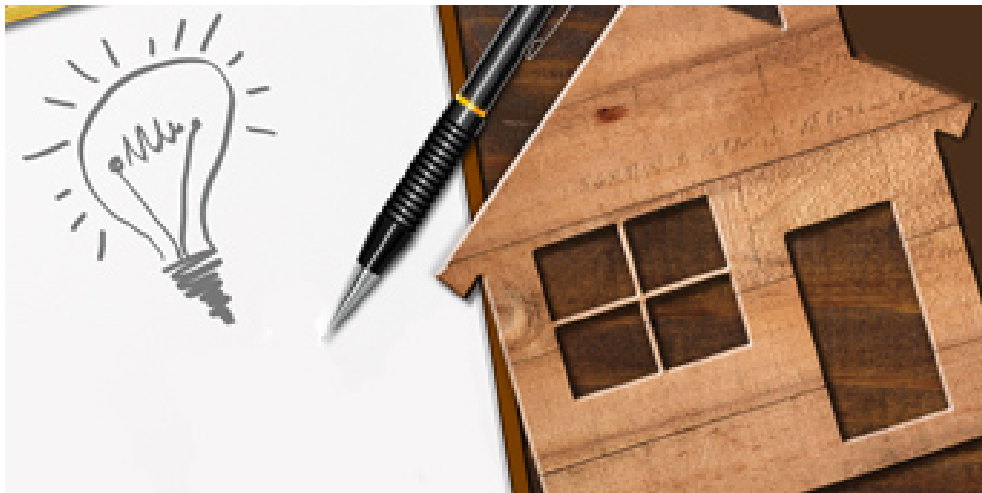


Figura 3.1: Literacia energética promovida pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). Esta entidade criou vídeos educativos sobre três grandes temas que considera de particular relevância para o consumidor de energia, nomeadamente, para os consumidores que revelam maior vulnerabilidade do ponto de vista da literacia energética.

No trabalho de Dirk Brounen et al. [34] (ver também [35]), desenvolvido em 2013, é examinado o conhecimento doméstico, a alfabetização e as ações em relação ao uso residencial de energia. Foi medido até que ponto os consumidores estão cientes do seu consumo de energia e se eles tomaram medidas para reduzir os seus custos de energia usando uma pesquisa detalhada de 1.721 famílias holandesas. Os resultados mostram que a alfabetização energética e a consciência entre os entrevistados são baixas: apenas 56% estão cientes dos valores cobrados mensalmente para o consumo de energia e 40% das pessoas não avaliam adequadamente as decisões de investimento em equipamentos com eficiência energética.

Os resultados mostram que a ideologia ambiental e as atitudes de conservação do consumidor têm o maior impacto na percepção de energia. Aqueles que conduzem de uma forma mais eficiente, conservam mais, são mais coordenados e estão mais atentos ao uso de energia residencial, tendo uma maior probabilidade de reagir aos dados da energia. Apenas até certo ponto, os dados demográficos - principalmente a idade do entrevistado - são responsáveis pela consciencialização. Foi ainda possível concluir que a educação é o principal determinante numa tomada de decisão racional (ou seja, alfabetização energética) e não está relacionada com a filosofia ou as atitudes do indivíduo.

A opção de conforto térmico (ou seja, configurações do termostato) durante a noite e a tendência para diminuir a configuração durante a noite foram usadas para calcular o comportamento da energia. Os resultados indicaram que os entrevistados mais velhos com rendimentos mais altas preferem níveis de conforto mais elevados, e que baixar a temperatura à noite está negativamente relacionado à idade. Durante o inverno, os entrevistados mais moderados preferem uma temperatura de conforto mais baixa.

Uma das conclusões mais importantes é que não foram encontradas evidências sobre o efeito da consciência energética e alfabetização no consumo real de energia.

De notar que os autores identificaram 17% de inquirido que foram catalogados como *sleepers* que não estavam conscientes da energia que gastavam, do efeito do termostato, ou de qualquer relação entre a energia gasta e o conforto. Estes inquiridos poderiam ter um comportamento diferentes se estivessem a lidar com contadores inteligentes.

É ainda interessante uma outra conclusão deste estudo, que diz que a ideologia e a mentalidade aumentam a consciência do uso da energia e a disposição de comprar energia verde, mas nem sempre influenciam as ações. Embora os “verdes” (pessoas que se preocupam com energia verde) possam conduzir um Prius, não há evidências de que eles reduzam ativamente as temperaturas de conforto ou as temperaturas noturnas das suas casas, para economizar energia.

De realçar que este trabalho não faz uso de qualquer feedback de energia, como por exemplo através do uso de smart meters ou em português, contadores inteligentes.

O trabalho de Tobias Schwartz et al. [23] mostra um estudo de três anos focado na colocação de um sistema de Gestão de Energia Doméstica (HEMS - do inglês Home Energy Management Systems) num ambiente de laboratório com sete famílias. O HEMS utilizado neste estudo permitiu aos chefes de família monitorizar o consumo de energia em tempo real, na TV, PCs, smartphones e tablets. Usando interfaces específicas, o sistema forneceu feedback em tempo real e o consumo de eletricidade passado, tanto na casa como em cada um dos aparelhos. O estudo revela que, com o uso de HEMS, os participantes tornaram-se cada vez mais alfabetizados na compreensão do consumo doméstico de eletricidade. Tendo esta alfabetização mudado os padrões de consumo de energia.

A timeline do estudo está ilustrada na figura 3.2, que foi adaptada de [23].

As principais conclusões do estudo foram:

- Em comparação com o feedback anterior, obtido através de contas de energia em papel, o HEMS foi usado de forma constante ao longo do tempo do estudo e desempenhou um papel importante no cultivo da alfabetização energética;
- Os participantes desenvolveram uma competência acima da média para rastrear fluxos de energia e usá-los para gestão da energia geral gestão;
- a melhor forma de impor a literacia energética é pela compreensão dos conhecimentos gerais e teóricos, e, pela vivência de uma experiência gratificante, ou seja, ação e perceção estão interligadas no desenvolvimento da literacia [36] (os participantes conseguiram ver que ganharam com este estudo: conhecimento e contas de energia mais baixas).

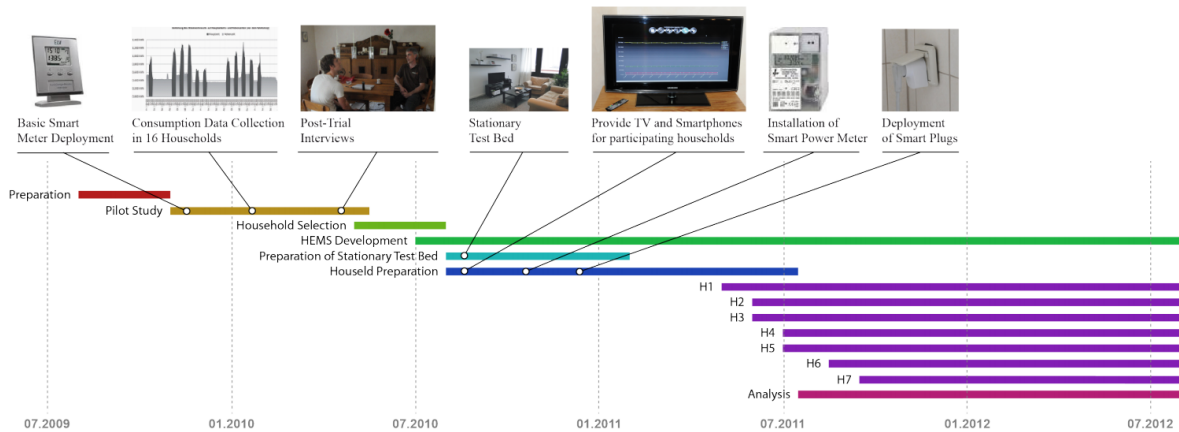


Figura 3.2: Evolução no tempo do estudo de Tobias Schwartz et al. [23]. Figura adaptada de [23].

Herrmann et al. [37] apresentaram em 2018 um estudo sobre diferentes visualizações de dados, para perceber se os utilizadores realmente percebem a informação que recebem de contadores inteligentes. A experiência avaliou as mudanças no conhecimento dos participantes sobre quanta eletricidade as ações diárias consomem depois de serem expostos a diferentes formas de visualizações de dados de consumo de energia: (1) um gráfico em linha de uma série temporal agregado (visão geral do consumo), (2) um gráfico em linha desagregado da série temporal (é possível ver os consumos dos diferentes eletrodomésticos) e (3) uma visualização desagregada normalizada que não enfatizou o tempo. Os participantes jogaram um jogo sobre energia antes e depois de verem a simulação de consumos. Os participantes na condição (3) foram mais precisos e mais confiantes nos seus julgamentos pós-teste sobre o consumo doméstico diário de eletricidade do que os outros participantes. Estas descobertas sugerem que o tipo de visualização de dados afeta a compreensão dos usuários sobre o consumo doméstico de eletricidade. A visualização do feedback de energia desagregado ao nível do aparelho deve ser considerada para as futuras gerações de tecnologia.

Uma publicação mais recente (2021) dos mesmo grupo de trabalho [38] revelou que para uma visualização baseada na área - mostrando a energia cumulativa consumida por diferentes aparelhos num determinado período de tempo, foi obtida uma compreensão mais precisa de quanta eletricidade os diferentes aparelhos domésticos estavam a usar.

No trabalho de Brandsma et al. [39], é feito um estudo de como diferentes tipos de feedback de energia, combinados com o estabelecimento de determinadas metas, influenciam a motivação dos consumidores para conservar eletricidade. Foi testada a influência do feedback de energia em unidades físicas (kWh), valores monetários (EUR) e valores ambientais (emissões de  $CO_2$  evitadas). Foi pedido aos participantes que definissem para si mesmos uma meta de conservação de energia alta, baixa ou nenhuma, sendo também avaliado os valores dos entrevistados: hedónico, egoísta, altruísta e biosférico - para testar previsões derivadas da teoria de definição de metas. Em geral, os indivíduos com pontuação alta nos valores biosféricos estavam mais motivados a conservar eletricidade e a sua motivação não aumentou em resposta ao estabelecimento de uma meta de conservação de energia.

Indivíduos com valores egoístas parecem menos dispostos a reduzir seu consumo de eletricidade, a menos no feedback monetário ou nas condições da meta alta. Uma meta de conservação alta só foi considerada eficaz em combinação com feedback monetário: aumentou a motivação para economizar eletricidade em 6,7 pontos percentuais em comparação com a condição de meta baixa e 6,6 pontos percentuais em comparação com a condição de controlo.

Para se compreender melhor este tema sobre literacia energética (que não é tão simples e direto quanto parece à primeira vista), é recomendado o livro intitulado “Porquê que pessoas boas fazem coisas ambientalmente más”(Why Good People Do Bad Environmental Things) de Elizabeth R. DeSombre [40] e ainda [41, 42].

## 3.2 Literacia em Portugal

A tabela seguinte mostra os resultados de um estudo realizado em 2020 sobre a literacia energética em Portugal (estudo realizado pela ERSE - <https://www.erse.pt/media/rr2iewsc/comunicado-estudo-de-literacia-dos-consumidores.pdf>).

Para melhor compreender o nível global de literacia dos consumidores particulares e empresariais foi criado um índice de literacia, que varia entre 0 e 100 de acordo com o conhecimento dos consumidores sobre o sector energético. O índice de literacia situa-se entre 42,8%, para os particulares, e 49,7%, para os empresariais. A amostra é constituída por 812 entrevistas telefónicas -405 a consumidores particulares e 407 entrevistas a consumidores empresariais -, estratificada de acordo com a distribuição da população em Portugal.

## 3.3 Conclusão

Estes trabalhos mostram que a literacia energética adquirida através de um feedback resulta em bons resultados, com um aumento de poupança de energia na ordem dos 20%, e que esse feedback deve ser ponderado de forma a fornecer a “melhor” informação possível. Daí a necessidade de se apostar num mercado de contadores de energia inteligentes que possam interagir em tempo real com os utilizadores. Estes contadores inteligentes podem ir desde aparelhos que apresentam os dados de todos os aparelhos eléctricos e de todos os consumos numa casa, até aparelhos ainda mais inteligentes que podem sugerir melhorias e uma optimização de gestão de energia, como por exemplo fornecer dados sobre quanto o utilizadore teria poupado (ou quanto iria reduzir a sua pegada de carbono) nesse mês, se estivesse a usar lâmpadas mais eficientes, ou por exemplo um electrodoméstico de classe A+ em vez de um electrodoméstico de classe B, [incluindo capacidade de simular ou comparar equipamentos eléctricos](#).

Tabela 3.1: Estudo realizado em 2020 sobre a literacia energética em Portugal pela ERSE - [https://www.erse.pt/ media/rr2iewsc/comunicado-estudo-de-literacia-dos-consumidores.pdf](https://www.erse.pt/media/rr2iewsc/comunicado-estudo-de-literacia-dos-consumidores.pdf).

- 
- **Mercado Livre:** a existência de um mercado regulado e de um mercado liberalizado de eletricidade é conhecida por 64,4% dos consumidores particulares e por 80,5% dos consumidores empresariais.
  - **Distinção de atividades e de empresas:** a maioria dos consumidores tem dificuldades em distinguir produtores, distribuidores e comercializadores de eletricidade, não conseguindo igualmente identificar corretamente as empresas do grupo EDP, por áreas de atividade. (Recorde-se que a ERSE, em 2019 e 2020, emitiu duas instruções determinando a mudança de nome do comercializador de último recurso para SU Eletricidade e do concessionário da rede de distribuição para E-Redes.)
  - **Conhecimento de simuladores:** apenas uma pequena fatia de consumidores particulares (24,4%) e empresariais (28,3%) sabe da existência de simuladores de preços de energia.
  - **Compreensão das faturas:** no que toca às principais rubricas ou itens presentes na fatura da eletricidade, só 42,2% dos particulares e 54,8% sabem identificá-los.
  - **Autoconsumo:** 88,9% dos consumidores particulares e 90,9% dos empresariais têm conhecimento sobre a possibilidade de produzirem a energia que consomem.
  - **Fontes de energia em Portugal:** a maioria dos consumidores particulares (74,1%) e empresariais (74,4%) aponta as barragens, seguida da energia eólica (67,8%, dos particulares, e 63,9%, dos empresariais).
  - **Eficiência energética:** cerca de 45% das empresas entrevistadas afirmam que implementaram medidas de eficiência energética nos últimos 3 anos. A alteração de lâmpadas para LED a medida mais adotada (69,8%).
-



# Capítulo 4

## Tecnologia

### 4.1 Smart Buildings (Edifícios Inteligentes)

Os edifícios inteligentes/smart usam tecnologia para automatizar os sistemas de energia de um edifício e alcançar uma maior eficiência energética. A automação predial pode ser alcançada em qualquer coisa, desde sistemas elétricos, HVAC a eletrodomésticos. Hoje em dia, a maior parte dos edifícios incorporam tecnologias de automação, [que os tornam mais sustentáveis](#), confortáveis e seguros. De notar que em inglês temos uma distinção entre *smart buildings* e *intelligent buildings*. A diferença recai no termo *inteligente* que requer uma certa autonomia na “tomada de decisões” por parte do edifício.

Embora os edifícios inteligentes possam parecer um conceito muito moderno e recente, as suas origens vão muito atrás na história. Os primeiros sinais de um sistema HVAC automatizado surgiram no século 17 com Cornelis Drebbel [43, 44]. Drebbel criou um termostato de mercúrio que conseguia manter automaticamente um espaço a uma temperatura constante. A sua invenção foi um dos primeiros dispositivos controlados por feedback, conhecidos na história. Ele também desenvolveu o primeiro sistema conhecido de ar condicionado, usando sal como agente de arrefecimento.

No século 18, René Antoine Ferchault de Réaumur, um cientista francês criou uma incubadora de temperatura controlada com base nas ideias de Drebbel e no termómetro que Réaumur inventou [45]. A ascensão dos computadores digitais no século 20 também foi parte integrante dos avanços feitos na tecnologia de automação predial, resultando na automação predial moderna que vemos hoje.

O aparecimento da tecnologia marcou o início de uma sociedade digital: impactando fundamentalmente o ambiente construído e influenciando a forma como vivemos, trabalhamos e interagimos. Essa mudança começou há quase sete décadas com a invenção do transistor em 1947 [49], significando o nascimento da Revolução Digital [50]. 1951 trouxe-nos o primeiro computador, seguido pela criação da ARPANET em 1961 [51] (a antecessora da Internet como a conhecemos hoje). [Ambos viriam](#) a desempenhar um papel significativo no desenvolvimento de edifícios inteligentes.

Além dos avanços tecnológicos, os desafios ambientais (como por exemplo o derrame de óleo de 1969 em Santa Bárbara, Califórnia) destacaram a extrema necessidade de um ambiente construído

mais eficiente [52]. A catástrofe inspirou o primeiro Dia da Terra de 1970, que resultou na introdução de uma legislação histórica - inspirando a criação de uma eco-infraestrutura fora do governo, e o primeiro movimento Green Building. A crise de energia da década de 1970 também viu os preços do petróleo dispararem, despertando um grande interesse na eficiência energética e no consumo de combustível, o que colocou a sustentabilidade do ambiente construído em foco.

A combinação de desenvolvimentos em tecnologia e fatores ambientais levou à criação de sistemas de construção automatizados que formaram a base para “edifícios inteligentes”, um termo cunhado pela primeira vez em 1981 pela United Technology Building Systems (UTBS) Corporation nos Estados Unidos. Inicialmente, os edifícios inteligentes usavam sistemas electrónicos multifuncionais e simples para controlar centralmente os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC) - melhorando a eficiência do edifício e minimizando o consumo de energia por meio da integração da tecnologia da informação. Essa nova era de avanço tecnológico também trouxe os telemóveis ao mercado (1984), bem como os computadores pessoais (PC em 1981) e os sistemas operacionais LAN (1981).

A mudança para edifícios inteligentes coincidiu com um boom imobiliário significativo, causado por um aumento no emprego no setor de serviços. Como resultado, os novos edifícios foram construídos e pré-equipados com sistemas electrónicos centralizados e sistemas de comunicação, que possibilitaram a transmissão de texto, voz e imagem em todos os edifícios.

Com a aceleração do desenvolvimento tecnológico, a disponibilização pública da World Wide Web em 1991 mudou nossa relação com a tecnologia, causando uma mudança monumental em nossos padrões de trabalho e ambientes. Os escritórios tornaram-se espaços de plano aberto para promover a colaboração, as empresas tornaram-se subitamente conectadas digitalmente umas às outras e aos seus clientes, e os edifícios adotaram novos sistemas para reduzir os custos de manutenção e o consumo de energia.

A viragem do século viu várias definições de edifícios inteligentes emergirem. Muitos dos conceitos apresentados em edifícios *smart* foram incorporados nas definições de edifícios inteligentes, com a interoperabilidade das tecnologias de construção servindo como um alicerce para os edifícios inteligentes. Dito isto, foi apenas recentemente que edifícios inteligentes começaram a surgir, com os primeiros a surgir nos Estados Unidos, Holanda e Ásia [46, 47, 48].

### **Os edifícios inteligentes/smart nos dias de hoje**

A evolução dos edifícios inteligentes tem sido altamente reativa às mudanças no nosso ambiente e à progressão da tecnologia. Isso significa que o foco tem sido amplamente centrado na solução (e não no utilizador, que somos nós). Porém, as expectativas em relação aos edifícios inteligentes estão a mudar, e são cada vez mais centradas no indivíduo.

Há, e haverá, mais procura por velocidade, acessibilidade e conveniência, e os edifícios deverão ser capazes de responder às novas exigências, ao mesmo tempo que se adaptam aos ambientes em mudança. A chave para o sucesso está em compreender as expectativas e necessidades dos utilizadores do edifício e implementar tecnologias relevantes que permitam a realização dessas experiências.

Ao focar nos resultados, os edifícios inteligentes podem oferecer ganhos de experiência do utilizador para todos os envolvidos, continuando a adaptarem-se às novas tecnologias, a gerar valor e reduzir

custos.

No longo prazo, os edifícios inteligentes desempenharão um papel essencial na sustentabilidade, no nosso relacionamento com o ambientes de trabalho e uns com os outros. Continuaremos a ter mais edifícios inteligentes, enquanto os edifícios inteligentes existentes ficarão ainda mais inteligentes e os avanços na tecnologia continuarão a impulsionar as capacidades de nosso ambiente circundante.

## O futuro

Há trinta anos atrás, um edifício inteligente tinha um sistema de gestão de edifícios ([BMS - building management system](#) ou em português sistema de gestão de edifícios) composto por subsistemas desconectados que eram automatizados ao nível de funcionamento individual.

Daqui a trinta anos, o edifício inteligente assume um significado totalmente novo. O BMS será altamente integrado e conectado à Internet sem fios. Ajudados por um software analítico avançado, os proprietários de edifícios terão acesso a grandes quantidades de informações que podem usar para tomar decisões inteligentes que melhoram o desempenho do edifício. É por isso que “edifício smart” é usado de forma intercambiável com “edifício inteligente”.

A inteligência de um edifício é relativa e paralela aos avanços na tecnologia de construção que facilita a integração e conectividade do edifício. Isso porque quanto mais conectados os sistemas de um edifício, maior a variedade, o volume e a velocidade de geração de dados, portanto, maior o potencial para uma tomada de decisão inteligente.

O progresso pode ser entendido num formato linear: uma linha do tempo de eventos intercalados com descobertas e momentos decisivos. O mesmo se aplica à evolução do edifício inteligente. Os seus avanços e momentos decisivos são: a introdução de protocolos abertos; a mudança para wireless; e a omnipresença iminente da Internet das Coisas (IoT).

Protocolos de comunicação com o BMS (sistema de gestão de edifícios):

Quando duas pessoas conversam, geralmente falam uma com a outra no mesmo idioma. Para comunicar uma mensagem, os dois participantes precisam de se entender, ou seja, falar a mesma língua

Objetos inanimados também comunicam entre si. E, como as pessoas, eles precisam usar uma linguagem que ambos entendam. Os protocolos são mais bem compreendidos como as “línguas” pelas quais os objetos comunicam uns com os outros. Tecnicamente, eles permitem a comunicação entre servidores numa rede. O BMS inicial consistia em vários subsistemas que não estavam interconectados. Isso porque esses sistemas não “falavam” a mesma língua. Operadores ou gerentes de edifícios tiveram que agregar dados de diferentes sistemas num único ou em vários edifícios para dar sentido a estes. As limitações do BMS inicial foram mitigadas, em parte, com o estabelecimento de protocolos de comunicação para edifícios.

Protocolos proprietários:

Os primeiros protocolos de automação de edifícios eram proprietários ou fechados. Um protocolo proprietário é como uma linguagem exclusiva: para que os dispositivos e sistemas dentro de um BMS comuniquem e se entendam, eles devem usar o mesmo protocolo (ou “falar” o mesmo idioma).

Cada protocolo tem suas próprias vantagens e desvantagens, e a combinação de protocolos é uma forma eficaz de otimizar o sistema em edifícios. Portanto, é prática comum para um BMS utilizar mais de um protocolo aberto. Os utilizadores de BMS estão a adoptar cada vez mais a tecnologia de comunicação sem fios. Tornar-se wireless significa menos cabos, menos fios e menos buracos nas paredes. Os protocolos de comunicação sem fio atenuam as limitações dos circuitos tradicionais com fio, principalmente no campo dos desafios de infraestrutura, **porém, não devemos esquecer que a tecnologia sem fios pode levar a falhas de comunicação, necessidade de mais robustez nos equipamentos, presença de ruído e interferência nas comunicações.**

De realçar ainda o PLC (do inglês Power Line Communication -“comunicação via rede eléctrica”), que é a tecnologia que utiliza a rede de energia eléctrica para transmitir dados e voz em banda larga. Como utiliza uma infra-estrutura já disponível, não necessita de obras numa edificação para ser implementada (as redes de energia passam a ser uma antena gigante).

Uso remoto:

As redes sem fio permitem o uso remoto e acessibilidade ao BMS. Podemos conectar dispositivos móveis, como smartphones, tablets e controlos remotos, com o BMS. Isso permite que os utilizadores visualizem, acessem e controlem o BMS a qualquer hora, em qualquer lugar, independentemente da localização física.

Hoje em dia, equipamentos e dispositivos de automação predial estão disponíveis para comunicação com ou sem fio. E como a conectividade sem fio inevitavelmente substitui os cabos na esfera da construção, o fenómeno da Internet das Coisas representa o próximo avanço significativo na conectividade BMS.

A Internet das Coisas (IoT):

Embora edifícios “smart” e “inteligentes” sejam a palavra de ordem, a Internet das Coisas (IoT - Internet of Things) é também um tópico em ascensão [53] (figura 4.1).

A IoT refere-se a uma rede hiperconectada de “coisas” que podem agregar e comunicar dados usando um protocolo de internet (IP) - são as máquinas, a falar com as máquinas, e a falar com o utilizador.

A IoT já é comum no nosso dia a dia: smartphones, frigoríficos e televisores já estão conectados à internet. Eles falam entre si e falam conosco (e vice-versa).

Aumento de pontos de dados no BMS:

Um benefício dos edifícios com IoT é que eles aumentam o número de pontos de dados dentro de um edifício. Isso aumenta a variedade e **a quantidade de informações que podem ser captadas e comunicadas.**

Por exemplo, os dados sobre a previsão do tempo de curto prazo são agregados e analisados juntamente com os dados gerados por meio do BMS. O BMS irá otimizar automaticamente o ambiente do edifício, variando os controlos de temperatura para gerar eficiências de energia, aumentar o conforto e a produtividade dos ocupantes e gerar economia de custos.

Resumindo, no mundo da construção, a IoT pode ser definida como um grande número de pontos de dados em um edifício que, via internet, transferem informações entre si e para a nuvem. Aqui,



Figura 4.1: Exemplo ilustrativo de um conjunto de edifícios inteligentes. Figura adaptada de senseware.co.

ferramentas analíticas e aplicativos usam esses dados para gerar informações acionáveis que melhoram o desempenho do edifício. Os utilizadores e a equipe da instalação podem aceder, compartilhar e controlar dados remotamente.

#### Análise de Big Data:

As quantidades de dados gerados, aparentemente facilitam a decisão a tomar, porém, se não tivermos capacidade para interpretar todos esses dados, na realidade, apenas estamos a complicar ainda mais o problema. Serão então necessários os computadores e os algoritmos para que as tomadas de decisão possam ser realizadas de forma rápida e eficaz, ou seja, será necessária uma inteligência artificial (IA).

No contexto da automação predial, a IA data pode pesquisar os dados para descobrir tendências, relacionamentos, correlações e padrões [54]. Este é um processo automatizado que fornece ao utilizador níveis nunca antes vistos de visibilidade e controle sobre os dispositivos, sistemas e instalações de um edifício, e prepara o terreno para uma tomada de decisão inteligente.

Os sistemas BMS tradicionais são estruturados para a tomada de decisão reativa. Um recurso interessante da tecnologia de big data é a capacidade aprimorada de tomada de decisão proativa. Por exemplo - um sistema HVAC conectado à IoT não irá apenas acionar alertas de manutenção quando os componentes estiverem perto do fim da sua vida útil, como também irá solicitar peças de reposição on-line e contratará um engenheiro para realizar a manutenção, tudo antes que o componente avarie.

Deve ainda ser tido em conta que a gestão das redes, pode ser comprometida com a forma como os dados são recolhidos e processados. Esse processamento pode gerar um atraso demasiado grande para permitir o uso dessa informação de forma útil. Já a instalação de contadores nos Postos de transformação ou até nas saídas no Quadro de Baixa Tensão, pode permitir fazer a tal gestão ao ORD.

## 4.2 Green Smart/Intelligent Buildings (Edifícios Inteligentes Verdes)

hoje em dia, a construção verde é regida no sentido de: aumentar da eficiência com que os edifícios e os seus locais usam energia, água e materiais; reduzir os impactos da construção na saúde humana e no meio ambiente, por meio de uma melhor localização, projeto, construção, operação e manutenção [55].

A relação mais antiga entre habitat e saúde humana remonta ao Pleistoceno Médio, que foi entre 781000 e 126000 anos atrás. Evidências de micro-carvão e fuligem em homens do Paleolítico Inferior do fumo de cavernas internas indicam que os humanos foram impactados por atividades como o controle do fogo no ambiente interno e no ambiente em geral. Estes são alguns dos primeiros exemplos conhecidos das consequências inesperadas e às vezes indesejadas da modificação de nosso ambiente, incluindo o ambiente construído. Esses desafios aumentam à medida que os humanos continuam a aumentar em população e, por sua vez, na quantidade de energia e recursos necessários para o sustento e a atividade económica.

Mais recentemente (milénios atrás) através do uso de materiais renováveis, os Anasazi, no sudeste, construíram as aldeias inteiras de modo que todas as casas captassem calor solar no inverno.

A partir de 1800, houve um movimento limitado de construção ecológica contemporânea. O Crystal Palace de Londres (1851) e a Galleria Vittorio Emanuele II de Milão (1877) começaram a usar sistemas passivos como ventiladores de teto e câmaras subterrâneas de arrefecimento do ar para moderar a temperatura do ar interno. Nos anos 1900, o Flatiron Building de Nova York (1903) e o New York Times Building (1905) usaram janelas profundas para proteger do sol. O Rockefeller Center (1932) utilizou janelas operáveis e jardins panorâmicos. O Wainwright Building de Nova York tinham toldos retrateis para bloquear o sol. A partir de 1930, as novas tecnologias de construção começaram a transformar a paisagem urbana. A invenção do ar condicionado, da iluminação fluorescente, do aço estrutural e do vidro reflexivo possibilitou que os edifícios de vidro e aço fossem aquecidos e refrescados.

O movimento contemporâneo de construção verde começou por volta de 1900, o movimento contemporâneo de construção verde emergiu rapidamente da procura por sistemas de construção mais eficientes em termos de energia, e, mais ecológicos. Os problemas ambientais e sociais e suas consequências como a crise energética da década de 1970 e os efeitos crescentes da mudança climática nas décadas mais recentes, resultaram numa consciência mais ampla sobre a cultura verde.

A crise de energia da década de 1970 [56] foi um período em que os países industrializados, especialmente os Estados Unidos, Canadá e Europa Ocidental enfrentaram uma considerável escassez de petróleo e preços inflacionados. Os aumentos do preço do petróleo na década de 1970 motivaram uma série de pesquisas e atividades para melhorar a eficiência energética e encontrar fontes de energia renováveis. Isso, junto com o movimento ambientalista da década de 1970, direcionou para os primeiros testes com um edifício verde moderno.

O embargo do petróleo de 1970 levou os engenheiros de edifícios a torná-los mais herméticos, com menos ventilação externa, a fim de melhorar a eficiência energética. A taxa de ventilação foi reduzida

para 5 cfm / pessoa (cfm/pessoa - cubic feet per minute per capita). Esta taxa de ventilação reduzida foi considerada inadequada para manter a saúde e o conforto dos ocupantes do edifício, particularmente levou a um conceito chamado síndrome do edifício doente (SBS), que é uma condição que afeta os trabalhadores no escritório, especialmente marcada por dores de cabeça e problemas respiratórios, causada por fatores prejudiciais à saúde no ambiente de trabalho, como ventilação insuficiente. O padrão de ventilação da Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE) de uma taxa mínima de fluxo de ar externo é de 15 cfm / pessoa. O estudo descobriu que um aumento de 15% na prevalência dos sintomas da síndrome do edifício doente (SBS) conforme a taxa de ventilação cai de 17 para 10 cfm (8 a 5 L / s) por pessoa e uma diminuição de 33% nas taxas de prevalência dos sintomas conforme a taxa de ventilação aumenta de 17 a 50 cfm (8 a 24 L / s) por pessoa.

Os edifícios e as construções respondem por 32% do gasto global de energia e são responsáveis por 19% das emissões de gases de efeito estufa (ONU-Meio Ambiente). Com base nas projeções, as emissões do setor de construção podem dobrar até 2050. É por isso que precisamos de edifícios verdes. Além dos seus impactos positivos na nossa saúde, no trabalho e na aprendizagem, também preservam o nosso ambiente e economizam custos futuros [57].

Na figura 4.2 é mostrado um exemplo de um edifício verde nos tempos de hoje.

### 4.3 Smart Meters (Contadores Inteligentes)

Smart meters ou contadores inteligentes/smart são um excitante novo tipo de contador de energia que pode ajudar a economizar tempo, energia e dinheiro.

Os contadores inteligentes enviam leituras automaticamente, para que não tenhamos que enviar a leitura e as contas de energia são sempre precisas e actualizadas. É possível rastrear quanta energia estamos a usar em euros ([normalmente apresentam os valores em períodos quarto horários](#)), o que pode ajudar a economizar. A partir do momento em que um contador inteligente é instalado, estamos a ajudar a reduzir as nossas emissões de carbono - mesmo sem fazer alterações em casa para usar menos energia. Isto acontece porque os contadores inteligentes são a base para um sistema de energia mais inteligente. Com as informações fornecidas, os contadores inteligentes vão ajudar a integrar melhor a energia renovável, como eólica, solar e hidroeléctrica, e a reduzir nossa dependência de combustíveis fósseis. Ao descarbonizar o nosso sistema de energia, reduziremos drasticamente a pegada de carbono da nossa nação como um todo.

Porém, sem o apoio de fortes evidências empíricas, é difícil para os formuladores de políticas tomar decisões sobre investimentos públicos em grande escala em infraestrutura de contadores inteligentes. Daí a necessidade deste trabalho.

Podemos dizer que os contadores inteligentes fazem parte de um plano maior para tornar o sistema de energia mais inteligente, ecológico e rico em termos de troca de dados. Os contadores inteligentes são o número um ou o último item de muitos produtos, estando muito próximos da população. Devem captar o ritmo da vida diária (em relação à eletricidade necessária) e medir o nível de consumo que

## O que são 'edifícios verdes'

Estrutura precisa economizar recursos naturais, pensar no bem estar dos usuários e fomentar economia local

### Custo para implantação

Varia de 1% a 7% a mais do que o de um empreendimento convencional

### Valorização na revenda

De 10% a 20%

### Valor do condomínio

Até 30% de redução, além de diminuição média de 9% no custo de operação durante toda a vida útil



Figura 4.2: Exemplo ilustrativo de um edifício verde. Figura adaptada de visualoopbr.tumblr.com.

pode variar de acordo com preço e tempo, indicando aos utilizadores tarifas ou aumentos de preços devido às condições climáticas. Incentivam os clientes a "mudar o seu comportamento", tornando o utilizador num elemento ativo na adaptação da utilização da eletricidade.

Os contadores inteligentes, com diferentes graus de intervenção humana, também devem interagir com a rede, enviando dados sobre procura de energia, que, são úteis para aqueles que gerem redes de distribuição, oferecendo oportunidades de mercado para recompensas com base em reduções temporárias no consumo de energia. A informação que é obtida, medida e transmitido por contadores inteligentes não é de interesse apenas para organizações de energia (fornecedores, agregadores, operadores de sistema de distribuição, sistema de transmissão e operadores), mas também para organizações não energéticas, que podem obter informações úteis em termos de compreensão dos padrões de ocupação, tendências de consumo e segmentação de mercado [58]. Porém, essa troca



de informação ainda não está totalmente legislada; um tema que será abordado mais à frente neste trabalho.

#### **4.3.1 A Evolução dos Contadores de Eletricidade (Clássicos e Inteligentes)**

A primeira metade do século 19 trouxe descobertas brilhantes no eletromagnetismo. Em 1820, o francês André-Marie Ampère (1775-1836) [59] descobriu a interação eletrodinâmica entre correntes. Em 1827, o alemão Georg Simon Ohm (1787-1854) [60] descobriu a relação entre voltagem e corrente num condutor. Em 1831, o britânico Michael Faraday (1791-1867) [61] descobriu a lei da indução, na qual se baseia o funcionamento de geradores, motores e transformadores.

Na segunda metade do século, o terreno estava bem preparado para aplicações práticas. As descobertas foram seguidas por invenções e patentes. A lâmpada, o dínamo, o motor, o transformador, o contador e a turbina foram inventados em rápida sucessão.

Com a invenção do dínamo (Anyos Jedlik em 1861, Werner von Siemens em 1867) [62], a energia elétrica poderia ser gerada em grandes quantidades. A primeira aplicação em massa de eletricidade foi a iluminação. Quando esse novo produto - energia elétrica - começou a ser vendido, era óbvio que o custo tinha que ser apurado. Não ficou claro, no entanto, quais deveriam ser as unidades faturadas e quais seriam os princípios de medição mais adequados.

O contador mais antigo foi o de lamphour de Samuel Gardiner (EUA), patenteado em 1872. Ele media o tempo durante o qual a energia era fornecida à carga, já que todas as lâmpadas conectadas a este contador eram controladas por um interruptor. A subdivisão dos circuitos de iluminação tornou-se prática com a introdução da lâmpada de Edison, e este contador tornou-se obsoleto.

Thomas Alva Edison (1847-1931), que introduziu os primeiros sistemas de distribuição elétrica para iluminação por corrente contínua, sustentava que a eletricidade deveria vendida da mesma forma que o gás - também amplamente utilizado para iluminação na época. O seu "contador elétrico"patenteado em 1881 (patente dos EUA nº 251.545) usou o efeito eletroquímico da corrente. Este continha uma célula eletrolítica, na qual uma tira de cobre pesada com precisão foi colocada no início do período de faturação. A passagem de corrente pelo eletrólito causava um depósito de cobre. No final do período de faturação, a tira de cobre era pesada novamente, e a diferença representava a quantidade de energia elétrica que passou [63].

Estes contadores continuaram a ser usados até o final do século XIX. Como a leitura do contador era difícil, Edison adicionou mais tarde um mecanismo de contagem para ajudar na leitura do contador.

Por esta altura surgiram também outros contadores, como o contador de hidrogénio alemão Siemens-Shuckert e o Schott Gen. contador de mercúrio Jena. Os contadores eletrolíticos podiam medir apenas amperes-hora e não eram adequados quando a voltagem flutuava.

Outro ideia que surgiu foi a de construir um contador que resultasse num movimento - oscilação ou rotação - proporcional à energia, que poderia então conduzir a um registo da leitura.

O princípio do contador de pêndulo foi descrito pelos americanos William Edward Ayrton e John Perry em 1881. Em 1884, sem saber da sua invenção, Hermann Aron (1845-1902) na Alemanha

construiu um contador de pêndulo [64]. Este contador tinha dois pêndulos, com uma bobina em ambos os pêndulos conectada à tensão. Abaixo dos pêndulos, havia duas bobinas de corrente enrolando em direções opostas. Portanto, um dos pêndulos estava mais lento e o outro mais rápido do que sem carga. Estes contadores eram caros porque continham dois relógios e foram gradualmente substituídos por contadores de motor.

O americano Elihu Thomson (1853-1937) desenvolveu seu “wattímetro de registo”[65] em 1889 para a General Electric. Era um motor sem ferro, com um rotor movido pela tensão através de uma bobina e um resistor, usando um comutador.

Nos primeiros anos da distribuição de eletricidade, ainda não era claro se os sistemas de corrente contínua ou alternada seriam mais vantajosos. No entanto, havia uma desvantagem importante nos sistemas de corrente contínua - a tensão não podia ser alterada e, portanto, não era possível construir sistemas maiores. Em 1884, o francês Lucian Gaulard (1850-1888) e o inglês John Dixon Gibbs inventaram o “gerador secundário”, o precursor do transformador moderno.

Um transformador prático foi desenvolvido e patenteado para Ganz em 1885 por três engenheiros húngaros - Károly Zipernowsky, Ottó Titusz Bláthy e Miksa Déri. No mesmo ano, Westinghouse comprou a patente de Gaulard e Gibson, e William Stanley (1858-1916) aperfeiçoou o design. George Westinghouse (1846-1914) também comprou as patentes AC de Nikola Tesla. Desta forma, o sistema elétrico AC tornou-se viável e, a partir do início do século XX, foi gradualmente substituindo os sistemas DC [66].

Em 1885, Galileo Ferraris (1847-1897) [67] fez a descoberta chave de que dois campos AC fora de fase faziam um disco ou cilindro girar. De forma independente, o croata-americano Nikola Tesla (1857-1943) também descobriu o campo elétrico rotativo em 1888. Estas descobertas foram a base dos motores de indução e abriram caminho para os contadores de indução. Em 1889, o húngaro Otto Titusz Bláthy (1860-1939) patenteou o seu “contador elétrico para correntes alternadas”(Alemanha nº 52.793, EUA nº 423.210).

Em 1894 Oliver Blackburn Shallenberger (1860-1898) [68] desenvolveu um contador de watts por indução para a Westinghouse. Em 1899, Ludwig Gutmann, desenvolveu o contador de watts para AC “Tipo A” em 1899.

Nos anos seguintes, muitas melhorias foram alcançadas como por exemplo a redução de peso e dimensões.

O grande período do desenvolvimento inicial dos contadores acabou. As tecnologias electrónicas não encontraram o seu caminho para a medição até que os primeiros circuitos integrados analógicos e digitais se tornaram disponíveis na década de 1970. A nova tecnologia deu um novo impulso ao desenvolvimento de contadores de eletricidade. Inicialmente, contadores estáticos de alta precisão foram desenvolvidos, principalmente utilizando o princípio de multiplicação por divisão de tempo. Células Hall também foram usadas, principalmente para contadores comerciais e residenciais.

Em 1972, enquanto trabalhava para a Boeing em Hunstville, em Alabama, Ted Paraskevakos desenvolveu uma tecnologia de monitorização digital para sistemas de alarme de incêndio, segurança e sistemas médicos. A tecnologia teve a sua origem no sistema de identificação automática de linha

telefónica, hoje conhecido como Caller I.D. Paraskevakos recebeu uma patente por esta tecnologia, em 1974. Três anos depois, ele lançou a empresa Metretek, Inc. A empresa que produziu o primeiro sistema de leitura remota e gestão de eletricidade totalmente automatizado e disponível comercialmente [69].

Nos anos seguintes, os contadores de eletricidade foram sendo desenvolvidos sempre com o intuito de serem mais inteligentes [69, 70, 71].

Tendo em conta os trabalhos [72, 73, 74, 75, 76] e também [69, 70, 71, 77], as tendências dos contadores inteligentes [78] são cada vez mais influenciadas pelo uso de Recursos Energéticos Renováveis, pela Geração Distribuída de Energia e o Armazenamento Distribuído, que impulsionaram uma evolução dramática do modelo de eletricidade real. Esta evolução segue em direção a um modelo de rede elétrica capaz de gerir vários dispositivos de geração e armazenamento de uma forma eficiente e descentralizada, levando ao cerne do conceito de Smart Grid (rede inteligente), sendo a implementação de medições inteligentes um dos pilares para alcançar esta meta das redes inteligentes.

As primeiras tentativas de automatização da medição da eletricidade, ou Leitura Automatizada do Medidor (AMR), permitiram os utilizadores ler remotamente os registos de consumo e informações básicas de status dos clientes. Devido ao seu sistema de comunicação unilateral, AMR é limitado à leitura remota e não pode executar aplicações adicionais, o que levou à migração para a medição inteligente (contadores inteligentes) ou Avançada Infraestrutura de Medição (AMI). Sistemas recentes de medição inteligente, equipados com uma arquitetura aprimorada, o em conjunto com sensores inteligentes e tecnologia de controlo de energia distribuída, permite às empresas de eletricidade realizar o controlo e gestão da rede.

Podemos então distinguir três tipos de sistemas inteligentes.

- AMR: possui leituras automáticas mensais; a detecção da energia gasta só segue um único sentido; possui protecção contra intervenções abusivas; possui perfil da quantidade de energia importada. Os beneficiários (stakeholders) deste tipo de tecnologia são: empresas de leitura de dados, serviços ao cliente, contabilidade, etc.
- AMR plus: leituras diárias ou em tempo real; intervalos horários; notificação da energia gasta; leitura de alguns dados gerais sobre a energia gasta. Os beneficiários deste tipo de tecnologia são: empresas de leitura de dados, empresas de informação, empresas de manutenção.
- AMI: a informação circula nos dois sentidos; switch de controlo dos serviços; taxas medidas e calculadas ao longo do tempo; o aparelho pode ser programado à distância; é possível medir a qualidade da energia; possui interface. Os beneficiários deste tipo de tecnologia são: empresas de previsão de consumo de energia, empresas de marketing, empresas de compra de energia.

Um sistema de medição inteligente implica a implementação de uma infraestrutura heterogénea, incluindo dispositivos de medição, redes de comunicação e sistemas de agregação e processamento de dados, bem como funções de gestão e instalação associadas. Podemos então dizer que um sistema de medição inteligente é baseado em quatro pilares [69, 70, 71]:

Um dispositivo Smart Meter (SM);  
Um dispositivo de agregação de dados (DC);  
Um sistema de comunicação usado para o fluxo e transmissão de dados;  
Um sistema de gestão e controle centralizado, Centro de Controle (CC).

Podemos distinguir três grupos de medição principais [69, 70, 71]:

(i) mediante a procura: fluxos de dados medidos dos pontos de consumo para os CCs mediante solicitação específica da empresa;

(ii) programado: fluxos de dados medidos dos pontos de consumo para os CCs por tarefas pré-programadas e de quatro a seis vezes ao dia;

(iii) bulk: a empresa recolhe informações de medição de todos os dispositivos várias vezes por dia.

O European Smart Meters Industry Group (ESMIG) reduziu os recursos mínimos de um contador inteligente para o seguintes quatro:

Leitura remota

Comunicação bidirecional

Suporte de sistemas tarifários avançados e aplicativos de facturação

Controle remoto do fornecimento de energia.

A União Europeia estendeu os requisitos mínimos desejáveis para um contador inteligentes (recomendação 2012/148/UE):

- Consumidor: fornece leituras diretamente para o consumidor e / ou terceiros. Atualiza as leituras com frequência suficiente para usar esquemas de economia de energia.
- Operador do serviço de medição: permitir leitura remota pelo operador. Fornece comunicação bidirecional para manutenção e controlo. Permite que leituras sejam frequentes o suficiente para o bom planeamento da rede.
- Questões de serviço comercial: suporta sistema tarifário avançado. Permite fornecimento de controle remoto LIGAR/DESLIGAR e/ou limitação de fluxo ou energia.
- Segurança e proteção de dados: fornece comunicações de dados seguras. Permite a prevenção e detecção de fraudes.
- Geração distribuída: fornece dados de medição consumidos, gerados e reativos.

Além das recomendações da União Europeia, os contadores inteligentes foram evoluindo para algo mais autónomo e mais apelativo, juntando dados de medição com informações adicionais e outros dispositivos, permitindo que utilizadores e distribuidores de energia possam usufruir desta nova tecnologia (figura 4.3). Algumas dessas novas características são: medição da qualidade do sinal de eletricidade; capacidades de medição da tensão em tempo real e comunicação entre o consumidores e controladores de rede, de modo a controlar a tensão; aplicações de faturação inteligentes, com os contadores inteligentes a receberem os custos da tarifa em tempo real, antecipadamente ou através de tarifas pré-programadas, corte ou restauro remoto da fonte de alimentação; perfis de consumo, controlo

de carga, comutação remota de dispositivos domésticos, e monitorização remota de consumo; dados domésticos do consumo de energia usados em conjunto com um algoritmo para estabelecer categorias de consumidores de energia; análise da economia de energia gerada após a instalação de contadores inteligentes (desta forma o utilizador pode ver os ganhos obtidos com a nova tecnologia); detecção de fraudes elétricas, etc.



Figura 4.3: Protótipo de um contador inteligente. Figura adaptada de [www.eeef.lu](http://www.eeef.lu).

Estas características dão um papel mais importante ao consumidor, onde a coordenação da dinâmica da curva de consumo de energia dentro do fornecimento de energia existente, ou por outras palavras, a Resposta à Procura (RP) contribui para a eficiência do sistema. Desta forma os consumidores desempenham um papel significativo na operação da rede elétrica, reduzindo ou mudando o seu uso da eletricidade durante os períodos de pico em resposta a taxas baseadas no tempo ou outras formas de incentivos financeiros.

Com a evolução da inteligência artificial, os contadores inteligentes seguem um caminho sem limites tecnológicos [79], tendo apenas como calcanhar de Aquiles a privacidade dos dados recolhidos.

#### **4.3.2 Implementação de Contadores Inteligentes na União Europeia**

De acordo com [58], podemos distinguir um pré e um pós 2009 (na União Europeia), no que toca a contadores de eletricidade inteligentes. Em 2009 saiu uma diretiva da UE para o mercado interno de eletricidade (2009/72 / EC), onde o terceiro pacote da Comissão Europeia para a liberalização da energia recomendava que os estados membros implementassem contadores inteligentes, que deveriam atingir 80% da população elétrica até 2020 (se uma avaliação económica provasse a implementação ser viável). A justificativa para a Diretiva da UE tem origem na falta de literacia energética por parte dos clientes e a falta de incentivos para responder às mudanças nos preços da eletricidade. Planos de implementação de medição inteligente foram ainda desenvolvidos no âmbito dos objetivos da Comissão

Europeia de reforçar a eficiência energética, mitigar as emissões de gases com efeito de estufa e promover fontes renováveis de energia.

### **O pré 2009:**

Antes de 2009 já existiam projectos em marcha para a implementação de contadores inteligentes em Itália, Suécia, Holanda, Canadá, Austrália, Califórnia (EUA) e Irlanda do Norte. Relativamente aos países europeus temos o seguinte.

A concessionária italiana ENEL introduziu contadores inteligentes em 2001 como resultado de um decisão de investimento interno. A justificativa para esta decisão foi baseada nas economias ou receitas esperadas nas áreas de compras e logística, operações de campo, atendimento ao cliente e proteção da receita de fraudes nas redes de distribuição de baixa tensão. Nem o regulador da energia italiana nem governo tiveram qualquer influência significativa sobre os requisitos que a ENEL teve que cumprir. Isso significa que a ENEL pode escolher o tipo de contador e a infraestrutura de comunicação de forma independente e optou por um sistema inteligente que se comunica por meio de uma linha de energia até a subestação mais próxima [80]. No final de 2005, a ENEL tinha 27 milhões de contadores inteligentes instalados [81]. Devido a medidas governamentais (investimento do lado do governo), nos dias de hoje, mais de 95% do clientes de baixa tensão possuem contadores inteligentes (mesmo não sendo clientes da ENEL) [58].

Na Suécia, algumas empresas de serviços públicos desenvolveram um tprojecto piloto de medição inteligente de energia no início de 2000, para aferir os benefícios económicos esperados do governo em termos de economia de energia. Em 2003, o governo sueco publicou uma lei que continha uma obrigação de leituras mensais do contador para toda a eletricidade até 2009. Isto criou as condições necessárias para a introdução dos contadores inteligentes, levando a uma implementação e investimentos em contadores inteligentes a uma taxa mais elevada do que era esperado [58, 82]

Na Holanda, o lançamento do contador inteligente foi planeado desde 2004. A implementação regulamentada só começou oito anos depois, devido à resistência inesperada do público devido a violações de direitos de privacidade [83, 58].

### **Pós 2009:**

Foram feitos estudos sobre o custo-benefício do uso de contadores inteligentes, e, os resultados obtidos foram positivos. Foi então feito o planeamento para o lançamento de contadores inteligentes de eletricidade em 16 estados membros: Áustria, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Grécia, República da Irlanda, Itália, Luxemburgo, Malta, Holanda, Polónia, Romênia, Espanha, Suécia e Grã Bretanha. Sete estados membros (Bélgica, República Tcheca, Alemanha, Letônia, Lituânia, Portugal e Eslováquia) apresentaram resultados negativos sobre a implementação em grande escala de contadores inteligentes. No entanto, a Alemanha, a Letônia e a Eslováquia encontraram alguns resultados positivos para um determinado subconjunto dos consumidores.

Em 2014, três estados-membros já haviam concluído em grande parte as implementações de contadores inteligentes de eletricidade: Finlândia, Itália e Suécia [84, 58]. Em 2019, Estônia, Malta, Espanha e Dinamarca concluíram a implementação em larga escala de contadores inteligentes. Espera-se que

a maioria dos países alcance os valores mínimos de 80% de contadores inteligentes no período entre 2020 e 2025.

Cerca de um terço dos estados membros irão implementar contadores inteligentes até 2030 ou mais tarde, já que seus últimos estudos ainda dão resultados negativos. Comparando com as metas do início de 2009, houve uma redução do número de estados membros em condições para atingir a meta dos 80% até 2020. A Figura seguinte (adaptada de [58]) mostra as diferentes escalas de tempo de implementação do contador inteligente nos países da UE. Isso mostra que uma minoria dos países também concluiu a implementação ou tem planos de conclusão de 100% nos anos futuros. Esta figura pode ser visto como um resultados dos estudos sobre o custo-benefício da implementação de contadores inteligentes na União Europeia.

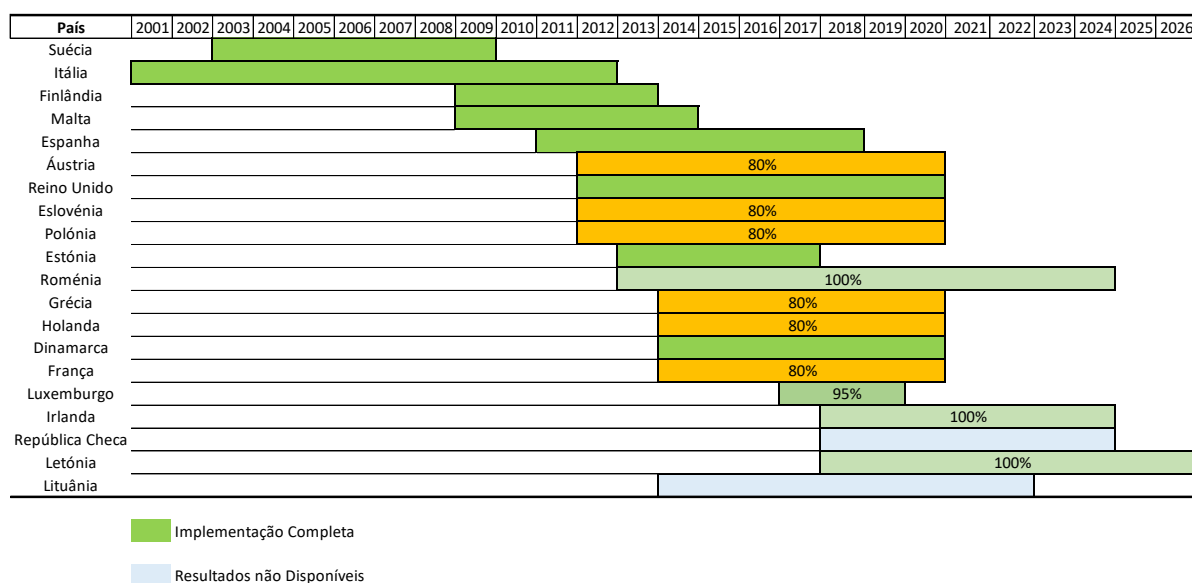


Figura 4.4: Evolução da implementação de contadores inteligentes na União Europeia. Figura adaptada de [58].

Os investimentos dos governos impulsionaram um grande aumento na implementação de contadores inteligentes, especialmente na Europa. A maioria das empresas está porém relutante em investir em novos sistemas e tecnologia sem um incentivo governamental, apesar da economia resultante de sistemas de contadores inteligente ser favorável.

### 4.3.3 Segurança e Privacidade

**Segurança:** Os contadores inteligentes expõem a rede elétrica a ciber ataques que podem levar a quedas de energia, cortando a eletricidade das pessoas e sobrecarregar a rede [85, 86]. Porém, muitos especialistas em ciber segurança afirmam que os contadores inteligentes do Reino Unido e da Alemanha têm uma ciber segurança relativamente alta e que qualquer ataque deste tipo exigiria esforços ou recursos financeiros extraordinariamente elevados [86, 87].

A Lei de ciber segurança da UE entrou em vigor em junho de 2019, e inclui a diretiva sobre redes de segurança e sistemas de informação que estabelece requisitos de notificação e segurança para opera-

dores de serviços essenciais [88]. De realçar que a versão atual do IEC 62056 inclui a possibilidade de criptografar, autenticar ou assinar os dados do contador [89].

Um método proposto para combater os possíveis ataques aos contadores inteligentes envolve a análise do tráfego da rede em tempo real para detectar anomalias usando um Sistema de Detecção de Intrusão (IDS - do inglês Intrusion Detection System). Identificando as explorações feitas por invasores, um IDS mitiga os riscos de roubo de energia pelos consumidores e ataques por hackers [90]. As operadoras de energia podem escolher entre um IDS centralizado, IDS embutido ou IDS dedicado, dependendo das necessidades individuais da concessionária. Estudos mostram que uma infraestrutura de medição avançada (a arquitetura IDS centralizada) é superior em termos de eficiência de custos e ganhos de segurança [90].

Como dispositivos Smart Meter são Dispositivos de medição Inteligente que periodicamente registam valores medidos e enviam os dados criptografados para o prestador de serviços, na Suíça esses dispositivos precisam de ser avaliados por um laboratório de avaliação, e precisam ser certificados pelo METAS a partir de 01/01/2020 de acordo com Prüfmethodologie (Metodologia de Teste para Execução de Avaliação de Segurança de Dados de Componentes Swiss Smart Metering). Ou seja, este envio e troca de informação sobre os demais utilizadores levanta questões sobre a privacidade, temo que iremos agora abordar sucintamente.

**Privacidade:** Os contadores enviam informações detalhadas sobre quanta eletricidade está a ser usada, assim como o tipo de aparelhos utilizados, a eficiência energética, etc.

Por um lado temos que se um relatório for pobre em informação, a empresa que presta o serviço de energia não consegue otimizar o seu serviço por falta de dados. Por outro lado relatórios detalhados permitem à concessionária de eletricidade otimizar o seu serviço, mas também inferir padrões de comportamento sobre os ocupantes de uma casa, como quando os membros da família provavelmente estão a dormir ou ausentes. Estas informações refinadas obtidas pelos contadores inteligentes levantam preocupações crescentes de invasão de privacidade devido à exposição do comportamento pessoal (atividade privada, rotina diária, etc.) [91, 92, 93, 94, 95, 96].

Na Colúmbia Britânica, a empresa de distribuição de eletricidade é propriedade do governo e, como tal, deve cumprir as leis de privacidade que impedem a venda de dados obtidos por contadores inteligentes. Em muitas partes do mundo a energia é distribuída por empresas privadas que podem vender ou usar estes dados. Na Austrália, os cobradores de dívidas podem usar os dados para saber quando as pessoas estão em casa.

Por exemplo, estes dados já foram Usado como prova num caso judicial em Austin, Texas. A polícia foi obtendo secretamente dados do uso de energia de contadores inteligentes de milhares de residências para determinar aquele que usou mais energia do que o “normal” por forma a identificar as operações de cultivo de drogas.

O Professor Ross Anderson FRS, FREng, da universidade de Cambridge, escreveu o seguinte sobre as questões de privacidade: “Não é necessário que o meu contador informe à companhia de energia, muito menos ao governo, quanto usei em cada período de meia hora no mês passado”; “os contado-



res podem fornecer informações sobre alvos para ladrões”; “o histórico detalhado de uso de energia pode ajudar as empresas de energia a vender contratos de exploração aos utilizadores”; “pode haver uma tentação para os formuladores de políticas em usar dados de medição inteligente para direcionar quaisquer cortes de energia necessários”.

Resumindo, os padrões de uso de dados de energia do contador inteligente podem revelar muito mais do que quanta energia está a ser usada, sendo então necessário perceber como ultrapassar este problema, e, estabelecer um limite para a recolha de dados, que satisfaça o cliente e a empresa prestadora de serviços de eletricidade. [91, 92, 93, 94, 95, 96].

Para resolver alguns destes problemas, a Comissão Europeia apresentou então uma lista sobre as próximas etapas aconselhadas na implementação de sistemas de medição inteligente:

- Ganhar a confiança dos consumidores. É necessário um intenso esforço de comunicação para convencer os clientes sobre três aspectos principais: compreender os seus direitos como consumidores, os benefícios da instalação de contadores inteligentes e a sua participação em programas de resposta à procura.
- Alcançar um mercado de serviços de energia inovador. As sinergias com o setor de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) serão fundamentais para a promoção de um mercado de serviços energéticos inovador.
- Proteção de dados sensíveis. A Comissão Europeia e os Estados-Membros terão de avaliar a necessidade de uma legislação específica de privacidade e segurança de dados.
- Gestão de dados. As empresas de eletricidade e o setor das TIC terão que trabalhar juntos e explorar as diferentes formas de gerir dados.
- Funções do contador inteligente. A interoperabilidade técnica e comercial em Smart Metering (medições inteligentes) permitirá os estados membros identificar meios comuns de alcançar eficiências de custo e garantir adequação à finalidade na sua implementação.
- Avaliação económica de longo prazo de custos e benefícios. Uma revisão dos parâmetros críticos usados e as suposições feitas em lançamentos nacionais irão ajudar a refinar as opções de tecnologia.

## 4.4 Conclusão

Os contadores inteligentes estão em expansão e a quantidade de inteligência que é possível implementar nestes sistemas é enorme devido ao grande desenvolvimento na área de inteligência artificial. Este tipo de inteligência pode ser um grande aliado nas metas da União Europeia para a redução de carbono.

Por outro lado, à medida que aumentamos a inteligência dos contadores, estamos cada vez mais a entrar numa área cinzenta sobre a privacidade de dados. É então necessário legislar um tema que envolve alguma controvérsia e algum desconhecimento por parte dos consumidores. Este tema será abordado no próximo capítulo.

## Capítulo 5

# Legislação

Embora os contadores analógicos tenham tido desafios de segurança e privacidade, os problemas associados aos contadores inteligentes e dados digitais de eletricidade são diferentes daqueles dos contadores analógicos, principalmente por causa da frequência, volume e granularidade da recolha de dados [96].

Os contadores inteligentes oferecem uma solução eficaz para enfrentar os desafios criados pela crescente produção e disponibilidade de energias renováveis, mas também criam problemas com relação à proteção de dados. A implementação de contadores inteligentes interoperáveis cria preocupações no que diz respeito à compatibilidade com a Carta dos Direitos Fundamentais da UE, Artigo 7. A UE deve, portanto, adotar um conceito de proteção específico da área, com regras detalhadas para eliminar as preocupações sobre a legalidade dos contadores inteligentes [93].

De notar que esta legislação deve ser pensada na raiz da implementação para não acontecer o sucedido na Holanda. Os esforços iniciais de implementação na Holanda, mostram de forma impressionante que as consequências da medição inteligente devem ser seriamente consideradas desde o início do processo de implementação. Se tais problemas não forem resolvidos ou mesmo ignorados pelos legisladores, o processo de implementação pode ser abruptamente interrompido e reiniciado. Grupos de consumidores Holandeses protestaram, e um novo documento totalmente atualizado do pacote de implementação foi criado. Como resultado, os consumidores agora têm o direito de rejeitar a instalação de um contador inteligente. Por um lado, esta medida representa os desejos válidos do consumidor, mas, por outro, fica mais difícil para as empresas de distribuição de energia atingirem as metas e objetivos da tecnologia mais recente, que incluem: maior eficiência energética, qualidade e estabilidade da rede e detalhes do cliente. Apesar deste percalço sucedido na Holanda, a legislação deve ser vista como algo que irá no futuro permitir trazer às duas partes (consumidores e distribuidores de energia) o melhor dos contadores inteligentes.

De realçar ainda que os dados recolhidos, por períodos de 15 minutos, podem não ser muito úteis para o utilizador. Uma análise em tempo real seria o ideal (porém, neste caso o operador de rede, pode ter de ficar de fora do processo de gestão dos dados, devido à privacidade e idoneidade).

Este capítulo apresenta uma análise detalhada da legislação da UE relacionada com contadores inteligentes e, para colocar a implementação de contadores inteligentes um contexto mais geral.

## 5.1 As três regulamentações fundamentais

Três regulamentações fundamentais devem ser tidas em consideração ao avaliar os requisitos legislativos que regem a introdução da medição inteligente da energia elétrica. A primeira é a Convenção Europeia dos Direitos Humanos; o segundo é o Terceiro Pacote Legislativo da União Europeia no Setor Energético; e a terceira é a Diretiva de Proteção de Dados [91, 101, 102].

- Toda a pessoa tem direito ao respeito pela "vida privada e familiar, o seu lar e a sua correspondência", de acordo com o artigo 8(1) da Convenção Europeia sobre Direitos Humanos (CEDH) [Convenção para a Proteção dos Direitos Humanos e das Liberdades Fundamentais]. Esta garantia, no entanto, está sujeita a certas limitações que devem ser "legais" e "exigidas numa sociedade democrática" (artigo 8.º, n.º 2 da CEDH). O Tribunal Europeu dos Direitos do Homem interpretou estas disposições para estabelecer um direito à segurança de dados.
- Como parte do "terceiro pacote legislativo", a União Europeia adotou duas diretivas em 2009: uma que estabelece regras comuns para o mercado interno da eletricidade (a "Diretiva da Eletricidade") [98] e a outra que aborda o mercado interno do gás natural (a "Diretiva Gás Natural") [99]. A Diretiva da Eletricidade previa a implementação de contadores **inteligentes** em 80% dos consumidores de energia até ao ano de 2020 (tal como já foi referido nesta dissertação). No Anexo 1, parágrafo 1 desta diretiva, está estabelecido que os clientes devem ter acesso aos seus dados de utilização dentro de um prazo razoável. Além disso, os consumidores devem ser livres de dar ou não consentimento para o acesso aos seus dados de medição de energia a qualquer empresa de fornecimento energia registada. Este acordo deve ser bem explícito e deve ser grátis. Caso o consumidor opte por um sistema inteligente, este deve ser informado do seu consumo real de eletricidade e dos seus custos. Estes dados devem ser assegurados com frequência suficiente de modo a capacitar os consumidores com meios de controlo do consumo de eletricidade e o uso da energia de forma mais eficiente.
- De acordo com o Artigo 2 (a) da Diretiva de Proteção de Dados da UE ('Diretiva de Proteção de Dados'), [100] 'Dados pessoais significa qualquer informação relativa a uma pessoa física identificável ("titular dos dados"); uma pessoa identificável é aquela que pode ser identificada, diretamente ou indiretamente, em particular por referência a uma identificação, número ou a um ou mais fatores específicos da sua identidade física, psicológica, mental, económica, cultural ou social.' Como a definição da diretiva de dados pessoais pode ser interpretada de forma ampla, e atendendo a que algumas leis nacionais de proteção de dados dos estados membros referem-se na definição de dados pessoais àqueles que pertencem a uma "comunidade de pessoas", os dados de medição de energia podem ser considerados dados pessoais. Portanto, as disposições

da Diretiva de Proteção de Dados são aplicáveis mesmo se mais que uma pessoa mora numa casa equipada com um contador inteligente.

De acordo com o Artigo 6 da Diretiva de Proteção de Dados, os dados pessoais devem ser processados de forma justa e legal, agregados para fins específicos e legítimos e não podem ser processados de forma incompatível com esses propósitos. Além disso, o processamento de dados deve ser adequado, relevante e não excessivo em relação ao fins para os quais os dados são obtidos. Relativamente aos contadores inteligente, o processamento pode ser baseado em vários fins: melhoria da eficiência energética, precisão da medição, informações do cliente, estabilidade da rede, faturação inteligente. Então, os dados obtidos podem ser legitimamente processado para finalidades diferentes, logo, estão sujeitos a diferentes restrições de processamento e transmissão [93, 94, 95, 96].

O processamento de dados pessoais, no entanto, não só tem que cumprir os princípios mencionados acima, mas também deve ser justificado nos termos do Artigo 7 do a Diretiva de Proteção de Dados. De acordo com esta disposição, o processamento de dados pessoais só pode ser legítimo se uma das seguintes condições for satisfeita

- o processamento dos dados é necessário para o cumprimento de uma obrigação a que o responsável pelo tratamento está sujeito;
- o processamento é necessário para o desempenho de um contrato do qual o titular dos dados faz parte ou o processamento dos dados é necessário para aferir a celebração do contrato;
- o titular dos dados forneceu o seu consentimento;
- o processamento é necessário para os interesses legítimos do distribuidor de energia ou por terceiros ou partes a quem os dados são divulgados, exceto onde tais interesses são substituídos pelos pelos direitos e liberdades fundamentais dos dados que requerem proteção nos termos do Artigo 1 (1) da Diretiva de Proteção de Dados (ver [104] para mais detalhes).

As empresas de distribuição de energia são qualificadas como controladores, uma vez que (como os proprietários dos contadores inteligentes) determinam as finalidades e meios de processamento dos dados. A empresa de distribuição de energia o decide quais tipos de dados pessoais que devem ser recolhidos e transferidos para outras partes. Tais partes podem incluir fornecedores de energia, agências governamentais, e outras empresas terceiras com interesse nos dados medidos. A legalidade do processamento e transmissão dos dados de medição deve ser determinada para cada uma das partes que irá processar os dados [91].

A existência de uma obrigação legal ou autorização legal da aplicação de dados por estatuto é geralmente a base jurídica mais favorável. A Diretiva de Eletricidade em si própria, não se qualifica para este feito, uma vez que requer implementação pelas leis nacionais do Estados-Membros. Portanto, atualmente depende dos Estados-Membros fornecer uma base jurídica explícita, que pode ser incluída nos estatutos que regulam os mercados nacionais de eletricidade e gás.

A fim de cumprir os requisitos legais aplicáveis ao abrigo do artigo 8.º da Convenção Europeia sobre Direitos humanos, conforme estabelecido na jurisprudência do Tribunal Europeu dos Direitos do Homem, qualquer legislação que forneça uma base jurídica para o processamento de medição inteligente, teria que atender às seguintes condições: fornecer uma indicação adequada quanto à extensão e condições do processamento de dados; fornecer uma determinação do possível grupo de titulares de dados e conter regras para um procedimento a ser seguido; proibir certos tipos de comentários do pessoal controlador no que diz respeito ao dados dos titulares dos dados processados; ter um regulamento no que diz respeito à legitimidade do armazenamento de informações e estabelecer um regulamento relativo à eliminação dos dados.

Devido a esses requisitos rigorosos e detalhados que os estatutos devem cumprir, há uma série de problemas difíceis a serem resolvidos para que qualquer legislação evite ser considerado incompatível com o Artigo 8.

Obrigações contratuais que exijam o processamento de dados, devem ser precedidos pelo esclarecimento de que os titulares dos dados entram em duas ou três relações contratuais separadas, com o diversos atores do mercado de fornecimento de energia [93, 94, 95, 96, 91].

Para um balanço entre o uso de contadores inteligentes e a privacidade, e uma resposta à questão de quantos dados são realmente necessários para satisfazer ambas as partes (consumidores e distribuidores de energia) o trabalho de McKenna et al. [94] é recomendado.

Neste momento, um dos regulamentos de privacidade mais significativos é a Regulamento de Proteção de Dados (GDPR) de 2016, que delineou vários direitos fundamentais de privacidade digital [103]. Este documento segue as mesmas linhas dos Princípios de Prática de Informação Justa (FIPPs) que surgiram quando os computadores começaram a aumentar sua capacidade de processamento de informações e o público ficou preocupado com os riscos para a privacidade. Na Europa, os estados membros e empresas relevantes começaram a conformidade com o GDPR em 25 de maio de 2018. O custo do não cumprimento é uma multa de até 20 milhões de euros ou 4% da faturação anual global da empresa. Alguns estados membros já tinham leis de privacidade anteriores a esta implementação, mas essas leis foram atualizadas ou substituídas com a implementação do GDPR. Em alguns casos, como na Holanda, os países tiveram proteções além das do GDPR.

Algumas das medidas adoptadas por alguns países da União Europeia são agora apresentadas.

## **5.2 Medidas adoptadas por França, Holanda, Noruega e Reino Unido**

França:

- Lei nº 78-17 de 6 de janeiro 1978 em Informação Tecnologia, arquivos de dados e Liberdades Civis (1978, 2014). Permite recolha de dados; afirma que os dados devem ser precisos, relevantes, e não excessivos e com propósitos bem definidos (2014) [105].

- Lei No 2018-493 (2018) Modifica a lei acima para alinhar o Dados franceses da lei de proteção com o GDPR, estabelece o “Lei de Proteção de Dados Franceses” [106].

Holanda:

para a Proteção de Informações pessoais (Wet bescherming persoonsgegevens, Wbp) (2018). Dá aos cidadãos o direito de saber o que é que acontece com os seus dados, ver os seus próprios dados, e para poderem rejeitar o uso e processamento dos seus dados [107]. Regulamento Proteção Geral de Dados (GDPR, ou o “Algemene Verordening Gegevensbescherming ” em holandês) (2018). Substitui a lei acima com o GDPR [108]. Ato Geral de Implementação e Proteção de dados - Regulamento (Uitvoeringswet Algemene verordening gegevensbescherming, UAVG) (2018). Estabelece a Autoridade dos Dados Pessoais (de Autoriteit persoonsgegevens), uma organização que gere os pessoais; possibilita aos consumidores apresentar uma reclamação num sítio dedicado na internet [109].

Noruega:

- Lei da Energia (Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m.) (1990, 2018). Aprova o armazenamento de informação, incluindo dados pessoais [110].
- Lei de Dados Pessoais (Lov om Behandling av personopplysninger) (2000, 2018). Implementa o GDPR, permite que os dados pessoais possam ser processados para público de interesse e ser arquivados para investigação científica, histórica ou estatística [111].

Reino Unido:

- Smart Meter Bill (2018) autoriza a leitura de dados de eletricidade a cada meia hora [112].
- A Lei de Proteção de Dados (2018). Implementação da GDPR do Reino Unido [113].

Estes exemplos particulares poderão servir como base e como ferramenta de aprendizagem para outros estados membros, facilitando o trabalho de implementação deste tipo de leis sobre privacidade de dados.

## 5.3 Conclusão

O êxito geral da implementação de contadores inteligentes em toda a UE depende de critérios amplamente decididos pelos Estados-Membros. Isso inclui disposições regulatórias e até que ponto os sistemas a serem implantados serão interoperáveis técnica e comercialmente, bem como garantirão a privacidade e a segurança dos dados. Também não existe ainda um consenso a nível da UE sobre a gama mínima de operações exigida pelos contadores inteligentes.

A implementação de um contador inteligente que ao mesmo tempo faça a gestão da energia, requer o uso de bastantes dados de consumidores. Antes de se avançar com este tipo de implementação,

deve ser feito por exemplo um inquérito aos consumidores sobre o seu interesse neste tipo de tecnologia, devem ser estabelecidas as regras de uso dos dados recolhidos (por exemplo, estabelecer uma instituição independente de gestão de dados), manter a imparcialidade da empresa de distribuição de energia que também poderá ter interesse neste tipo de dados, pois também comercializa equipamento energético. Ou seja, não só a lei que vai determinar impor ou não este tipo de equipamento, mas sim, o facto de os consumidores se sentirem seguros e, acima de tudo, a demonstração de que este tipo de equipamento irá trazer reduções na conta da luz. A literacia energética pode ser uma coisa muito boa, mas, se não for acompanhada de benefícios concretos de poupanças, é apenas um conhecimento acrescido sem aplicação.

Pode ainda existir a necessidade de criar independência no tratamento de dados, isolar o tratamento/processamento da recolha dos dados, por forma a transmitir mais segurança ao consumidor.



## Capítulo 6

# Financiamento

Neste capítulo são apresentadas as fontes de financiamento do passado recente, presente e futuro. Com o ano de 2020 terminado, muitas das calls (chamadas) para financiamento terminaram e muitas das agências foram remodeladas tendo mesmo dado lugar a novas agências executivas. Isto quer dizer que muitos dos financiamentos futuros ainda estão em discussão no presente momento (figura 6.1).

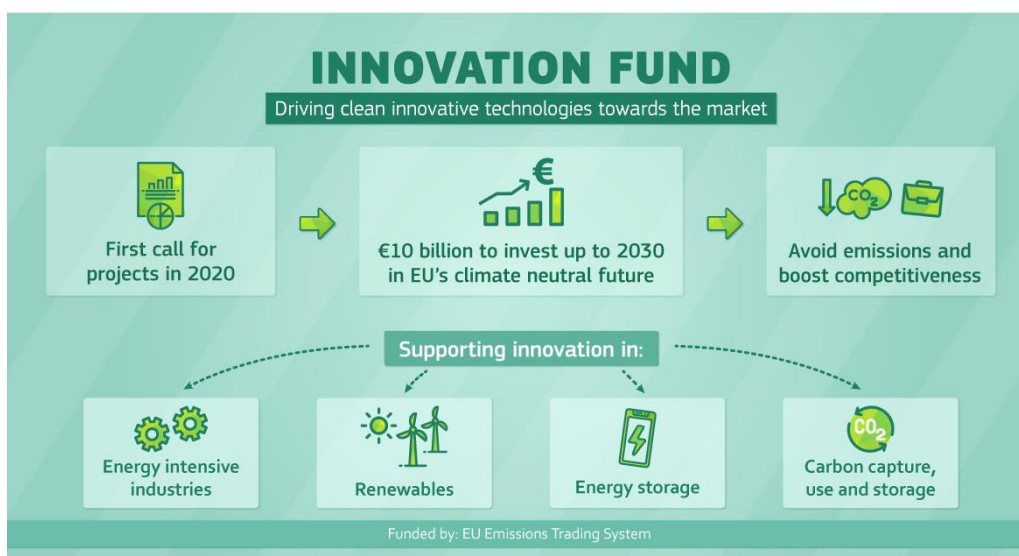


Figura 6.1: Fundos Europeus a serem investidos até 2030. Figura adaptada do site da Comissão Europeia.

A UE demonstrou a sua determinação na luta contra as alterações climáticas, utilizando 20% do seu orçamento global entre 2014 e 2020 para financiar ações que contribuem para a mitigação e adaptação às alterações climáticas. E pretende ser ainda mais ambicioso após o acordo entre os líderes da UE em julho de 2020, em aumentar este número para pelo menos 30% do orçamento da UE para 2021-2027 e o financiamento do plano de recuperação.

Apoiar esforços globais:

A UE e os seus Estados-Membros são os maiores fornecedores de financiamento público para o clima a nível mundial. As suas contribuições totais, no valor de 21,9 biliões de euros em 2019, foram

canalizadas com sucesso para iniciativas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas nos países em desenvolvimento [114, 115]. Alguns desses esforços são agora descritos:

- Aconselhado pelo Grupo do Banco Europeu de Investimento, o GEEREF (<https://geeref.com/>) é um fundo de fundos inovador que catalisa o capital do setor privado em projetos de energia limpa em países em desenvolvimento e economias em transição. O GEEREF é um fundo de fundos assessorado pelo European Investment Bank Group; investe em fundos de private equity que se concentram em projetos de energia renovável e eficiência energética em mercados emergentes; os fundos do GEEREF visam investimentos financeiros atraentes que também geram um forte impacto ambiental e de desenvolvimento positivo. O GEEREF investiu em 15 fundos em África, Ásia, América Latina e Caribe. O período de investimento do GEEREF encerrou-se no final de maio de 2019 e já está totalmente investido.

O GEEREF foi estruturado para catalisar investimentos do setor privado em fundos e projetos subjacentes, alavancando as contribuições iniciais do setor público: O GEEREF foi iniciado pela Comissão Europeia em 2006 e lançado em 2008 com financiamento da União Europeia, Alemanha e Noruega, totalizando € 112 milhões. O GEEREF concluiu com sucesso a sua captação de recursos junto de investidores do setor privado em maio de 2015, o que elevou o total de fundos administrados a € 222 milhões. O GEEREF investe em fundos de private equity que, por sua vez, investem em projetos do setor privado, aumentando ainda mais o efeito de alavancagem dos investimentos do GEEREF. Estima-se que, com € 222 milhões de fundos sob gestão, mais de € 10 bilhões poderiam ser mobilizados através dos fundos em que o GEEREF participa e dos projetos finais em que esses fundos investem.

- O Fundo de Inovação (<https://www.buildup.eu/en/node/60275>) é um dos maiores programas de financiamento do mundo para a demonstração de tecnologias inovadoras de baixo carbono. O Fundo de Inovação é um instrumento de financiamento fundamental para cumprir os compromissos da UE em toda a economia no âmbito do Acordo de Paris e seu objetivo de ser neutro para o clima até 2050, conforme reconhecido no Plano de Investimento do Acordo Verde Europeu. Irá fornecer cerca de 10 bilhões de euros de apoio ao longo de 2020-2030 para a demonstração comercial de tecnologias inovadoras com baixo teor de carbono, com o objetivo de trazer ao mercado soluções industriais para descarbonizar a Europa e apoiar a sua transição para a neutralidade climática. O objetivo é ajudar as empresas a investir em energia limpa e na indústria para impulsionar o crescimento económico, criar empregos locais preparados para o futuro e reforçar a liderança tecnológica europeia em escala global.

Isto é feito por meio de chamadas para projetos de grande e pequena escala com foco em: tecnologias e processos inovadores de baixo teor de carbono em indústrias intensivas em energia, incluindo produtos que substituem os intensivos em carbono captura e utilização de carbono (CCU) construção e operação de captura e armazenamento de carbono (CCS) geração de energia renovável inovadora e armazenamento de energia O Sistema de Comércio de Emissões da UE (EU ETS), o maior sistema de preços de carbono do mundo, está a fornecer as receitas para o Fundo

de Inovação do leilão de 450 milhões de licenças de 2020 a 2030, bem como quaisquer fundos não gastos do programa NER300.

Como sucessor do programa NER300, o Fundo de Inovação melhora a divisão de risco para projetos, dando mais financiamento de uma forma mais flexível por meio de um processo de seleção mais simples e também está aberto a projetos de indústrias de uso intensivo de energia. Paralelamente ao Fundo de Inovação, o EU ETS fornece o principal incentivo de longo prazo para a implantação dessas tecnologias (fonte: Comissão Europeia).

Os projetos podem receber apoio de até 60 % dos custos de capital e operacionais da inovação, com a possibilidade de até 40 % do financiamento ser concedido na fase de preparação do projeto. O Fundo irá investir em tecnologias altamente inovadoras, bem como em projetos emblemáticos de grande escala e projetos transversais que podem levar ao decréscimo de emissões em vários setores, incluindo a simbiose industrial e inovação do modelo de negócios. Ao contrário do NER300, os projetos de pequena escala (custos de capital inferiores a 7,5 milhões de euros) também serão elegíveis.

- O Fundo Europeu de Eficiência Energética (eeef) visa, apoiar os objetivos climáticos da União Europeia (quadro UE 2030 para o clima e a energia) para promover um ambiente energético sustentável e promover a proteção do clima através de projetos em cidades, regiões e comunidades europeias, para que estas criem infraestrutura resiliente. Os objetivos do Fundo são: Contribuir para a mitigação das mudanças climáticas e transição para uma infraestrutura resiliente, com eficiência energética e verde

O eeef (<https://www.eeef.lu/eligible-investments.html>) contribui para aumentar a eficiência energética e fomentar a energia renovável na forma de uma parceria público-privada direcionada, principalmente por meio do fornecimento de financiamento específico por meio de financiamento direto e parceria com instituições financeiras. O eeef facilita investimentos sustentáveis no setor público, onde muitas vezes os projetos são impedidos ou desacelerados por restrições orçamentárias e falta de experiência com esse tipo de investimento. No nível de impacto pretendido, o eeef investe a nível da cidade, região e comunidade nos Estados-Membros da UE através do financiamento de tecnologias em eficiência energética, energia renovável em pequena escala e transporte urbano limpo, com todos os projetos a atingir anualmente um mínimo de 20% economia de energia primária ou economia de gases de efeito estufa em comparação com a linha de base. O eeef só pode investir quando as economias de energia ou carbono do projeto, entre outros critérios de investimento, forem atendidas.

Os investimentos diretos incluem empresas desenvolvedoras de projectos, empresas de serviços de energia, energia renovável de pequena escala e serviços de eficiência energética e empresas de fornecimento que atendem aos mercados de eficiência energética e energia renovável nos países-alvo.

- Investimentos em projetos de eficiência energética e energias renováveis na faixa de € 5m

- a € 25m. Os instrumentos de investimento incluem dívida sénior, instrumentos mezanino, estruturas de leasing e perda de empréstimos (em cooperação com parceiros da indústria);
- São possíveis (co-) investimentos de capital em energia renovável ao longo da vida de projetos ou participação de capital em entidades de propósito específico, tanto em cooperação direta com municípios, quanto com entidades públicas e privadas agindo em nome dessas autoridades;
  - Os investimentos em dívida podem ter um vencimento de até 15 anos, os investimentos em capital podem ser adaptados às necessidades das várias fases do projeto;
  - O fundo pode (co-) investir como parte de um consórcio e participar por meio de partilha de risco com um banco local.
- Com o programa ACE concluído em 1991, um fundo separado para a natureza, Ações da UE para a Natureza (Regulamento do Conselho 3907/91, conhecido como ACNAT), foi adotado. Este foi concebido para ajudar a apoiar a implementação da recém-adotada Diretiva Habitats em maio de 1992, numa altura em que a UE estava a expandir a sua competência no domínio da conservação de habitats. A intenção da ACNAT era que as ações para as espécies e locais de aves continuassem a receber apoio no contexto da Diretiva Aves e, além disso, fossem disponibilizados fundos para a conservação de outras espécies e habitats ameaçados.

No evento, entretanto, a ACNAT foi rapidamente substituída pela adoção de um novo fundo ambiental abrangente que visava cinco campos prioritários principais. Com este fundo, e com o seu orçamento da primeira fase de 400 milhões de ecus, nasceu o LIFE I (Regulamento do Conselho 1973/92).

O programa LIFE ([https://cinea.ec.europa.eu/life/about-life\\_en](https://cinea.ec.europa.eu/life/about-life_en)) é o instrumento de financiamento da UE para o ambiente e a ação climática. Criado em 1992, co-financiou milhares de projetos.

A Comissão Europeia propõe aumentar o orçamento do programa LIFE para 5,4 biliões de euros entre 2021 e 2027. Os detalhes do próximo regulamento LIFE, do programa de trabalho plurianual e dos convites à apresentação de propostas relacionados ainda estão em discussão. O novo programa LIFE abrangerá as seguintes áreas:

Natureza e biodiversidade

Economia circular e qualidade de vida

Mitigação e adaptação às mudanças climáticas

Transição de energia limpa.

- O Connecting Europe Facility (CEF) ([https://ec.europa.eu/energy/funding-and-contracts/eu-funding-possibilities-in-the-energy-sector\\_en](https://ec.europa.eu/energy/funding-and-contracts/eu-funding-possibilities-in-the-energy-sector_en)) é o instrumento de financiamento da UE para impulsionar a energia, os transportes e a infraestrutura digital.

Em 2018, o CEF foi renovado para 2021-2027 com um orçamento de € 42,3 biliões para apoiar investimentos em redes de infraestrutura de energia (€ 8,7 biliões), transportes (€ 30,6 biliões)

e digital (€ 3 bilhões). Isto representa um aumento de 47% em comparação com 2014-2020, consulte a ficha técnica do CEF “Orçamento da UE para o futuro” para obter mais informações.

De dois em dois anos, a Comissão Europeia elabora uma lista de projetos de interesse comum da UE (PIC) que podem candidatar-se a financiamento do CEF.

- As call para projectos vão sendo atualizadas no sítio

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/home>

## **6.1 Conclusão**

Este é um momento de passagem, onde estão a ser estruturados e discutidos os financiamentos futuros. Num futuro próximo serão lançadas as call para financiamento em low carbon e climate neutral, onde se inclui a redução do consumo de energia através do uso de um contador inteligente que permita a gestão activa da energia utilizada e a utilizar, educando os consumidores para os seus gastos.



## Capítulo 7

# Conclusões

Numa era de inteligência artificial, a implementação de um contador inteligente que beneficie deste tipo de tecnologia apenas se prende com a pergunta “Quando?”, sendo que essa implementação será uma realidade mais tarde ou mais cedo. Os recuos e avanços dessa implementação dependem da legislação adoptada e da forma como a alfabetização dos consumidores, em termos de energia eléctrica, é feita. Deve ainda ser efetuada uma clarificação cabal perante os consumidores, em termos dos dados recolhidos por parte das empresas de distribuição de energia, de modo a que o consumidor se sinta seguro ao fornecer os seus dados. Essa segurança passa pelo uso de uma transformação dos dados, quando estes são transmitidos ao prestador de serviço. Essa transformação pode ser por exemplo, a eliminação da localização concreta onde os dados foram recolhidos, passando os prestadores a “ver” os dados em termos de regiões (por exemplo, um conjunto de edifícios) não podendo assim fazer um controlo habitação a habitação. Ou seja, na transmissão de dados nas duas direções, deverá existir um codificador que proteja os consumidores.

No que diz respeito à poupança de energia e redução da pegada de carbono, os consumidores têm que ser “treinados” e informados para se tornarem consumidores ativos em relação aos contadores inteligentes. A mera implementação de contadores inteligentes, a menos que seja acompanhada por medidas educacionais adequadas, não causará qualquer diferença nos custos ou no uso eficiente de energia eléctrica.

De realçar que a relação com a energia eléctrica vai ficar muito mais complexa no futuro. Isto irá acontecer devido à produção descentralizada, ao armazenamento de energia em baterias, ao crescimento na mobilidade eléctrica, aos ajustes nas tarifas, à existência (e novos desenvolvimentos) de tarifas dinâmicas, à premiação dos consumidores que façam uso de boas práticas no consumo da energia eléctrica e a valorização do consumo por pessoa.





# Referências

- [1] <https://www.e-redes.pt/pt-pt>
- [2] IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [3] IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- [4] Poorter, Hendrik, and Marta Perez-Soba. "Plant growth at elevated CO<sub>2</sub>." *Encyclopedia of global environmental change 2* (2002): 489-496.
- [5] Nesje, Atle, and Svein Olat Dahl. *Glaciers and environmental change*. Routledge, 2016.
- [6] Golitsyn, G. S., Semenov, A. I., Shefov, N. N., Fishkova, L. M., Lysenko, E. V., & Perov, S. P. (1996). Long-term temperature trends in the middle and upper atmosphere. *Geophysical Research Letters*, 23(14), 1741-1744.
- [7] Kang, Chongqing, Qixin Chen, and Qing Xia. "Prospects of low-carbon electricity." *Power System Technology* 33.2 (2009): 1-7.
- [8] Wackernagel, Mathis, and William Rees. "What is an ecological footprint?." *The sustainable urban development reader* (2004): 211-219.
- [9] Hertwich, Edgar G., and Glen P. Peters. "Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis." *Environmental science technology* 43.16 (2009): 6414-6420.
- [10] Bhojar, Sankesha P., et al. "Understanding the impact of lifestyle on individual carbon-footprint." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 133 (2014): 47-60.

- [11] Weng, Chan Kook, and Kevin Boehmer. "Launching of ISO 14064 for greenhouse gas accounting and verification." *ISO Management Systems* 15 (2006): 14-16.
- [12] Charfeddine, Lanouar. "The impact of energy consumption and economic development on ecological footprint and CO2 emissions: evidence from a Markov switching equilibrium correction model." *Energy Economics* 65 (2017): 355-374.
- [13] Rei, Fernando Cardozo Fernandes, Alcindo Fernandes Gonçalves, and Luciano Pereira de Souza. "Acordo de Paris: Reflexões e desafios para o regime internacional de mudanças climáticas." *Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável* 14.29 (2017): 81-99.
- [14] Faaij, Andre, David Jager, and Marcel Kok, eds. *Global warming and social innovation: the challenge of a climate neutral society*. Routledge, 2013.
- [15] Agarwal, Ramesh K. "Sustainable (green) aviation: challenges and opportunities." *SAE International Journal of Aerospace* 2.2009-01-3085 (2009): 1-20.
- [16] Convery, Frank J. "Origins and development of the EU ETS." *Environmental and Resource Economics* 43.3 (2009): 391-412.
- [17] Kemfert, Claudia. "Green deal for Europe: More climate protection and fewer fossil fuel wars." *Intereconomics* 54.6 (2019): 353-358.
- [18] Torgal, Fernando Pacheco. "Breve análise da estratégia da União Europeia (UE) para a eficiência energética do ambiente construído." *Ambiente construído* 13.4 (2013): 203-212.
- [19] Frank, Stefan, et al. "Dynamics of the land use, land use change, and forestry sink in the European Union: the impacts of energy and climate targets for 2030." *Climatic Change* 138.1 (2016): 253-266.
- [20] Nordhaus, William D., and Joseph G. Boyer. "Requiem for Kyoto: an economic analysis of the Kyoto Protocol." *The Energy Journal* 20.Special Issue-The Cost of the Kyoto Protocol: A Multi-Model Evaluation (1999).
- [21] Babiker, Mustafa, John M. Reilly, and Henry D. Jacoby. "The Kyoto Protocol and developing countries." *Energy Policy* 28.8 (2000): 525-536.
- [22] Böhringer, Christoph. "The Kyoto protocol: a review and perspectives." *Oxford Review of Economic Policy* 19.3 (2003): 451-466.
- [23] Schwartz, T., Deneff, S., Stevens, G., Ramirez, L., Wulf, V. (2013, April). Cultivating energy literacy: results from a longitudinal living lab study of a home energy management system. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1193-1202).
- [24] Burgess, Jacquelin, and Michael Nye. "Re-materialising energy use through transparent monitoring systems." *Energy policy* 36.12 (2008): 4454-4459.
- [25] Darby, S. (2001). *Making it obvious: designing feedback into energy consumption*. In *Energy efficiency in household appliances and lighting* (pp. 685-696). Springer, Berlin, Heidelberg.

- [26] Pierce, J. and Paulos, E., Materializing energy, In Proc. DIS 2009, ACM Press (2009), 113-122.
- [27] Sheldrick, B. and Macgill, S., Local energy conservation initiatives in the UK: Their nature and achievements, *Energy Policy*, 16 (1988), 562 - 578.
- [28] Stern, P. C., What Psychology Knows About Energy Conservation, *American Psychologist*, 47 (1992).
- [29] Ayres, Ian, Sophie Raseman, and Alice Shih. "Evidence from two large field experiments that peer comparison feedback can reduce residential energy usage." *The Journal of Law, Economics, and Organization* 29.5 (2013): 992-1022.
- [30] Darby, S., The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays, Oxford, 2006, 21.
- [31] DiSalvo, C., Sengers, P., and Brynjarsdóttir, H., Mapping the landscape of sustainable HCI, In Proc. CHI 2010, ACM Press (2010), 1975.
- [32] Fitzpatrick, G. and Smith, G., Technology-Enabled Feedback on Domestic Energy Consumption: Articulating a Set of Design Concerns, *IEEE Pervasive Computing*, 8 (2009), 37-44.
- [33] Schwartz, T., Betz, M., Ramirez, L., and Stevens, G., Sustainable energy practices at work: understanding the role of workers in energy conservation, In Proc. NordiCHI 2010, ACM Press (2010), 452-462.
- [34] Brounen, Dirk, Nils Kok, and John M. Quigley. "Energy literacy, awareness, and conservation behavior of residential households." *Energy Economics* 38 (2013): 42-50.
- [35] Brounen, Dirk, and Nils Kok. "On the economics of energy labels in the housing market." *Journal of Environmental Economics and Management* 62.2 (2011): 166-179.
- [36] Dewey, J., *Logic: The Theory of Inquiry*, John Dewey The Later Works, 12 (1938), viii, 546.
- [37] Herrmann, M. R., Brumby, D. P., Oreszczyn, T., Gilbert, X. M. (2018). Does data visualization affect users' understanding of electricity consumption?. *Building Research Information*, 46(3), 238-250.
- [38] Herrmann, M. R., Brumby, D. P., Cheng, L., Gilbert, X. M., Oreszczyn, T. (2021). An Empirical Investigation of Domestic Energy Data Visualizations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 102660.
- [39] Brandsma, Jeroen S., and Julia E. Blasch. "One for all?—The impact of different types of energy feedback and goal setting on individuals' motivation to conserve electricity." *Energy Policy* 135 (2019): 110992.
- [40] DeSombre, Elizabeth R. *Why good people do bad environmental things*. Oxford University Press, 2018.

- [41] Martins, Ana, Mara Madaleno, and Marta Ferreira Dias. "Energy literacy: What is out there to know?." *Energy Reports* 6 (2020): 454-459.
- [42] Reis, Inês FG, Marta AR Lopes, and Carlos Henggeler Antunes. "Energy literacy: an overlooked concept to end users' adoption of time-differentiated tariffs." *Energy Efficiency* 14.4 (2021): 1-28.
- [43] Arsenault, Raymond. "The end of the long hot summer: The air conditioner and southern culture." *The Journal of Southern History* 50.4 (1984): 597-628.
- [44] Tierie, Gerrit. *Cornelis Drebbel*. Vol. 3. Amsterdam, 1932.
- [45] Gauvin, Jean-François. "The Instrument That Never Was: Inventing, Manufacturing, and Branding Réaumur's Thermometer During the Enlightenment." *Annals of science* 69.4 (2012): 515-549.
- [46] Buckman, A.H., Mayfield, M. and B.M. Beck, S. (2014), "What is a Smart Building?", *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. 3 No. 2, pp. 92-109. <https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2014-0003>
- [47] Dong, Bing, et al. "A review of smart building sensing system for better indoor environment control." *Energy and Buildings* 199 (2019): 29-46.
- [48] Shah, Abdul Salam, et al. "A review on energy consumption optimization techniques in IoT based smart building environments." *Information* 10.3 (2019): 108.
- [49] Kastner, Marc A. "The single-electron transistor." *Reviews of modern physics* 64.3 (1992): 849.
- [50] Merritt, Bob. "The digital revolution." *Synthesis Lectures on Emerging Engineering Technologies* 2.4 (2016): 1-109.
- [51] Paloque-Bergès, Camille, and Valérie Schafer. "Arpanet (1969–2019)." *Internet Histories* 3.1 (2019): 1-14.
- [52] Clarke, Keith C., and Jeffrey J. Hemphill. "The Santa Barbara oil spill: A retrospective." *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers* 64 (2002): 157-162.
- [53] Plageras, Andreas P., et al. "Efficient IoT-based sensor BIG Data collection–processing and analysis in smart buildings." *Future Generation Computer Systems* 82 (2018): 349-357.
- [54] Qolomany, Basheer, et al. "Leveraging machine learning and big data for smart buildings: A comprehensive survey." *IEEE Access* 7 (2019): 90316-90356.
- [55] Yudelson, Jerry. *Green building trends: Europe*. Island Press, 2012.
- [56] Lifset, Robert D. "A new understanding of the American energy crisis of the 1970s." *Historical Social Research/Historische Sozialforschung* (2014): 22-42.
- [57] Amirhosein Ghaffarianhoseini, Umberto Berardi, Husam AlWaer, SeongjuChang, Edward Halawa, Ali Ghaffarianhoseini Derek Clements-Croome (2016) *What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective*, *Architectural Science Review*, 59:5, 338-357, DOI: 10.1080/00038628.2015.1079164

- [58] Torriti, Jacopo. *Appraising the economics of smart meters: Costs and benefits*. Routledge, 2020.
- [59] Hofmann, James R. *André-Marie Ampère: Enlightenment and Electrodynamics*. Vol. 7. Cambridge University Press, 1996.
- [60] Geddes, Leslie A., and L. E. Geddes. "How did Georg Simon Ohm do it?[Ohm's law]." *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 17.3 (1998): 107-109.
- [61] Dias, Valéria Silva, and Roberto de Andrade Martins. "Michael Faraday: o caminho da livreria à descoberta da indução eletromagnética." *Ciência Educação (Bauru)* 10.3 (2004): 517-530.
- [62] Cardwell, Donald Stephen Lowell. "On Michael Faraday, henry wilde, and the dynamo." *Annals of science* 49.5 (1992): 479-487.
- [63] Adair, Gene. *Thomas Alva Edison: Inventing the Electric Age*. Oxford University Press, 1996.
- [64] Katzir, Shaul. "Hermann Aron's electricity meters: Physics and invention in late nineteenth-century Germany." *Historical studies in the natural sciences* 39.4 (2009): 444-481.
- [65] Carlson, W. B. "INVENTION, SCIENCE, AND BUSINESS: THE PROFESSIONAL CAREER OF ELIHU THOMSON, 1870-1900 (TECHNOLOGY, ELECTRICITY, GENERAL ELECTRIC)." (1986): 0248-0248.
- [66] Carlson, W. Bernard. *Tesla: Inventor of the electrical age*. Princeton University Press, 2015.
- [67] Mitolo, M., and M. Tartaglia. "Galileo Ferraris-A Life Dedicated to the Electric Sciences [History]." *IEEE Industry Applications Magazine* 22.5 (2016): 8-11.
- [68] Terry, Charles A. "Oliver Blackburn Shallenberger: A memorial." *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers* 15.1 (1898): 744-753.
- [69] Uribe-Pérez, N., Hernández, L., De la Vega, D., Angulo, I. (2016). State of the art and trends review of smart metering in electricity grids. *Applied Sciences*, 6(3), 68.
- [70] Živic, Nataša S., Obaid Ur-Rehman, and Christoph Ruland. "Evolution of smart metering systems." *2015 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*. IEEE, 2015.
- [71] Avancini, D. B., Rodrigues, J. J., Martins, S. G., Rabêlo, R. A., Al-Muhtadi, J., Solic, P. (2019). Energy meters evolution in smart grids: A review. *Journal of cleaner production*, 217, 702-715.
- [72] Leiva, Javier, Alfonso Palacios, and José A. Aguado. "Smart metering trends, implications and necessities: A policy review." *Renewable and sustainable energy reviews* 55 (2016): 227-233.
- [73] Garcia, F. D., Marafão, F. P., de Souza, W. A., da Silva, L. C. P. (2017, March). Power metering: History and future trends. In *2017 Ninth Annual IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)* (pp. 26-33). IEEE.
- [74] Khazaei, Mohammad, Lina Stankovic, and Vladimir Stankovic. "Trends and challenges in smart metering analytics." (2019): 111-117.

- [75] Diahovchenko, Illia, et al. "Progress and challenges in smart grids: distributed generation, smart metering, energy storage and smart loads."Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering (2020): 1-15.
- [76] Van Aubel, Pol, and Erik Poll. "Smart metering in the Netherlands: what, how, and why."International Journal of Electrical Power Energy Systems 109 (2019): 719-725.
- [77] Lloret, J., Tomas, J., Canovas, A., Parra, L. (2016). An integrated IoT architecture for smart metering. IEEE Communications Magazine, 54(12), 50-57.
- [78] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, 2012/27/EU. Official Journal of the European Union, L315/1. 2012. Available online: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32012L0027>
- [79] Oprea, Simona-Vasilica, and Adela Bara. "Machine learning algorithms for short-term load forecast in residential buildings using smart meters, sensors and big data solutions."IEEE Access 7 (2019): 177874-177889.
- [80] Torriti, J. (2012). Price-based demand side management: Assessing the impacts of time-of-use tariffs on residential electricity demand and peak shifting in Northern Italy. Energy, 44(1), 576–583.
- [81] Alberini, A., Prettico, G., Shen, C., Torriti, J. (2019). Hot weather and residential hourly electricity demand in Italy. Energy, 177, 44–56.
- [82] Van Gerwen, R., Koenis, F., Schrijner, M., Widdershoven, G. (2010). Smart Meters in the Netherlands. Revised financial analysis and policy advice (No. KEMA–30920580-CONSULTING-10–1193). KEMA.
- [83] Hoenkamp, R., Huitema, G. B., de Moor-van Vugt, A. J. (2011). The neglected consumer: The case of the smart meter rollout in the Netherlands. Renewable Energy Law Policy Review, 2, 269–282.
- [84] European Commission. (2014). Cost-benefit analyses state of play of smart metering deployment in the EU-27 (Report Number: 52014SC0189).
- [85] Anderson, Ross, and Shailendra Fuloria. "Who controls the off switch?."2010 First IEEE International Conference on Smart Grid Communications. IEEE, 2010.
- [86] Khattak, Asad Masood, Salam Ismail Khanji, and Wajahat Ali Khan. "Smart meter security: Vulnerabilities, threat impacts, and countermeasures."International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication. Springer, Cham, 2019.
- [87] Anderson, Ross, and Shailendra Fuloria. "Smart meter security: a survey."University of Cambridge Computer Laboratory, United Kingdom (2011).

- [88] Fuster, Gloria González, and Lina Jasmontaite. "Cybersecurity Regulation in the European Union: The Digital, the Critical and Fundamental Rights." *The Ethics of Cybersecurity*. Springer, Cham, 2020. 97-115.
- [89] Otani, Tetsuo. "A primary evaluation for applicability of IEC 62056 to a Next-Generation power grid." 2010 First IEEE International Conference on Smart Grid Communications. IEEE, 2010.
- [90] Tabrizi, Farid Molazem, and Karthik Pattabiraman. "A model-based intrusion detection system for smart meters." 2014 IEEE 15th International Symposium on High-Assurance Systems Engineering. IEEE, 2014.
- [91] Knyrim, Rainer, and Gerald Trieb. "Smart metering under EU data protection law." *International Data Privacy Law* 1.2 (2011): 121-128.
- [92] Edwards, Lilian. "Privacy, security and data protection in smart cities: A critical EU law perspective." *Eur. Data Prot. L. Rev.* 2 (2016): 28.
- [93] Baumgart, Max. "A (legal) challenge to privacy: on the implementation of smart meters in the EU and the US." *Research handbook on EU energy law and policy*. Edward Elgar Publishing, 2017.
- [94] McKenna, Eoghan, Ian Richardson, and Murray Thomson. "Smart meter data: Balancing consumer privacy concerns with legitimate applications." *Energy Policy* 41 (2012): 807-814.
- [95] Cuijpers, Colette, and Bert-Jaap Koops. "Smart metering and privacy in Europe: Lessons from the Dutch case." *European data protection: coming of age*. Springer, Dordrecht, 2013. 269-293.
- [96] Lee, Dasom, and David J. Hess. "Data privacy and residential smart meters: Comparative analysis and harmonization potential." *Utilities Policy* 70 (2021): 101188.
- [97] Ross Anderson, The Foundation for Information Policy Research: Consultation response on Smart Meters, Foundation for Information Policy Research, Cambridge, January 2010.
- [98] Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC, [2009] L211/55.
- [99] Directive 2009/73/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in natural gas and repealing Directive 2003/55/EC, [2009] L211/94.
- [100] Directive 95/46/EC of the European Parliament and the Council of 24 October 1995 on the protection of individuals with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, [1995] OJ L281/31.
- [101] Hancher, Leigh, Adrien de Houteclocque, and Malgorzata Sadowska, eds. *Capacity mechanisms in the EU energy market: law, policy, and economics*. Oxford University Press, USA, 2015.
- [102] Talus, Kim. *EU energy law and policy: a critical account*. Oxford University Press, 2013.

- [103] European Commission, 2016. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0679from=EN>. (Accessed 10 May 2021).
- [104] European Parliament, 2019. Directive EU 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944>. (Accessed 10 May 2021).
- [105] CNIL, 2014. Loi Informatique et Libertes Act No 78-17 of January 1978 on information technology, data files and civil liberties. <https://www.cnil.fr/sites/default/files/typo/document/Act78-17VA.pdf>. (Accessed 10 May 2021).
- [106] Government of France, 2018. Loi n° 2018-493 du 20 juin 2018 relative a la protection des donnees personnelles (1). <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2018/6/20/JUSC1732261L/jo/texte>. (Accessed 18 January 2021).
- [107] De Minister van Justitie, 2018. Wet Bescherming Persoonsgegevens. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0011468/2018-05-01Hoofdstuk3>. (Accessed 10 May 2021).
- [108] Persoonsgegevens, Autoriteit, 2020a. Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG). <https://autoriteitpersoonsgegevens.nl/nl/over-privacy/wetten/algemene-verordening-gegevensbescherming-avg>. (Accessed 10 May 2021).
- [109] De Minister van Justitie en Veiligheid, 2018. Uitvoeringswet Algemene Verordening Gegevensbescherming. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040940/2018-05-25>. (Accessed 10 May 2021).
- [110] Olje- og energidepartementet, 2018. Lov Om Produksjon, Omforming, Overføring, Omsetning, Fordeling Og Bruk Av Energi m.M. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1990-06-29-50?q=energilov>. (Accessed 10 May 2021).
- [111] Justis- og beredskapsdepartementet, 2018. Lov Om Behandling Av Personopplysninger (Personopplysningsloven). [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2018-06-15-38/\\*KAPITTEL\\_3](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2018-06-15-38/*KAPITTEL_3).
- [112] UK Parliament, 2018a. Smart Meters Act 2018. <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2018/14/data.pdf>. (Accessed 18 January 2021).
- [113] UK Parliament, 2018b. Data Protection Act 2018. <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2018/12/data.pdf>. (Accessed 18 January 2021).
- [114] Laffan, Brigid. The finances of the European Union. Macmillan International Higher Education, 1997.
- [115] Claeys, Grégory, Simone Tagliapietra, and Georg Zachmann. How to make the European Green Deal work. Bruegel, 2019.