

1 2 9 0



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Telma Lopes Rodrigues

REPRESENTAÇÕES ILUSTRATIVAS
UM ARTEFATO COMPUTACIONAL

Dissertação no âmbito do Mestrado em Design e Multimédia, orientada pela professora Doutora Catarina Maçãs e pela professora Ana Cláudia Rodrigues e apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2022

Orientação

Professora Doutora Catarina Maçãs
Professora Ana Cláudia Rodrigues

Júri Arguente

Professor Doutor António Olaio

Júri Vogal

Professor Doutor Licínio Roque

Universidade de Coimbra
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Dissertação de Mestrado em Design e Multimédia

Telma Lopes Rodrigues

Representações Ilustrativas

Um artefato computacional

setembro de 2022



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Agradecimentos

Antes de mais quero agradecer aos meus pais por me terem proporcionado a oportunidade de ingressar no ensino superior. Sem eles, não teria chegado onde estou hoje. Quero agradecer pela ajuda, preocupação e incentivo em dar o meu melhor mesmo quando o fim não se vê à vista.

Dei tudo, muito graças ao apoio da minha irmã Ângela, que esteve presente em todo o processo, com os seus conselhos sábios e palavras calmas nos momentos mais complicados.

Tenho muito a agradecer ao meu Ed, porque sem ele, não teria conseguido ir tão longe. Foi um pilar nesta jornada. Incentivou-me, abriu horizontes, confiou no meu trabalho e sempre teve uma palavra de conforto em todos os momentos.

Um agradecimento enorme à minha orientadora Catarina Maçãs por toda a partilha de conhecimento, empenho, disponibilidade em ajudar, persistência e rigorosidade. Sem a professora, o projeto não teria chegado onde chegou. Obrigada, professora! Obrigada por nos momentos mais complicados, ter sempre aquela palavra amiga, e aquela boa energia, que tornava os problemas um pouco mais fáceis de lidar.

Deixo ainda, um agradecimento especial à minha co-orientadora Ana Cláudia Rodrigues, pelos conselhos e sugestões ao longo do projeto. Obrigada pelo seu contributo, foi essencial!

Por fim, dedico a minha dissertação à minha avó Helena e à minha madrinha Margarida.

“When you visualize, then you materialize”.

— Denis Waitley (1924).

Resumo

A facilidade de acesso a dados e a democratização dos meios tecnológicos favoreceram o aparecimento de novas formas de representação de dados, em particular na área de Data Aesthetics. Esta área diferencia-se da área de visualização de informação, pelo maior foco no lado estético da visualização ao invés da funcionalidade.

Com o pressuposto de consciencializar os indivíduos para o impacto do consumo energético no ambiente, propusemos e desenvolvemos um artefato computacional, assente na metáfora visual, que une as áreas de Data Aesthetics e Design de Interação. A investigação realizada revelou a escassez de projetos de Data Aesthetics que explorem a influência do consumo de energia usada na internet no ambiente. A grande maioria dos projetos analisa apenas uma das áreas (ambiente, consumo de energia e/ou internet).

O artefato computacional é exposto no painel interativo dividido em três painéis: (i) o painel esquerdo representa os países com menor impacto de consumo energético no ambiente; (ii) o painel central contém uma representação abstrata sobre o consumo energético relativo à internet no Departamento de Engenharia Informática (DEI); e (iii) o painel direito representa os países com maior impacto energético no ambiente.

Com a disposição dos três painéis num único artefato interativo pretendeu-se estabelecer uma relação entre o consumo energético na União Europeia (UE) e o consumo energético do DEI da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), local onde o artefato foi implementado.

Palavras-chave

Visualização de informação; Design de Interação; ambiente; internet; energia.

Abstract

The simplified access to data and the democratization of technological means have favoured the emergence of new forms of data representation, particularly in the area of Data Aesthetics. Although this area shares some knowledge with the information visualization area, it focuses more on the aesthetic side rather than functionality.

To make human individuals more aware of the impact of energy consumption on the environment, we proposed and developed a computational artefact based on the visual metaphor that unites the areas of Data Aesthetics and Interaction Design. The investigation revealed the scarcity of Data Aesthetics projects that explore the influence of energy consumption on the internet on the environment. The vast majority of projects analyze only one of the areas (environment, energy consumption and internet).

The computational artefact displayed in the interactive panel was divided into three parts: (i) the left panel represents the countries with the lowest energy consumption impact on the environment; (ii) the central panel contains an abstract representation of the energy consumption related to the internet in the DEI; and (iii) the right panel represents the countries with the most significant energy impact on the environment.

The arrangement of the three panels in a single interactive artefact intended to establish a relationship between energy consumption in the European Union (EU) and the energy consumption of the Department of Informatics Engineering (DEI) of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra (FCTUC) - location where the artefact was deployed.

Keywords

Data Visualization; Interaction Design; environment; internet; energy.

Índice

Acrónimos	I
Índice de figuras	II
Índice de gráficos	V
Índice de tabelas	VII
1. Introdução	1
1.1 Motivação	4
1.2 Objetivos	5
1.3 Estrutura da dissertação	6
2. Estado de arte	7
2.1 <i>Data Aesthetics</i>	8
2.1.1 Contextualização de Visualização de Informação	8
2.1.2 Evolução histórica de <i>Data Aesthetics</i>	13
2.2 Design de Interação	22
2.3 Poder expressivo de Design	26
2.3.1 Metáfora	26
2.3.2 Narrativa	30
2.4 Trabalhos relacionados	34
2.5 Considerações dos projetos analisados	40
3. Metodologias e plano de trabalho	42
3.1 Metodologias	42
3.2 Plano de trabalho	44
4. Projeto prático	48
4.1 Contextualização do exercício projetual	48
4.2 Objetivos e mensagem	52
4.3 Descrição do projeto	53
4.4 Público-alvo	54
4.5 Dados a apresentar	55
4.6 Metáfora visual	70
4.7 Resultados preliminares	72
4.7.1 Esboços	73
4.7.2 Protótipos iniciais	73

4.8 Resultados finais	75
4.8.1 Linguagem gráfica	75
4.8.2 Esboços intermédios	78
4.8.3 Implementação do projeto	88
4.8.4 Interação	96
5. Testes de usabilidade	101
5.1 Testes de interação	101
5.1.1 Participantes	101
5.1.2 Metodologia	102
5.1.3 Resultados	104
5.2 Testes de percepção	111
5.2.1 Participantes	111
5.2.2 Metodologia	112
5.2.3 Resultados	123
6. Conclusão e projeção futura	127
Referências bibliográficas	130
Anexos	137
A) Resultado do processo de desenvolvimento	137
A.1 Resultados preliminares	137
A.2 Resultados finais	138
A.3 Painel interativo	145
B) Testes de usabilidade	146
B.1 Testes de interação	146
B.2 Testes de percepção	148

Acrónimos

CISUC — Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra

CO₂ — Dióxido de carbono

Representa a libertação de CO₂ de combustíveis fósseis e outros gases im-
postos pelo ser humano.

DEI — Departamento de Engenharia Informática

Departamento pertencente à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Univer-
sidade de Coimbra.

FCTUC — Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

GHG — Greenhouse gases

Gás que absorve e emite energia por gases presentes na atmosfera, causan-
do os gases de efeito de estufa.

GWh — Gigawatts por hora

Quantidade de energia transmitida em gigawatts multiplicada pelo número de
horas que a energia permanece no sistema.

ICT — Tecnologias de informação e comunicação

Abrange qualquer produto que transmita, receba, armazene, recupere ou ma-
nipule informação em formato digital.

I&D - Investigação e Desenvolvimento

Atividades conduzidas por unidades especializadas ou centros de pesquisa
que definem a tecnologia como o conjunto de conhecimentos de métodos e
consolidação do sistema científico moderno.

IoT - Internet of Things

Tecnologias e métodos de rede que ligam objetos físicos à internet.

Kt — Quilotonelada

MQTT — Message Queuing Telemetry Transport

PIB — Produto interno Bruto

UE — União Europeia

União económica e política dos 27 estados membros localizados na Europa.

Índice de figuras

Figura 1. Moção planetária representada através da inclinação cíclica ao longo do tempo. Desenhado por um autor desconhecido no séc. X (Friendly et al., 2008).

Figura 2. Atlas comercial e político realizado por William Playfair, 1786 (Playfair, n.d.).

Figura 3. Parte do mapa “New and Correct Sea Chart Shewing the Variations in the Compass in the Western and Southern Ocean”, publicado em 1701 e realizado por Edmond Halley (Friendly et al., 2008).

Figura 4. “Carte Figurative of the Napoleon’s Russian Campaign of 1812”, desenvolvida por Charles Minard em 1869 (Minard, n.d.).

Figura 5. “Rose Chart” desenvolvido por Florence Nightingale, 1858 (Staal et al., n.d.).

Figura 6. Semiology of Graphics (Bertin, 2011).

Figura 7. Reflexão do processamento estético (Jacobsen, 2006).

Figura 8—9. “Carbon Dioxide Emissions” (Fragapane, 2015).

Figura 10. Legenda representativa do projeto “Extinct Plants” (Lavergne, 2020).

Figura 11. Processo de trabalho desde a filtragem à representação dos dados (Lavergne, 2020).

Figura 12 — 13. “Writing without words” (Posavec, 2008).

Figura 14. “Dear Data” (Lupi & Posavec, 2015).

Figura 15. “Poppy Field” (D’Efilippo, 2013).

Figura 16. “CNN Ecoshpere”, (iF Design Award, 2013).

Figura 17—18. “Whisper” e metáfora do projeto associado ao girassol, (Cao et al., 2012).

Figura 19. Visualização interactiva “Um Ecossistema Político” de Pedro Cruz (Cruz, 2013). Link para visualização do ecossistema interativo: <https://pmcruz.com/eco/>.

Figura 20 — 21. “Visualizing Empires Decline” (Cruz & Machado, 2011).

Figura 22. “U.S Gun Deaths”(Periscopic et al., 2013).

Figura 23—34 . “A Day in Life of Americans” e representação das atividades ao acordar (Yau, 2015).

Figura 25—26. Legenda do projeto “One Angry Bird” e representação do discurso de Donald Trump (Schrauf & Periscopic, n.d.).

Figura 27. “Out of Sight, Out of Mind” (Pitch Interactive et al., 2013).

Figura 28—29. “The Stories behind a line” e narrativa de um exilado proveniente da Líbia (Fragapane & Piacentini, 2016).

Figura 30. Mural gráfico de “24 hours - The Ecology and Energy of our flux”, em colaboração com a EDP Inovação (DotDotDot, 2021).

Figura 31–32. “Power Rings - Energy Consumption in Portugal” (DotDotDot, 2021).

Figura 33–34. “The CO2 Mixer - Identifying Human Impact” (DotDotDot, 2021). Vídeo da performance no seguinte link: <https://vimeo.com/551817365>.

Figura 35–36. “Planet Calls - Imagining Climate Change” (DotDotDot, 2021).

Figura 37–38. Esta obra é parte da instalação “Planet Calls- Imagining Climate Change” (DotDotDot, 2021). Vídeo demonstrativo da exposição “Earth Bits - Sensing the Planetary”: <https://ext.maat.pt/cinema/earth-bits-sensing-planetary>.

Figura 41–43. “7000 oaks and counting” (Holmes, 2007).

Figura 44–48. “Waves to waves to waves” (Sugrue & Stewart, 2008).

Figura 49–50. “Opte Project” realizado por Barret Lyon, 2003 (Lyon, 2003). Vídeo exploratório disponível no seguinte url: <https://www.opte.org/the-internet>.

Figura 51–52. “Pure data read as Pure data” (Maigret, 2010).

Figura 53. Relação entre a metodologia de Design Research e metodologia de Visualização de Informação.

Figura 54. Plano de trabalho delineado e realizado no 1.º semestre.

Figura 55. Plano de trabalhos projeto vs realizado no 2.º semestre.

Figura 56. Análise do impacto do uso de internet.

Figura 57. Estudo representativo inicial da forma orgânica da planta.

Figura 58. Representação da variável da pegada ecológica e respectiva legenda.

Figura 59. Espectro de cor referente à biodiversidade por pessoa e representação da biodiversidade em Portugal.

Figura 60. *Storyboard* realizado com base na metáfora “raiz do problema” e o ciclo de vida da planta.

Figura 61. Visualização espacial dos painéis interativos.

Figura 62. Paleta de cores e relação entre os dados do painel esquerdo e direito.

Figura 63. Paleta de cores e relação entre os dados categorias do painel central.

Figura 64. Associação entre a forma e os dados.

Figura 65. Composição das formas — representação visual do Luxemburgo.

Figura 66. Esboços em papel da 1.ª fase de reformulação do painel esquerdo e direito.

Figura 67. Posições geográficas exemplificativas dos 27 estados-membros da UE.

Figura 68. Haste da representação visual.

Figura 69. Representação visual da vista gera do painel esquerdo e direito na fase inicial.

Figura 70. Representação intermédia do painel esquerdo e direito.

Figura 71. Mapeamento de cada dado da vista geral (fase intermédia).

Figura 72. Vista país da Hungria e Polónia na fase inicial.

Figura 73. Erros na fase inicial de implementação da vista país.

Figura 74. Aplicação da cor e relação entre os dados (fase intermédia da vista geral).

Figura 75. Mapeamento visual (fase intermédia da vista geral).

Figura 76. Fase intermédia da vista país.

Figura 77. Fase inicial da vista de Portugal (painel central).

Figura 78. Fase final da vista de Portugal (painel central).

Figura 79 e 80. “Delicate Tension. No 85” (Kandinsky, 1923) e “Autumn Rhythm: No.30” (Pollock, 1950).

Figura 81. Esboços do ecossistema desenvolvidos em illustrator.

Figura 82. Círculos pretos correspondentes ao diâmetro de cada país da UE.

Figura 83. Mapeamento visual do painel esquerdo e direito.

Figura 84. Resultado final da vista geral.

Figura 85. Resultado final da vista país.

Figura 86. Resultado final da vista de Portugal.

Figura 87. Regras comportamentais dos organismos.

Figura 88 —93. Desenvolvimento do ecossistema em Processing.

Figura 94. Folheto informativo.

Figura 95. Fluxo de interação com o artefato.

Figura 96. Funcionamento e leitura do rotary encoder.

Figura 97. Caixa criada para o painel esquerdo e direito.

Figura 98. Folheto informativo e caixa entregue ao utilizador.

Figura 99—101. Fotos tiradas no decorrer do teste de usabilidade.

Figura 102. Fluxo de ações projetado no 1.º semestre.

Figura 103. Vista país dos países da UE e ideia de representação visual por ano.

Figura 104. Fase intermédia da vista país (painel esquerdo e direito).

Figura 105. Fase final da vista país (painel esquerdo e direito).

Figura 106. Vista geral (painel interativo).

Figura 107. Vista país (painel interativo).

Figura 108. Imagens referentes ao teste de interação.

Figura 109. Imagens referentes ao teste de percepção.

Índice de gráficos

Gráfico 1. Crescimento do uso de eletricidade em data centers entre 2010 e 2030 (em terawatts-hora) (SG & Edler, 2015).

Gráfico 2. Número de população nos países da UE entre 2000 e 2020.

Gráfico 3. Consumo de energia na UE.

Gráfico 4. Consumo de energia por habitante nas cidades portuguesas entre 2011 e 2020.

Gráfico 5. Largura de banda dos países na UE entre 2007 e 2020.

Gráfico 6. Gráfico relativo à percentagem de população que usou internet na UE entre 2000 e 2020.

Gráfico 7. Gráfico relativo à frequência de uso de internet na UE entre 2000 e 2020.

Gráfico 8. Energia renovável na UE.

Gráfico 9. Energia proveniente de combustíveis fósseis na UE.

Gráfico 10. Energia nuclear na UE.

Gráfico 11. Ghg do sector energético na UE.

Gráfico 12. Ranking de consumo de energia na UE.

Gráfico 13 – 15. Ranking de consumo de energia de internet, utilizadores e frequência de uso de internet na UE.

Gráfico 16. Ranking de energia renovável na UE.

Gráfico 17. Distribuição da faixa etária dos participantes.

Gráfico 18. Distribuição da área profissional dos participantes.

Gráfico 19. Relação entre a formação académica dos participantes e o tempo das tarefas realizadas.

Gráfico 20. Compreensão do folheto informativo (pergunta 3).

Gráfico 21. Associação dos países à localização geográfica da UE.

Gráfico 22. Compreensão do ecossistema (pergunta 5).

Gráfico 23. Relevância do projeto para a comunidade (pergunta 8).

Gráfico 24. Apreciação global do projeto (pergunta 9).

Gráfico 25. Distribuição da faixa etária dos participantes.

- Gráfico 26.** Distribuição do género dos participantes.
- Gráfico 27.** Distribuição da área profissional dos participantes.
- Gráfico 28.** Consciencialização da comunidade para os problemas ambientais.
- Gráfico 29.** Fatores com influência positiva no ambiente.
- Gráfico 30.** Fatores com influência negativa no ambiente.
- Gráfico 31.** Distinção dos painéis consoante a posição geográfica dos países da UE (pergunta 7).
- Gráfico 32.** Comparação entre representações visuais dos países (pergunta 8).
- Gráfico 33.** Valores de consumo de energia total por habitante nos países da UE (pergunta 9).
- Gráfico 34.** Distinção dos dados das representações visuais.
- Gráfico 35—37.** Divergência de resultados na pergunta 11.1.
- Gráfico 38—40.** Resultados da pergunta 11.2.
- Gráfico 41—43.** Compreensão do ecossistema (pergunta 11.4).
- Gráfico 44.** Resultados da pergunta 12.1.
- Gráfico 45—47.** Identificação visual dos dados.
- Gráfico 48.** Distribuição dos problemas de interpretação identificados pelos participantes.
- Gráfico 49—51.** Apreciação das representações visuais.
- Gráfico 52—54.** Relevância do projeto para a comunidade.

Índice de tabelas

- Tabela 1.** Exploração do projeto “Earth Bits - Sensing the Planetary”.
- Tabela 2.** Análise do projeto “Hydrogen Atom”.
- Tabela 3.** Análise do projeto “7000 oaks and counting”.
- Tabela 4.** Estudo da instalação “Waves to waves to waves”.
- Tabela 5.** Análise da visualização “Opte Project”.
- Tabela 6.** Estudo do projeto “Pure data read as Pure data”.
- Tabela 7.** Tabela relativa aos projetos relacionados com o ambiente.
- Tabela 8.** Tabela relativa aos projetos relacionados com a internet.
- Tabela 9.** Conjunto de dados analisados.
- Tabela 10.** Ranking de consumo energético dos países da UE entre 2000 e 2020.
- Tabela 11.** Ranking energético das regiões portuguesas entre 2011 e 2020.
- Tabela 12.** Ranking de países mais consumidores de energia entre 2000 e 2020.
- Tabela 13.** Ranking de utilizadores de internet na UE.
- Tabela 14.** Ranking de países com maior frequência de uso de internet na UE.
- Tabela 15.** Ranking de energias renováveis na UE.
- Tabela 16.** Ranking de combustíveis fósseis na UE.
- Tabela 17.** Ranking de energia nuclear na UE.
- Tabela 18.** Ranking de países com maior intensidade de GHG face a Portugal.
- Tabela 19.** Ranking face à população, energia, combustíveis fósseis e ghg .
- Tabela 20.** Países do painel esquerdo e direito conforme os seus rankings.
- Tabela 21.** Probabilidades face a todos os países da UE (2007—2020).
- Tabela 22.** Tempos das tarefas e tópicos de observações dos participantes.
- Tabela 23.** Observações gerais dos participantes no teste interativo.
- Tabela 24.** Problemas interativos descritos pelos participantes.
- Tabela 25.** Mudanças na interação (pergunta 7).
- Tabela 26.** Análise da pergunta 7 face ao background dos participantes.
- Tabela 27.** Análise da pergunta 8.
- Tabela 28.** Análise da pergunta 9.
- Tabela 29.** Problemas interpretativos identificados pelos utilizadores no artefato.
- Tabela 30.** Mudanças sugeridas pelos utilizadores no teste de percepção.

1. Introdução

A crescente disponibilidade de dados despertou o interesse na comunicação e visualização de dados sobre diversos temas da sociedade contemporânea. Data Aesthetics é uma sub-área de Visualização de Informação e tem como principal foco a exploração visual dos dados ao invés da funcionalidade (Kosara, 2007). Neste contexto, os dados são trabalhados de forma a chamarem à atenção do público e de comunicar uma mensagem. No entanto, e devido à eficácia do mapeamento visual, em muitos casos estes continuam a poder ser compreendidos pelo espectador (Kosara, 2007).

Nas últimas décadas, houve um crescente interesse em explorar representações de dados direcionados para os problemas ambientais. As mudanças climáticas prejudicam toda a população e por isso têm sido várias as formas de alertar, consciencializar e enfatizar a informação relativa a este tema. Porém, ainda há uma lacuna de dados que são necessários relacionar, explorar e representar, como é o caso do consumo de energia, uso de internet e respectivo impacto no ambiente. Pretende-se com esta dissertação analisar e visualizar dados relativos ao tema referido, com a finalidade de alertar o público jovem-adulto da necessidade de mudar alguns comportamentos e ações.

A investigação da dissertação pretende não só explorar formas de visualizar os dados supracitados assim como a representação visual destes com base numa metáfora visual. Dos dados recolhidos no decorrer desta investigação, foram seleccionados os seguintes (dentro dos países da UE): (i) número de utilizadores; (ii) frequência de uso de internet; (iii) largura de banda; (iv) consumo de energia de internet; (v) consumo de energia total; (vi) fontes de energia — energia renovável, energia nuclear e combustíveis fósseis e (vi) o impacto no ambiente medido em gases de efeito de estufa derivados do consumo de energia total do país e a porção correspondente ao consumo de internet. Para além destes dados, exploramos também dados de Portugal relativos ao consumo de energia por habitante e gases de efeito de estufa e dados relativos ao número de utilizadores ligados às redes de internet do DEI.

A representação dos dados supracitados culminou num painel interativo, dividido em 3 partes:

Painel esquerdo. Menor impacto do consumo energético no ambiente;

Painel central. Vista de Portugal e ecossistema;

Painel direito. Maior impacto do consumo energético no ambiente.

O painel esquerdo mostra os países cujo consumo energético tem menor impacto no ambiente. Em contraposição, o painel direito representa os países cujo consumo energético tem maior impacto. Estes dois painéis representam dados dos 27 países da UE entre 2007 e 2020.

Tanto o painel esquerdo como o direito são compostos por dois momentos. No primeiro é dada uma vista geral dos dados, que inclui todos os países da UE. Neste separador são apresentados quatro dados direcionados para o tema da internet: (i) número de utilizadores; (ii) frequência de uso de internet; (iii) consumo de energia de internet; e (iv) impacto deste consumo no ambiente. O segundo momento é composto pela vista de um país em específico e contém todos os dados citados anteriormente relacionados com o impacto do consumo energético no ambiente por habitante do país.

No painel central, criamos um ecossistema visual que demonstra o fluxo de utilizadores das redes de internet do DEI da FCTUC. Esta visualização tem como principal objetivo mostrar, através de um ecossistema dinâmico, os utilizadores de internet que variam ao longo do tempo, sendo o seu comportamento baseado em três regras fundamentais¹ — (i) coesão, (ii) alinhamento e (iii) separação. Estas regras são depois influenciadas aquando da selecção de um determinado país nos painéis esquerdo e direito, por forma a representar o impacto de cada país no ambiente.

Com vista a alcançar os objetivos propostos pretendemos ver respondidas as seguintes questões:

- De que modo a metáfora e a representação visual auxiliam a exploração dos dados?
- É possível consciencializar o público-alvo através de um artefato computacional, meramente visual?
- O uso de representações mais abstratas de dados pode afetar a percepção dos dados?

De modo a alcançar os objetivos propostos, foi realizado um plano de trabalho e processo metodológico que une duas metodologias — Design Research e Visualização de Informação. Numa primeira fase foi realizada uma investigação teórica e de contributos derivados da revisão bibliográfica: resenha histórica de Data Aesthetics e de Design de Interação, trabalhos relacionados e poder expressivo do Design, com a exposição de exemplos úteis para o desenvolvimento da metáfora e narrativa na vertente de Data Aesthetics.

Na abordagem prática do projeto foi realizada a recolha, análise e filtragem dos dados relacionados com a temática. Após a filtragem dos dados e com o objetivo de criar uma representação ilustrativa foram definidos a metáfora visual e os elementos gráficos. Por fim, seguiu-se a implementação do projeto e os testes de usabilidade que têm como objetivo avaliar a solução implementada de forma a perceber a eficiência e eficácia do artefato.

Os resultados obtidos nos testes de usabilidade revelaram a pertinência da exposição dos dados acerca da temática e um interesse por parte dos utilizadores em compreender as representações visuais de dados.

¹ Programa de vida artificial que simula comportamentos similares ao de pássaros (Shiffman & Reynold's, n.d.)

Por fim, espera-se realizar um artigo científico que descreve todo o processo de trabalho desde os principais trabalhos relacionados, à metodologia, projeto realizado, resultados obtidos e conclusões e projeções futuras.

1.1 Motivação

A motivação da presente dissertação centra-se no impacto do consumo energético no meio ambiente através de uma exploração de dados. Com a representação visual dos dados pretendemos expor o problema e criar um senso crítico por parte do utilizador.

Apesar de atualmente existirem variadas visualizações de dados sobre as mudanças climáticas, ainda existe um certo desconhecimento do impacto do consumo de internet no ambiente. A internet enquanto ecossistema evolutivo está em constante crescimento e inovação. A internet, por um lado, pode ser uma solução para a eficiência energética e diminuição das emissões de carbono, como atualmente consiste numa das fontes de aumento da pegada de carbono, o que torna pertinente mostrar a evolução e as perspectivas futuras através da representação visual de dados.

Pretende-se ainda mostrar que, o ser humano tem a capacidade de influenciar positivamente ou negativamente o ambiente. Para isso, a unidade de medida usada para as representações visuais de dados é o valor por habitante.

A análise dos projetos relacionados clarificou que, existe atualmente, escassa representação de Data Aesthetics no que concerne ao tema e, quando existe, abrange um período curto de tempo ou apenas um dos temas (e.g. ambiente, energia e/ou internet). É de nosso interesse, por isso, criar um artefato que representa estes temas e captive o utilizador através da metáfora visual.

1.2 Objetivos

Com a evolução das novas tendências de comunicação (Biocca, 2000) torna-se imperativo o uso de tecnologias e processos de Design que auxiliam a imersão com artefatos digitais. A imersão com o mundo digital é possível com a aliança entre a programação, a interação e a análise de dados para fins representativos que promovem o pensamento criativo e associação ao mundo real.

A crise ecológica é consequência de atividades humanas, fortemente determinadas pelas características embutidas nas comunidades (Head, 2005). No decorrer dos anos, organizações ambientais e governos implementaram leis e medidas que visam atenuar a pegada de carbono no mundo. Porém, como o impacto das mudanças climáticas não é perceptível no dia a dia da sociedade, este é por vezes esquecido, não sendo considerado um problema “nosso” mas sim um problema do mundo, em geral.

São as nossas ações enquanto sociedade, crenças e valores que determinam as atividades para com o ambiente. A transformação social só é possível com a promoção da cultura ambiental que a crise ambiental impõe. Cabe à geração de jovens-adultos alertar, consciencializar e mudar as ações do dia a dia, relativamente ao consumo de energia, de internet ou outras ações que de alguma maneira emitem gases de efeito de estufa para a atmosfera.

O principal objetivo da presente dissertação prende-se com o estudo e representação visual do impacto do consumo energético no ambiente. Através da representação visual destes consumos objetiva-se facilitar a compreensão do problema.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é composta por sete capítulos. O primeiro capítulo “Introdução”, expõe o tema, as principais motivações, os objetivos e apresenta a estrutura do documento.

No segundo capítulo “Estado de Arte”, é exposta a pesquisa de estado de arte e é feita uma contextualização dos tópicos subjacentes a esta dissertação — Data Aesthetics, com uma breve contextualização de visualização de informação, e Design de Interação e principais técnicas e níveis interativos e visuais. Neste capítulo é discutido ainda o poder expressivo do Design em projetos de Data Aesthetics.

No terceiro capítulo “Metodologias e plano de trabalho”, é apresentada a metodologia adotada no projeto prático que junta a metodologia de Design Research e de Visualização de Informação. É delineado ainda o plano de trabalho e a respectiva calendarização de acordo com as tarefas estipuladas.

O quarto capítulo “Projeto Prático” expõe o desenvolvimento do projeto através dos seguintes pontos: contextualização do exercício projetual, objetivos e mensagem que pretendemos passar, descrição do projeto, público-alvo, dados a apresentar de acordo com a metodologia seguida, a metáfora visual, os resultados preliminares e os resultados finais.

O quinto capítulo “Testes de Usabilidade” apresenta os resultados dos dois testes de usabilidade elaborados — testes de interação e testes de percepção.

O sexto capítulo “Conclusões” apresenta a síntese, as considerações finais e propõe uma projeção futura do trabalho desenvolvido.

Por fim, o documento apresenta os “Anexos” que inclui a documentação extra do processo de trabalho. O anexo A expõe os resultados ao longo do processo de desenvolvimento do projeto: (i) resultados preliminares; (ii) resultados finais; e (iii) painel interativo. E o anexo B contém os questionários dos testes de usabilidade: (i) teste interativo e (ii) teste de percepção.

2. Estado de arte

Este capítulo tem como objetivo descrever o estado da arte e os trabalhos relacionados com o impacto do consumo energético no ambiente. É introduzido inicialmente, o capítulo de Data Aesthetics (sub-capítulo 2.1) com uma breve contextualização da área de Visualização de Informação (2.1.1) e, de seguida, expomos a evolução histórica de Data Aesthetics (2.1.2).

Abordamos a área de Design de Interação (sub-capítulo 2.2), com uma breve contextualização evolutiva, princípios do design de interação, associação entre objetos físicos e informação digital, níveis de interação e técnicas visuais e interativas.

É realizada de seguida, a análise do poder da expressão do Design, a nível da metáfora e narrativa (sub-capítulo 2.3), com exemplos práticos de aplicação nas áreas de atuação.

Posteriormente, é feito um levantamento de trabalhos relacionados com o ambiente, internet e energia (sub-capítulo 2.4).

Por fim, são realizadas as considerações dos projetos no sub-capítulo 2.5, com a comparação dos trabalhos de acordo com as variáveis analisadas em cada projeto apresentado.

2.1 *Data Aesthetics*

Neste capítulo é elaborada uma contextualização da área de visualização de informação (2.1.1) e é realizada uma resenha histórica da evolução da área de *Data Aesthetics* (2.1.2). A área de Visualização de Informação é uma área de aplicação de técnicas gráficas que visa auxiliar a percepção de um conjunto de dados através de gráficos, mapas e histogramas.

Data Aesthetics é uma sub-área da Visualização de Informação na qual os dados são trabalhados de forma visual para representar informação. No entanto, em *Data Aesthetics*, é dada uma maior liberdade artística que abre espaço à exploração do espaço informativo e da metáfora visual.

2.1.1 Contextualização de Visualização de Informação

A área de visualização de informação surgiu como auxílio à navegação com o desenvolvimento de mapas e registo de posições das estrelas e corpos celestes em diagramas (Friendly et al., 2008). Em 200 a.C, os topógrafos egípcios usavam coordenadas, idênticas à latitude e longitude, para explorar as posições terrestres e celestes.

Uma das primeiras representações gráficas deste tipo foi desenvolvida no séc. X por um autor desconhecido (figura 5), com a representação da mudança da posição dos corpos celestes em função do tempo. Neste gráfico são utilizados dois eixos — vertical e horizontal— e são representadas variáveis que evoluem ao longo do tempo.

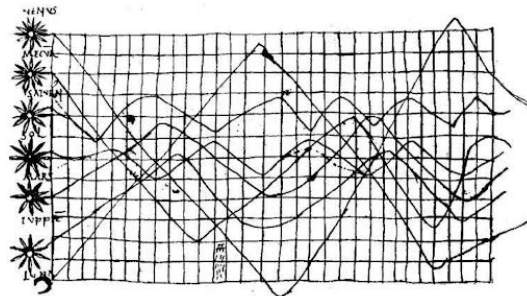


Figura 1. Moção planetária representada através da inclinação cíclica ao longo do tempo. Desenhado por um autor desconhecido no séc. X (Friendly et al., 2008).

No séc. XIV, Nicole d’Oresme introduz a primeira proposta gráfica que relaciona o gráfico de barras com valores tabulados (Friendly et al., 2008). Em relação a este trabalho (Funkhouser, n.d.) defende que “se tivessem sido recolhidos dados 400 anos antes de William Playfair, Nicole d’Oresme teria dados relevantes para trabalhar gráficos estatísticos”.

Porém, foi William Playfair que no séc. XVIII que começou a estudar a aplicação de gráficos para comunicar informação. Nesta obra intitulada por “The Commercial and Political Atlas” (figura 2), Playfair introduz o gráfico de linhas e barras. No gráfico, as linhas verticais representam intervalos de 10 mil libras e é analisado as importações e exportações da Escócia de e para vários países.

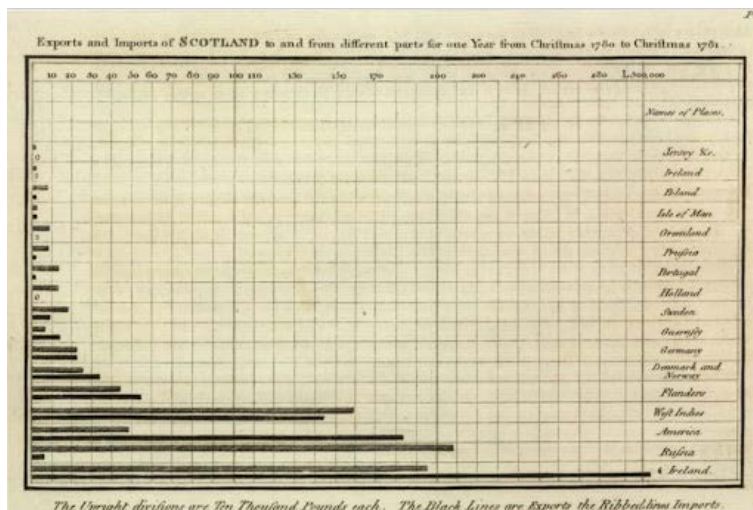


Figura 2. Atlas comercial e político (Playfair, 1786).

No séc. XVII, os avanços teóricos e práticos da disciplina de visualização de informação foram visíveis no pensamento visual — que levaram ao desenvolvimento de novos métodos gráficos — e ao nascimento da probabilidade e estatística como área científica. Em 1700, Edmond Halley criou o primeiro gráfico temático (figura 3) (Fry, 2004). Halley aplicou o uso de isolines¹ para demonstrar contornos de valor igual no mapa com coordenadas.

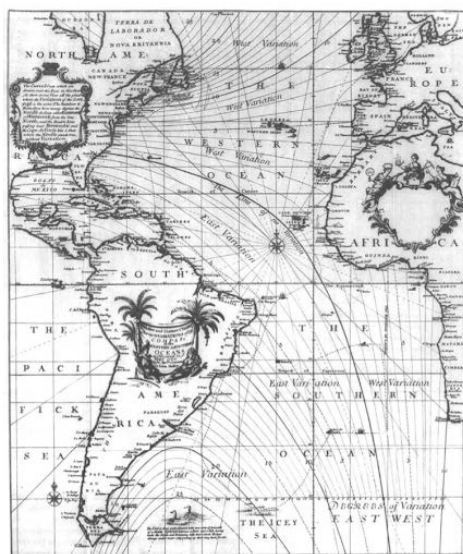


Figura 7. Parte do mapa “New and Correct Sea Chart Shewing the Variations in the Compass in the Western and Southern Ocean”, publicado em 1701 e realizado por Edmond Halley (Friendly et al., 2008).

O desenvolvimento exponencial de gráficos ocorreu no séc. XIX com a invenção de modelos gráficos modernos (e.g. gráfico de linhas, barras e circulares). No início de 1800, foi reconhecido na Europa, a importância da representação de informação numérica para fins económicos, sociais, de industrialização e transporte. Esta época ficou marcada como “Época Áurea” (Friendly et al., 2008), com a exploração de temas humanísticos associados à cartografia.

² Isolines - linha de elevação constante usada para descrever outras linhas de valor constante em mapas e gráficos (Wikipedia, n.d.).

Charles Minard foi uma importante figura no mundo da visualização de informação. Desenvolveu diagramas circulares em mapas, que representava um total, por área e subtotais por sectores, com círculos representativos de cada região. Uma das obras mais emblemáticas de Minard é intitulada por “Carte Figurative of the Napoleon’s Russian Campaign of 1812”, realizada em 1869 (figura 4). O gráfico (Minard, n.d.) representa o número de soldados que morreram em combate entre 1812 e 1813, a mando de Napoleão. As linhas bege e preta demonstram o tamanho do exército francês ao longo do tempo e a sua passagem pelos diversos pontos geográficos. Neste gráfico são representadas seis variáveis: tamanho do exército de Napoleão, latitude e longitude, distância percorrida, localização e temperatura.

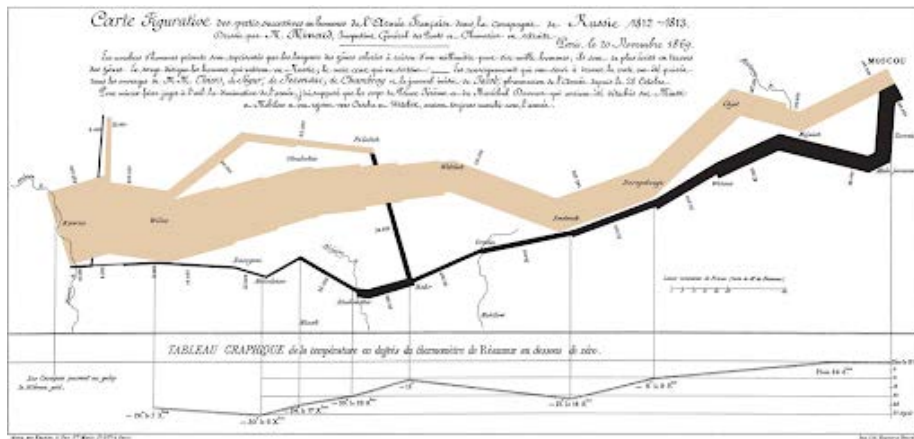


Figura 4. “Carte Figurative of the Napoleon’s Russian Campaign of 1812”, desenvolvida por Charles Minard em 1869 (Minard, n.d.).

Outro exemplo dos novos modelos gráficos do séc. XIX, é o diagrama de Florence Nightingale (1858), intitulado por “Rose Chart” (figura 5) que demonstra a doença epidémica responsável pelo maior número de mortes britânicas (Staal et al., n.d.). Este diagrama, também conhecido como diagrama de área polar, aborda questões de saúde, eficiência e administração hospitalar do exército.

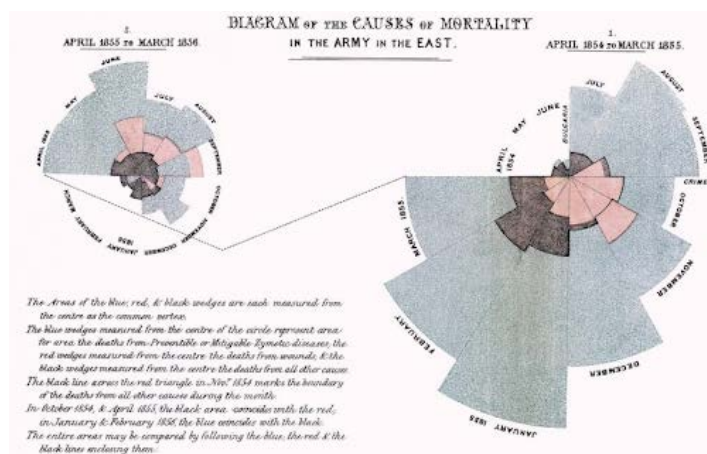


Figura 5. “Rose Chart” desenvolvido por Florence Nightingale, 1858 (Staal et al., n.d.).

Em 1901, Jacques Bertillon, Émile Cheysson e M.Fontaine (Funkhouser, n.d.) apresentaram um relatório ao Instituto Internacional de Estatísticas (Budapeste), em que descreveram uma série de regras padrão para a representação gráfica e estatística de dados. As regras eram as seguintes: (i) uso cuidado de símbolos para não prejudicar a leitura do leitor; (ii) a escala e a abcissa devem ser adotadas para que o comportamento corresponda, da tangente da curva até à inclinação; (iii) as formas devem ser aplicadas moderadamente; (iv) os cartogramas devem possuir 5 tonalidades da mesma cor ou um sistema com 2 cores.

Este relatório fez com que fosse criado em 1909, um comité de “Métodos Técnicos de Comparação Estatística”. Este comité projetou 2 recomendações para a aplicação de métodos gráficos: a 1.ª consiste na standardização das curvas cronológicas ao longo dos anos e a 2.ª consistia no desenho da frequência das curvas e representação com uma margem possível de erro.

No início do séc. XX verificou-se um decréscimo no interesse em gráficos estatísticos, mas surgiram novos métodos de quantificação e modelos (Friendly & Dennis, 2000). Em 1967, a descoberta de Jacques Bertin (Bertin, 2011) relativamente à importância do estudo da percepção visual das informações (figura 6) foi fundamental para conseguir representar os dados de forma intuitiva e eficiente e, é usado para criar e avaliar informação gráfica, nos dias de hoje.

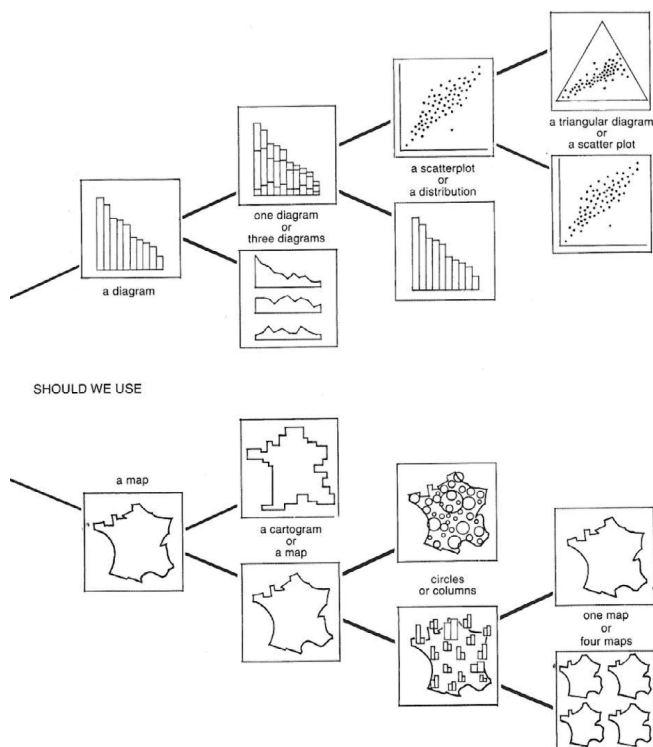


Figura 6. Semiology of Graphics (Bertin, 2011).

Segundo Bertin, existem dois fatores a ter em conta quando se desenvolvem gráficos de dados: marca visual (formas usadas) e a posição no espaço da visualização. O conceito do gráfico é importante para criar uma mensagem mais enriquecedora para o leitor com base nos dados.

Para organizar a informação, Bertin considerou três níveis: (i) quantitativo ou proporcional — elementos numéricos constantes entre si, em sequência; (ii) ordenada — elementos ordenados de forma natural; (iii) qualitativo — os componentes consistem em grupos associados entre si, sem ordem aparente.

Para construir os elementos gráficos é necessário ter em consideração os seguintes elementos: tamanho; valor; padrão; cor; orientação; e forma. O tamanho aliado à posição conseguem comunicar informações quantitativas. De forma a conseguir comunicar a ordem é possível usar, por exemplo, o brilho para mostrar os valores maiores a preto e menores a branco.

Desde 1970 até aos dias de hoje, a visualização de informação como área de pesquisa e desenvolvimento alastrou-se para o uso pessoal, através dos novos paradigmas de manipulação direta (interação que diminui o esforço cognitivo ao criar um paralelismo entre o mundo virtual e o mundo real), evolução dos sistemas estatísticos interativos, análise de dados e particular atenção nos aspetos cognitivos e perceptuais da visualização (Friendly et al., 2008).

Podemos concluir através do estudo da percepção visual de informações (Bertin, 2011) que, para criar uma visualização de informação eficiente, é necessário considerar aspectos como: (i) a escala em que os dados vão ser demonstrados; (ii) o suporte; (iii) a quantidade de informação face ao espaço disponível; (iv) a forma de representar os dados; (v) a informação adicional que identifica os dados através do título, legenda, entre outros; (vi) o contexto e (vii) o público-alvo.

2.1.1 Evolução histórica de *Data Aesthetics*

O caráter histórico de *Data Aesthetics* surge fundamentalmente de disciplinas ligadas ao pensamento crítico e de análise estética (Jessup, 1956).

As contribuições artísticas no âmbito da visualização de dados surgem na sua maioria da arte conceptual. A arte conceptual reiterou o modo de produção industrial e desenvolvimento burocrático (Sack, 2010). Segundo Sack (2010), o entendimento da visualização de informação artística é vista como anti-sublime. O anti-sublime engloba apenas um grupo pequeno de artistas e designers, e a ilustração científica é apenas um papel importante no ramo da visualização de informação. A prática artística e o afastamento dos ideais da burocracia foi posta em prática para satisfazer as necessidades coletivas dos artistas (Sack, 2010).

A representação de dados é o resultado de um processo delineado e concreto na representação de formas, padrões, intensidades, qualidade/ defeitos e, tem como objetivo relacionar da melhor forma possível os dados (Gell, 1998). É deste modo que se consegue obter a atenção do utilizador para determinada ação e/ou informação. Com a tradução e transformação de intenções que codificam a informação, procura-se através de *Data Aesthetics*, descrever as materialidades das representações, através da organização e categorização de informação (Halpern, 2014).

Data Aesthetics no sentido semiótico significa a transformação de dados de forma familiar, padronizada e confiável (Porter, 1996), apesar da ausência frequente de dados quantitativos e/ou estatísticos (Saifer & Dancin, 2021).

A área de *Data Aesthetics* evoluiu com o potencial para a criação de conhecimento (Gray et al., 2016, p. 227-251) e como meio de comunicação visual e expressão cultural (Manovich, 2020). *Data Aesthetics* propõe representar relações entre os dados e o mundo: “não é uma representação de dados por si só, é uma declaração sobre o mundo e os seres humanos feita por meio de escolhas particulares de dados e a forma como os apresentamos”, com o propósito de “desenvolver fenómenos que estão para além da escala dos sentidos” (Manovich, 2020).

O conceito *Data Aesthetics* é defendido por Lowe como retratos gráficos sobre um determinado tema que geram e criam realidades através da interação e relação entre os dados, o designer e o leitor (Lowe, 1993). É a representação de formações abstratas potencialmente dinâmicas que descrevem ocorrências externas ao artefato (Heinrich, 2016).

“As its best, [a data visualization] plants the seed for a moral inclination to do something to nudge [the] world a little bit closer to how it should work”.

— “Writing without words” (Popova, 2009).

De forma a perceber de que modo podemos enfatizar o lado estético da representação de dados começamos por analisar os dados estéticos. Os dados estéticos são objetos/eventos com uma determinação sujeito-objeto (Jessup, 1956) e envolvem três atividades que cooperam entre si:

1. Atividades produzidas, sejam criativas, apreciativas e críticas;
2. Atividades científicas que investigam as condições factuais e a produção visual;
3. Atividades filosóficas que estudam questões de relevância e interpretação.

No livro “The Truthful Art”, Alberto Cairo aborda o conceito de “beleza” como uma qualidade associada a visualizações que se regem pela confiança, funcionalidade e eficiência (Cairo, 2016). A beleza potencia a experiência emocional e a ligação entre o intelectual e os interesses pessoais. O conceito de beleza é algo que pode ser descrito como “eficiente e simples” no paradigma de Design (Tufte, 2001) e pode também ser observado do mesmo modo, em *Data Aesthetics*.

Data Aesthetics como campo de investigação examina questões de percepção e sensação (Heinrich, 2016). A percepção pode ser observada em duas vertentes: (i) cognitiva e (ii) emocional, ambas ativadas sempre que o utilizador percebe o artefato e influenciadas pelo contexto/meio em que o observa. Para além do contexto/meio, a forma como os dados são representados influencia a percepção (Brinch, 2020). É necessário possuir conhecimento, experiência pessoal, interesse ou habilidade para perceber e representar visualmente os dados (Pelowski & Specher, 2020).

Neste contexto é importante perceber de que forma o processamento estético influencia a percepção visual do leitor e por isso regemos-nos pela reflexão estética de Jacobsen (2006). O processamento estético varia conforme as perspectivas evolucionárias, históricas, culturais, educacionais e cognitivas do espectador e distingue-se nos seguintes sete estágios (figura 7):

1. Estágio de diacronia que se refere à perspectiva evolutiva. Foca-se nas origens e motivações do comportamento estético. Neste estágio, o desenvolvimento histórico e cultural evolui, bem como os gostos e preferências pessoais;
2. Estágio de isocronia que compara os processos culturais e sociais em espaço e tempo;
3. O estágio da mente sugere o controlo cognitivo da percepção humana, com a representação e avaliação do objeto. A percepção do objeto é influenciada pela avaliação do objeto. Este estágio estuda o efeito emocional que o objeto cria no indivíduo;
4. O estágio do corpo, a par com a mente, contribui significativamente para a percepção estética;



Figura 7. Reflexão do processamento estético (Jacobsen, 2006).

As representações visuais são desenhadas de acordo com características técnicas e culturais projetadas pelo ser humano. Segundo os critérios de Tufte (Tufte, 2001), as representações visuais consideradas como “boas” fornecem ao utilizador uma representação adequada ao propósito. Tufte defende quatro critérios: (i) excelência gráfica – as representações devem oferecer “o maior número de ideias, no menor tempo com uso da menor quantidade, no menor espaço”; (ii) integridade visual, a representação não deve distorcer os dados nem formar uma interpretação falsa. Quando ocorre algum tipo de variação, esta deve estar relacionada com os dados e não com a interpretação artística; (iii) todos os elementos que não são necessários devem ser eliminados e (iv) elegância visual baseada na simplicidade do Design.

Segundo Ware (Ware, 2004), o nosso sistema visual perceptual faz uma extração de informação por fases de acordo com as características que apresentam. O autor propôs um modelo de processamento perceptual em três fases. Na primeira fase, a informação é processada em paralelo com a extração das características básicas do sistema visual (cor, forma, textura e o movimento dos padrões). Qualquer alteração do sistema visual, pode alterar o foco de atenção do utilizador e a percepção pode ser prejudicada. Na segunda fase, a informação é percebida através de processos sequenciais que tem como objetivo detectar padrões simples (e.g. contornos contínuos, regiões com a mesma cor e/ ou textura e padrões de movimento). E, na terceira fase, o processamento cognitivo é sequencial e direcionado para um objetivo específico que exige a atenção ativa do utilizador.

As leis de Gestalt servem como âncora para a compreensão da percepção visual humana (Johnson, 2020). Neste contexto, crê-se que os melhores princípios de Gestalt para a criação de representações de dados são: a proximidade, a similaridade, a continuidade, a figura-fundo e o destino comum. Em *Data Aesthetics*, a proximidade pode ser vinculada para criar uma relação no espectro de dados e/ou espectro visual. A similaridade pode ser aplicada no contexto temático de categorias de dados relacionáveis, entre si. A continuidade permite a criação de continuidade da narrativa e evolução temporal no sistema. A figura-fundo aplica-se quando um elemento do sistema é mais pequeno que o outro, tendemos a percebê-lo como a figura e o outro como fundo. O destino comum preocupa-se com a percepção do movimento de elementos (estáticos) que são percebidos como um grupo, o que transmite aliança entre elementos do mesmo grupo de dados.

A representação visual difere de acordo com a intenção perceptiva que se propõe ao utilizador através da visualização. Bertin (Bertin, 2011) em “Semiology of Graphics” associa a forma como os humanos percebem a informação e criação de significado através do estudo da percepção: percepção associativa, percepção seletiva, percepção ordenada e percepção quantitativa. A percepção associativa procura equalizar a variação de correspondências em categorias de variação combinadas (e.g. forma, orientação, cor e textura). A percepção seletiva é usada para isolar todos os elementos de uma categoria e perceber a representação num todo (e.g. justaposição separada de elementos no mesmo plano). A percepção ordenada visa a comparação de ordem das variáveis (e.g. textura, valor e tamanho conseguem criar ordem e são universalmente percebidas). A percepção quantitativa diz respeito à definição numérica do rácio entre duas variáveis (e.g. tamanho).

“Aesthetics refers to a specific regime for identifying and reflecting on the arts: **a mode of articulation between ways of doing and making, their corresponding forms of visibility, and possible ways of thinking about their relationships.**”

— Jacques Rancière, 2004 (Žižek & Rancière, 2004).

Para as representações visuais serem facilmente perceptíveis, devem ser aplicados princípios de estética gráfica que se baseiam no uso de metáforas visuais para a compreensão performativa e situada no mundo (Heinrich, 2016).

De seguida expomos alguns projetos de referência na área de *Data Aesthetics*. A importância do estudo destas referências visa: (i) relacionar e perceber o que foi bem utilizado para representar informação (cor, forma ou outras informações adicionais como texto); (ii) perceber a relação estabelecida entre os dados; e (iii) perceber o formato usado nas visualizações, por exemplo gráficos, mapas, painéis, entre outros.

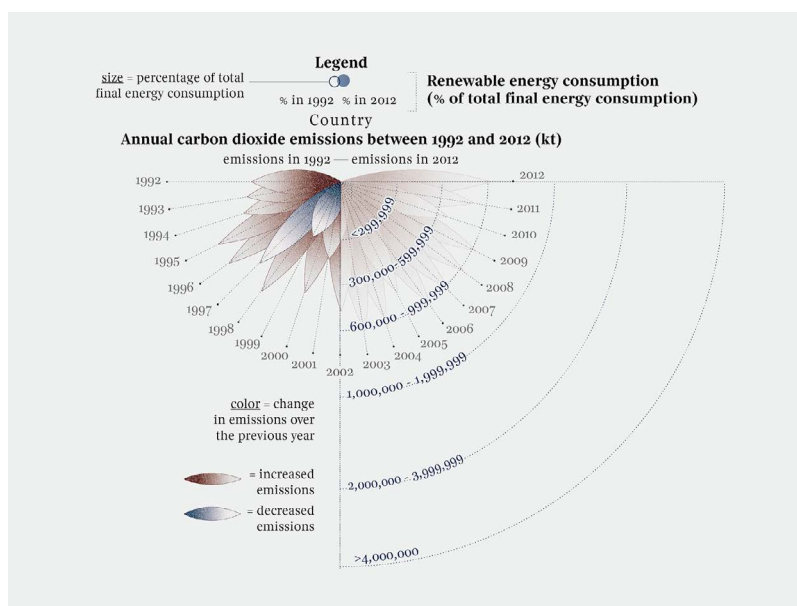
O projeto de Frederica Fragapane (figura 8 e 9) foi uma das principais inspirações deste projeto. O projeto “Carbon Dioxide Emissions” (Fragapane, 2015) representa as mudanças climáticas através da quantidade de emissões anuais de dióxido de carbono em 39 países entre 1992 e 2012 (em kt) e a relação com energia renovável usada para o consumo de energia final. Os países foram organizados e agrupados de acordo com a sua política ambiental (percentagem do PIB). Este projeto foi considerado uma das melhores visualizações de dados em 2018.

O tamanho dos círculos representa a percentagem% total de consumo energético nos países analisados. O círculo com apenas contorno representa a percentagem de consumo de energia total face ao ano de 1992 e o círculo a azul face ao ano 2012.

As emissões anuais de dióxido de carbono (em kt) são representadas através da cor, forma e disposições dos elementos na visualização, de forma a perceber os dados relativos a cada ano.

A disposição da visualização é radial, em meio círculo. São usadas formas em pétalas para representar as emissões em cada ano. São delineadas 4 marcas que mostram a unidade métrica das representações das formas: < 299.999 kt; 300.000 - 599.999 kt; 600.000 - 999.999 kt; 1.000.000 - 1.999.999 kt.

A cor mostra as mudanças nas emissões ao longo dos anos – a cor azul para representar a diminuição de emissões e a cor castanha para representar o aumento de emissões.



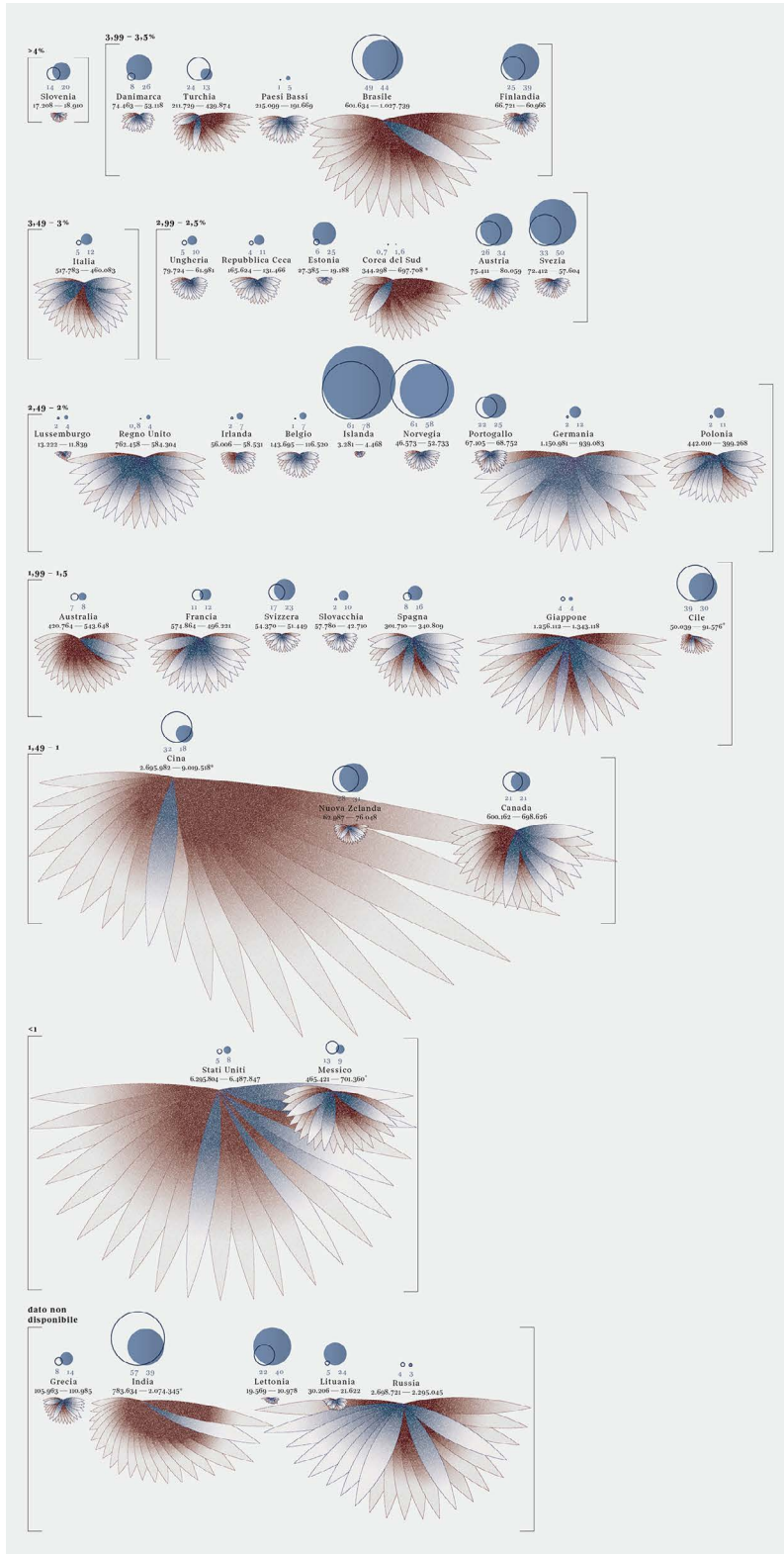


Figura 8—9. “Carbon Dioxide Emissions” (Fragapane, 2015).

O projeto “Extinct Plants” de Florent Lavergne (Lavergne, 2020) representa a destruição de habitats naturais devido a atividades humanas (e.g., produção de energia, agricultura, entre outros). O projeto (figura 10) explora a lista de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza que agrega cerca de 165 plantas consideradas extintas até hoje.

Para cada continente, o autor representa cada espécie com uma flor com onze pétalas, representando as onze ameaças ao habitat da planta. Cada flor é depois posicionada verticalmente consoante o período em que foram observadas pela última vez. Cada flor está associada a um símbolo que contém o nome, o país de origem da espécie e a sua categoria (e.g. extinta ou extinta em ambiente selvagem).



Figura 10. Legenda representativa do projeto “Extinct Plants” (Lavergne, 2020).

A figura 11 mostra o processo de trabalho do projeto de Florent Lavergne até chegar ao resultado final exposto no último quadrante.

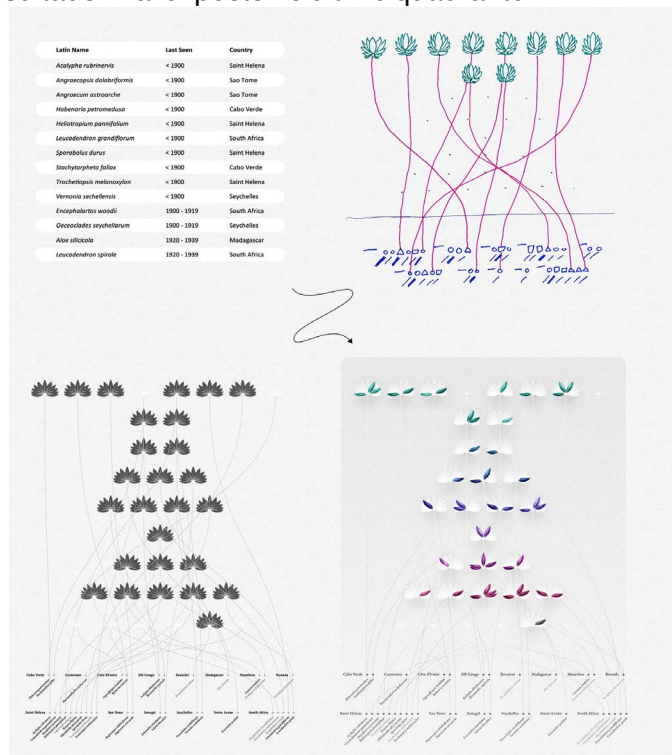


Figura 11. Processo de trabalho desde a filtragem à representação dos dados (Lavergne, 2020).

O projeto “Writing without words” de Stefanie Posavec mostra uma série de visualizações impressionantes que exploram as diferenças e semelhanças de estilo de escrita entre autores clássicos modernos. A visualização representa a obra “Part One of One the Road” de Jack Kerouac.

A obra é intitulada por Organismo Literário e cada componente literário foi hierarquicamente representado — parte, capítulos, parágrafos, frases e palavras. As divisões das formas radiais representam o número de palavras por parágrafo, quanto menos divisões com hastes menos palavras e vice-versa. A autora também usou diferentes cores para distinguir as temáticas trabalhadas pelos autores (figura 12–13).

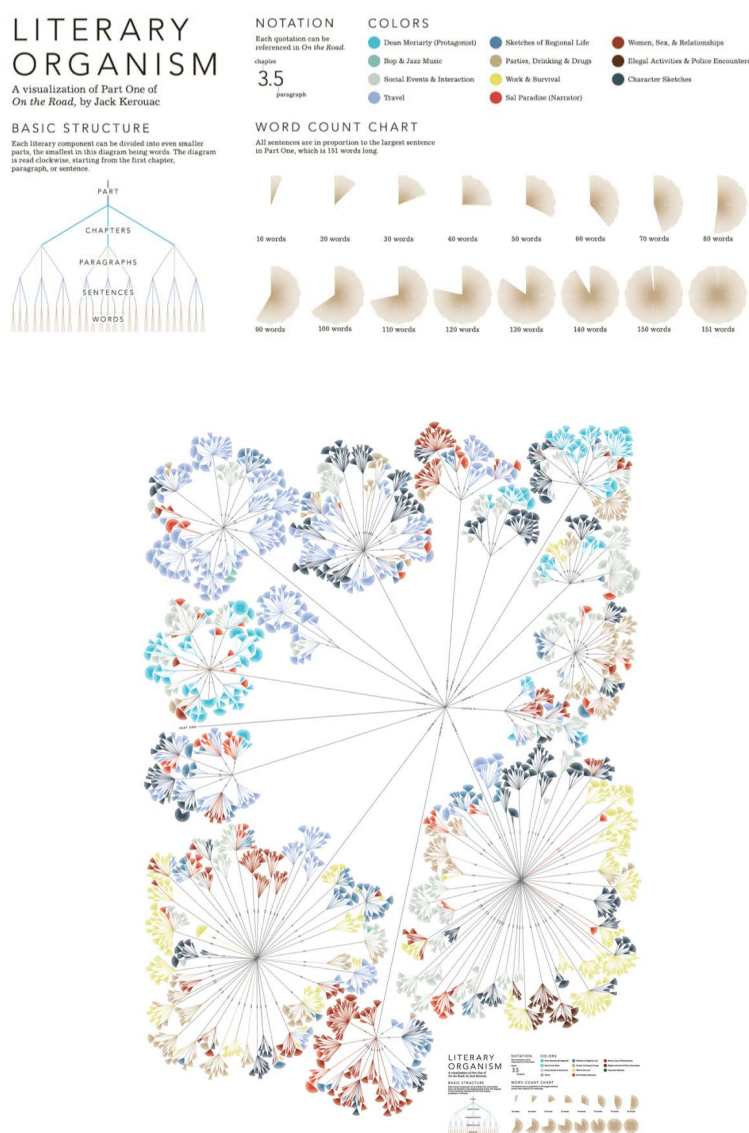


Figura 12 – 13. “Writing without words” (Posavec, 2008).

O projeto “Dear Data” foi desenvolvido pelas designers de informação Stefanie Posavec e Giorgia Lupi. Durante 52 semanas (de 2014 a 2015), as designers representaram o seu dia a dia de forma a que este pudesse ser observado, compreendido e analisado. Como forma de comunicar os dados usaram um cartão postal e enviaram via correio para Inglaterra e para os EUA. O projeto (figura 14) levanta questões como: o tipo de dados, meio de expressão, comunicação e metáfora visual traduzida através das representações ilustrativas dos dados (Lupi & Posavec, 2015).

A parte da frente dos postais contém as representações dos dados sobre um determinado tema e a parte da trás contém a legenda das visualizações realizadas à mão.

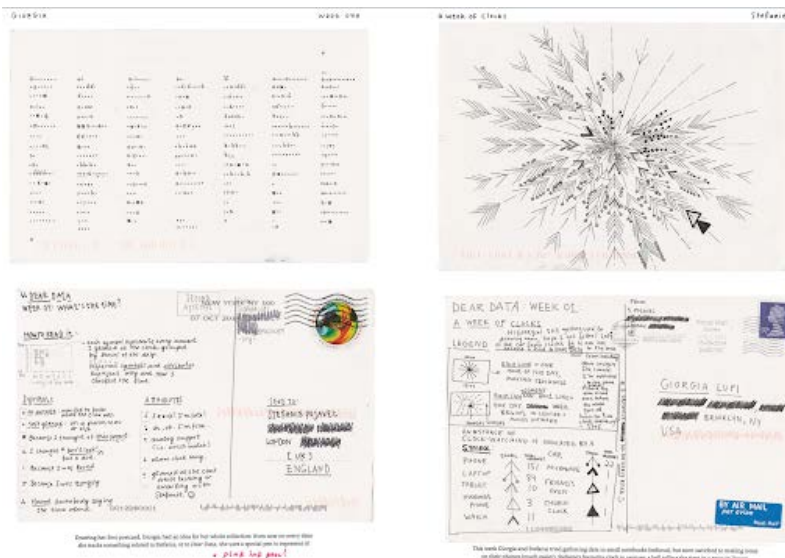


Figura 14. “Dear Data” (Lupi & Posavec, 2015).

Os quatro projetos serviram de inspiração para a dissertação, sobretudo para a concepção da metáfora visual e desenvolvimento prático. Os projetos são relevantes também para a comunidade de *Data Aesthetics* pois, apresentam soluções e metáforas visuais que vão de encontro ao tema e ao tipo de dados apresentados.

Os projetos mencionados dão grande ênfase à apresentação dos dados e à forma como são percebidos pelo utilizador, por vezes subjetiva. Estes projetos dão asas a um espaço de reflexão e interpretação.

2.2 Design de interação

Com o objetivo de criar interação no artefato computacional foram analisados os seguintes tópicos da área de Design de interação: (i) princípios de design de interação; (ii) níveis de interação e (iii) técnicas visuais e interativas. O estudo da disciplina de Design de Interação tem como objetivo perceber os níveis de manipulação, percepção, de forma a otimizar a experiência e usabilidade do sistema.

A área de Design de Interação é definida como uma “projeção de produtos interativos que apoiam as pessoas na sua vida cotidiana e profissional” (Preece et al., 2015). O Design de Interação visa o estudo e análise de experiências e comportamentos com o objetivo de aprimorar a maneira como as pessoas comunicam e interagem com artefatos.

Historicamente, os processos de Design de Interação identificam as necessidades e requisitos e depois desenvolvem experiências que atendem a estes. O principal objeto deste processo era construir versões interativas que pudessem ser comunicadas e avaliadas (Preece et al., 2015). O processo de Design consiste em cinco atividades principais (Turner et al., 2005):

1. Perceber - observar e analisar a informação ou o problema;
2. Abstrair - foco nos problemas principais do problema anteriormente definido;
3. Estruturar - o designer considera a relação entre os elementos e as pessoas;
4. Representar - de que forma a informação é estruturada;
5. Detalhar - preocupação com a identidade visual dos elementos gráficos.

Princípios de Design de Interação

Os princípios do Design de Interação dão-nos a perspetiva do que já resultou em artefatos e a relação entre o humano-ferramenta. Don Norman no livro “The Design of Everyday Things” (Norman, 2013), Jacob Nielsen em “Usability Engineering” e Bruce Tognazzini (Tognazzini, 2014) definem princípios de Design que estabelecem padrões de interação que têm um papel fundamental no esclarecimento de restrições em HCI (Moggridge, 2007). Estes princípios ajudam designers e a comunidade a perceber o nível consciente e subconsciente do ser humano.

Don Norman (Norman, 2013) resume os princípios de Design em 6 pontos fundamentais:

1. Visibilidade - tornar os elementos visíveis para os utilizadores;
2. Feedback - efeito das ações do utilizador têm no sistema;
3. Affordance - anunciar as propriedades dos elementos da interface;
4. Mapeamento - perceber o fluxo de ações na interface (onde e o que deve fazer);
5. Restrições - limitações do sistema induzidas nas possíveis ações do utilizador;
6. Consistência - consistência no conceito, visual e física.

Com alguns pontos semelhantes, Bruce Tognazzini desenvolveu os primeiros princípios de Design Interativo (Tognazzini, 2014), que acredita serem fundamentais para o design e implementação de interfaces. Dos 18 princípios, destacam-se os seguintes 9 por se adequarem ao âmbito do projeto:

1. *Aesthetics* - componente visual nunca deve superar a usabilidade;
2. Autonomia - o utilizador deve tomar as suas decisões visuais e comportamentais;
3. Consistência - consistência da plataforma e coerência com as expectativas do utilizador;
4. Padrões - os padrões devem ser inteligentes e responsivos;
5. Detectabilidade - se o utilizador não perceber é porque não existe;
6. Eficiência do utilizador - manter o utilizador ocupado para manter a produtividade;
7. Interfaces exploráveis - pontos de referência e sensação de liberdade;
8. Redução do tempo de resposta e aprendizagem;
9. Uso de Metáforas - apelo sensorial que procura criar uma sinestesia a memórias;

Dos princípios abordados, os que se destacam pela sua importância são os princípios de visibilidade, mapeamento, *aesthetics*, consistência e uso de metáfora. Estes princípios auxiliam na criação de padrões de interação que agilizam a comunicação entre o artefato e informação digital.

Convite à exploração de sistemas

O âmbito desta dissertação é exploratório e por isso, tornou-se imperativo a análise da manipulação e requisitos que o sistema tem de possuir para incentivar o utilizador a explorar. Norman refere um método fundamental para tornar os sistemas exploratórios (Norman, 2013):

1. O utilizador deve ser capaz de realizar as ações permitidas em cada estado do sistema;
2. O efeito de cada ação deve ser visível e fácil de interpretar;
3. Quando uma ação não tem um resultado desejável, o utilizador deve conseguir reverter.

Para incentivar o carácter exploratório a interação será direta, para oferecer ao utilizador a possibilidade de exploração contínua do objeto. O pressuposto de Shneiderman (Shneiderman, 1983) no que toca à “ilusão” de manipulação direta com o sistema diz-nos que — “o que se observa é o que se recebe”. A exploração do sistema com interação com base no mundo real permite a criação de significado.

Níveis de interação

O estudo dos níveis de interação é importante para o entendimento da interação no artefato. Para uma melhor compreensão dos níveis que pretendemos aplicar, regemos-nos pelo fundamento de Gayesky e Williams (Rosales et al., 2018).

Os autores definem os níveis de interação entre o utilizador e o artefato (Teoria dos níveis de interação):

Nível 0. O utilizador encontra-se presente no local de interação, não responde a estímulos e não há detecção de movimento significativo;

Nível 1. O utilizador ouve e vê o conteúdo mas nenhuma ação significativa é percebida. O utilizador recebe informações mas controla a interação. A Interatividade é reduzida e com poucos movimentos;

Nível 2. O utilizador possui o raciocínio mental sobre o conteúdo percebido. São verificados poucos movimentos porém, há feedback do utilizador e análise mental;

Nível 3. O utilizador raciocina o conteúdo, enquanto o artefato desenvolve e controla a sequência de atividades. Aqui, a interatividade já é considerada intermédia;

Nível 4. Maior controlo do utilizador perante o artefato. O utilizador consegue alterar a mensagem que recebe e pode seleccionar o que lhe cativa mais. A interatividade é alta e o foco é o utilizador;

Nível 5. O utilizador tem a capacidade de controlar, criar, comunicar, adaptar e produzir as informações fornecidas pelo artefato. Extrema interatividade.

A interação entre o utilizador e o artefato é caracterizada por múltiplos níveis de granularidade. Destacamos os níveis intermédios de interação defendidos por Mortier et al. (2014) — filtragem e organização. Através destes métodos de granularidade procuramos destacar no artefato apenas os detalhes relevantes, no contexto semântico e interativo. Segundo os autores este é um passo essencial para a relação simbiótica humano-máquina (Mortier et al., 2014). O processamento de dados pode ocorrer em diferentes níveis de granularidade que altera a percepção do (i) tamanho, (ii) escala, (iii) nível de detalhe e (iv) profundidade de informação (Wilke & Portmann, 2016).

Técnicas visuais e interativas

Tendo em vista a criação de uma experiência que eleve a exploração do artefato computacional, consideramos que todos os elementos constituintes da experiência condicionam a forma como o utilizador percebe e age (Forlizzi & Battarbee, 2004).

Os elementos da experiência que pretendemos analisar foram defendidos por Wright et al.: (i) composição, (ii) sensorialidade, (iii) emoção e (iv) espaço temporal da experiência (Wright et al., 2018). A composição considera-se a representação de *Data Aesthetics*, a metáfora e o grafismo. A sensorialidade, os métodos visuais. A emoção é alcançada com auxílio da metáfora visual. E o espaço temporal, a experiência a nível dos dados retratados e da interação com o artefato.

Para além das técnicas visuais, estudamos as técnicas interativas para potenciar a experiência do utilizador com o artefato computacional. As técnicas interativas que pretendemos analisar foram descritas por Jacob et al. (2013) para a comunicação e manipulação de dados (Jacob et al., 1993):

1. Dados multidimensionais: o utilizador deve poder alterar o ponto de vista do objeto, porém o objeto deve permanecer o mesmo. Pretende-se que o utilizador controle o movimento, de modo a incentivar a perceção do artefato e minimizar o esforço cognitivo;
2. Dados abstratos complexos: a técnica representativa deve ser apropriada para os dados retratados e deve conseguir comunicar efetivamente. Para além de considerar a representação dos dados de forma apelativa e visual pretendemos explorar os canais perceptuais humanos e as combinações apropriadas (a nível temático, gráfico e semântico);
3. Dados de grande densidade de informação: a abordagem para a representação destes dados centra-se no mapeamento em símbolos. De acordo com os autores, a aplicação de som oferece um canal adicional à representação e aumenta a quantidade de dados a serem comunicados. Porém, a perceção visual e sonora teria de ocorrer em tempos diferentes para não condicionar a efetividade das variáveis.

2.3 O poder expressivo do Design

O poder expressivo do Design é analisado neste capítulo, através do estudo da narrativa e metáfora. É realizada uma breve contextualização destes dois alicerces na criação de uma mensagem para o utilizador e são expostos projetos na área de *Data Aesthetics* que usam a narrativa e metáfora visual para enfatizar a mensagem que querem transmitir.

2.3.1 Metáfora

A metáfora é uma questão de pensamento e uma transação entre contextos. A metáfora possui interesse semântico na produção de possíveis significados (Richards, 1936) e visa a criação de sentido.

Neste contexto, realçamos as metáforas visuais que possuem um papel fundamental na analogia pictórica, através de semelhanças físicas ou conceptuais. No ramo de *Data Aesthetics*, as metáforas visuais fornecem “um conjunto de propriedades estruturais que criam uma estrutura que dá lugar a significados” (Zhang, 2016).

A linguagem das metáforas visuais tem a capacidade de incorporar diversos significados, uma vez que os elementos visuais sofrem diferentes percepções a nível de: (i) impacto, (ii) ênfase, (iii) estado e (iv) tonalidade. A metáfora é uma ferramenta rica e expressiva que enaltece a representação visual de informação (Horn, 1998).

Metáforas visuais aplicadas em Data Aesthetics

De seguida, expomos a aplicação da metáfora visual em projetos de *Data Aesthetics* e mostramos a forma como os autores se propõem comunicar os dados retratados através dos elementos visuais metafóricos escolhidos para o efeito.

O projeto interativo “Poppy Field” de Valentina D’Efilippo (2013) combina o uso da metáfora com a emoção e possibilidade do utilizador interagir com os dados (D’Efilippo, 2013). “Poppy Field” (figura 15) representa o número de mortes em guerras, de 1914 a 2014. Cada “poppy” representa uma guerra e o seu tamanho representa o número de mortes. A simbologia deste elemento “poppy” sugere a comemoração militar das mortes em guerra e por outro lado, em tom provocatório para quem não é familiarizado com esta simbologia.

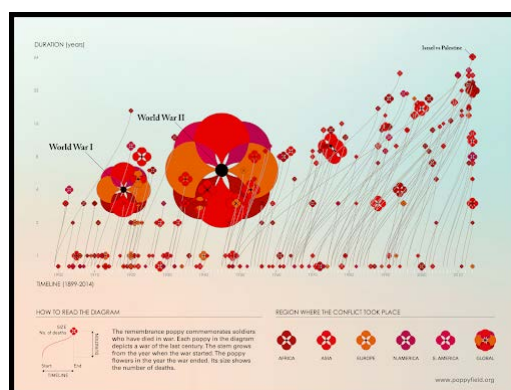


Figura 15. “Poppy Field” (D’ Efilippo, 2013).

O projeto “Ecosphere Project”, desenvolvido por Heimat Berlin, foi desenhado para promover a Conferência contra as mudanças climáticas organizada pelas Nações Unidas em 2011 (CNN, 2012). O principal objetivo do projeto é espelhar os acontecimentos da conferência e abrir uma discussão online. A metáfora do projeto representa a própria mensagem e objetivos do projeto para o leitor — “Plant your thought, watch the discussion grow”.

O planeta (figura 16) é representado por uma “esfera viva”, que através de milhares de tweets gera em tempo real um planeta próprio. As formas orgânicas adaptam-se ao ecossistema e à discussão no twitter (CNN, 2012). Independentemente da discussão, a forma principal permanece firme, sem qualquer vestígios de degradação. Cada tweet estimula o crescimento da forma, através das conversas. Os pensamentos das pessoas surgem associados às sementes, que crescem à medida que as ideias são partilhadas. As variáveis visuais do ecossistema como a cor, o tamanho e o crescimento das plantas cria a sensação de pertença (CNN, 2012).

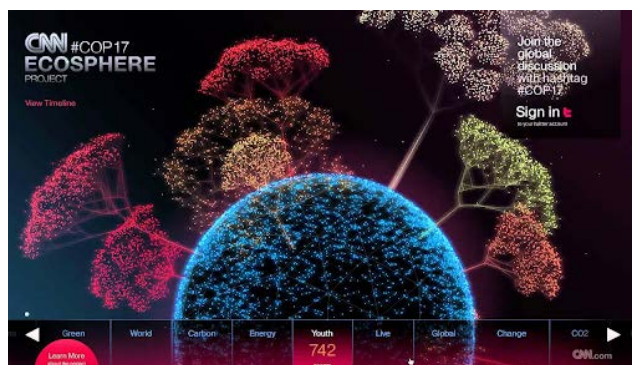


Figura 16. “CNN Ecosphere”, (iF Design Award, 2013).

O projeto “Whisper” analisa as informações do Twitter sobre um terremoto de magnitude 6,8 e uma série de tremores secundários e tsunamis que atormentaram a ilha de Hokkaido, no Japão (Cao et al., 2012). O projeto (figura 17–18) destaca 3 características principais do processo de difusão com o Twitter — tendência temporal, resposta da comunidade e extensão socioespacial. É aplicada uma metáfora visual associada a um girassol, de forma a transmitir os processos de difusão. Os pontos no centro do girassol representam os tópicos de interesse, as linhas representam as vias de difusão e traçam o caminho desde a fonte até aos utilizadores que retransmitem a informação.

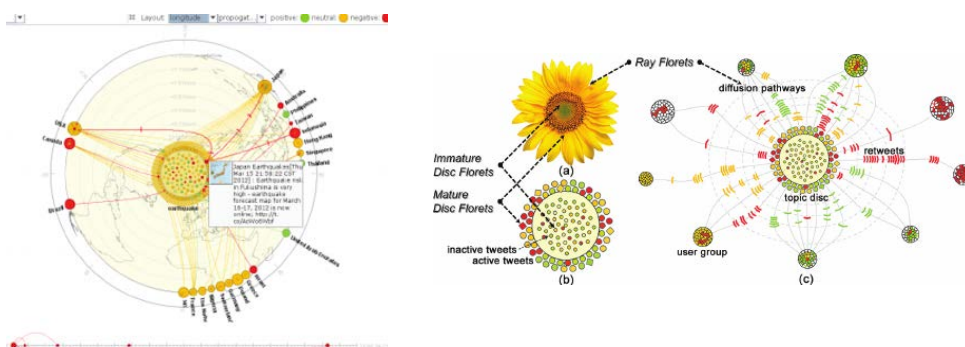


Figura 17–18. Projeto e metáfora do projeto “Whisper” (Cao et al., 2012).

O projeto “Um Ecosistema Político-Empresarial” foi realizado pelo professor Pedro Cruz (Cruz, 2013) e mostra as relações de membros de Governos de Portugal com empresas e grupos entre 1975 a 2013. A visualização (figura 19) usa a metáfora de ecossistema para representar todos os políticos e empresas e as relações e interdependências regidas por condições.

Os políticos são organismos vivos e a sua cor reflete a última filiação partidária. Quando a afiliação não é certa, os organismos encontram-se cinzentos. A anatomia do organismo do político difere conforme o número de empresas que tem de visitar.

As empresas são representadas por círculos cinzentos com área proporcional ao número de políticos com cargo entre os anos em estudo. Quanto maior os círculos mais políticos passaram por estas empresas.

A interação no ecossistema ocorre com o clique baseado na noção de filtragem dos dados visualizados na empresa ou político. Ao clicar na empresa, é isolado o ecossistema apenas à empresa, mostrando apenas os políticos que tiveram cargo na empresa e todas as empresas que tiveram estes políticos a orbitar a empresa selecionada. Ao selecionar o político, o utilizador visualiza o percurso dos políticos entre empresas, assim como informações sobre os cargos políticos, duração e afiliações partidárias.

Este projeto assemelha-se ao nosso por dar ênfase à metáfora do ecossistema e criação de relações, condições e regras entre políticos e empresas. Para além de aplicar a metáfora visual de ecossistema com organismos vivos é ainda aplicada a narrativa e a noção de tempo para mostrar o tempo nas empresas afiliadas aos políticos.

O principal objetivo do projeto “Um Ecosistema Político-Empresarial” é consciencializar o público e apelar à discussão, para isso, informa e comunica com o utilizador através de uma sátira lúdica.

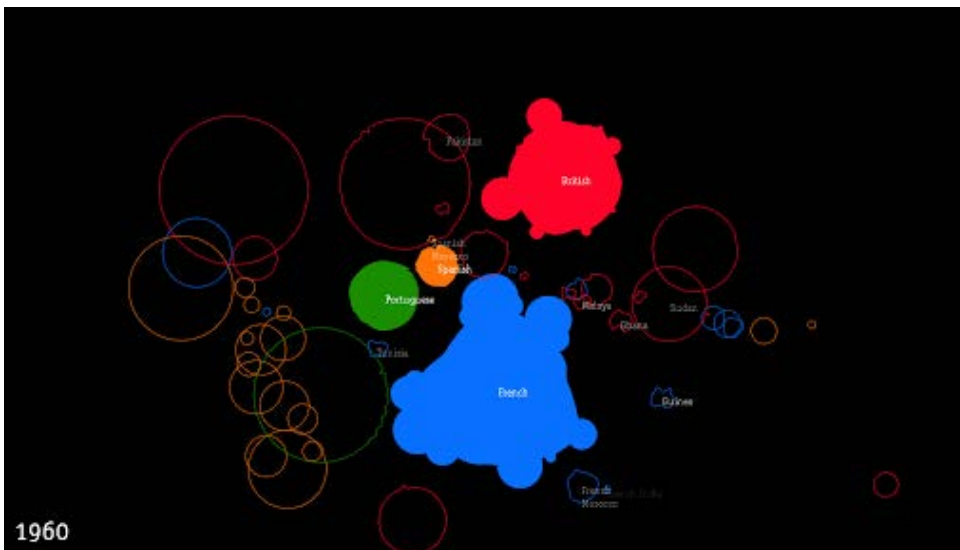




Figura 19. Visualização interactiva “Um Ecosistema Político” de Pedro Cruz (Cruz, 2013).
 Link para visualização do ecossistema interativo: <https://pmcruz.com/eco/>.

O projeto “Visualizing Empires Decline” dos professores Pedro Cruz e Penousal Machado representa metaforicamente a evolução dos impérios marítimos conquistados por britânicos, franceses, portugueses e espanhóis entre o século XIX e XX (figura 20—21) (Cruz & Machado, 2011). Através da criação de formas fluídas, os autores narram a história dos impérios entre 1770 a 2010, com o incremento de um ano por segundo. As formas orgânicas (soft bodies) variam ao longo da simulação, face ao ganho ou perda de território.

O comportamento dos soft bodies¹ foi desenvolvido com um algoritmo de partículas conectados a springs, que se atraem, colidem ou repulsam. Com estas três regras fundamentais, os autores criam um ecossistema de impulsos e sensações, com o objetivo de criar a narrativa para as nações envolvidas. A cor representa a bandeira de cada país, que simboliza a pátria.



3 Objetos flexíveis e deformáveis, que mudam de posição, orientação e tamanho.

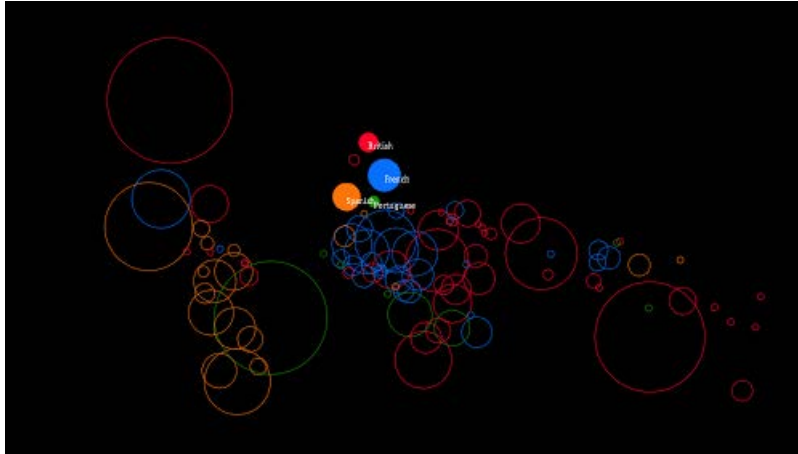


Figura 20 –21. “Visualizing Empires Decline” (Cruz & Machado, 2011).

2.3.2 Narrativa

A narrativa é uma forma de comunicar uma ideia, uma história ou uma ação, é o sentido de expor uma série de eventos ou narrar uma história (Cambridge Dictionary, n.d.). Na era do computador, a narrativa é uma “forma chave de expressão cultural” (Manovich, 2002) que, quando aliada à representação de dados, tem como principal objetivo dar significado à informação.

Narrativas visuais

As narrativas visuais são o culminar do desenvolvimento de técnicas de direcionamento da atenção do utilizador. Estas técnicas dependem dos elementos visuais constituintes do sistema e da sua importância ao longo da narrativa. Uma das técnicas usadas para sobressair informação é o uso de cor, tamanho e orientação. A atenção do utilizador recai sob fatores como: (i) o próprio sistema, (ii) a tarefa que tem de realizar e (iii) fatores culturais (e.g. ordem de leitura).

Com a aplicação da narrativa em Data Aesthetics é possível tornar a representação “compreensível, memorável e confiável para o público” (Ma et al., 2012, p.17-19). O tom emocional e a forma como a representação ilustrativa é representada define a percepção e o impacto das representações visuais.

A narrativa no contexto deste projeto segue as diretrizes propostas por Few (2009): (i) a narrativa deve ser “simples”, com foco apenas no cerne da mensagem; (ii) deve ser “verdadeira”, para que o público tenha capacidade em responder à informação relatada; (iii) deve passar uma mensagem “familiar” e deve estar alinhada aos interesses, conhecimentos e modos de vida do público; e (iv) deve ser “sequencial”, com início, meio e fim.

De seguida, expomos alguns projetos que dão uso à narrativa para comunicar e expor uma mensagem através de elementos figurativos que dão ideia de continuidade e sequência.

O projeto “U.S Gun Deaths” (Periscope et al., 2013) explora os crimes que ocorreram em 2010, 2013 e 2018. A história começa a fazer sentido para o leitor quando percebe que a linha representa um ser humano assassinado (figura 22). A linha a cinza representa os anos que a pessoa podia ter vivido e a laranja as vidas dos que morreram. Os óbitos podem ser analisados através de : (i) gênero; (ii) raça; (iii) faixa etária; (iv) localização; (v) tipo de arma; (vi) contagem de vítimas; (vii) tipo de assaltante.

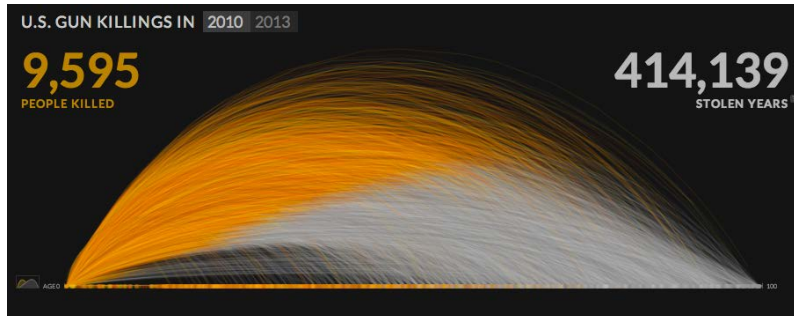


Figura 22. “U.S Gun Deaths”(Periscope et al., 2013).

O projeto “A Day in Life of Americans” (Yau, 2015) analisou os padrões comportamentais do ser humano em 24h. A autora usou uma base de dados da American Time Use Survey (2014) e traçou uma simulação do dia de 1.000 americanos. Para representar a transição entre as atividades do dia (figura), representou 1.440 matrizes que podem ser alteradas através da variável de tempo: (i) lento; (ii) médio e (iii) rápido. Cada ponto representa uma pessoa e a cor a atividade. A narrativa é conduzida pela transição do tempo: (4h—24h) e é representada progressivamente de lento, para o movimento dos pontos/ pessoas (figura 23—24).

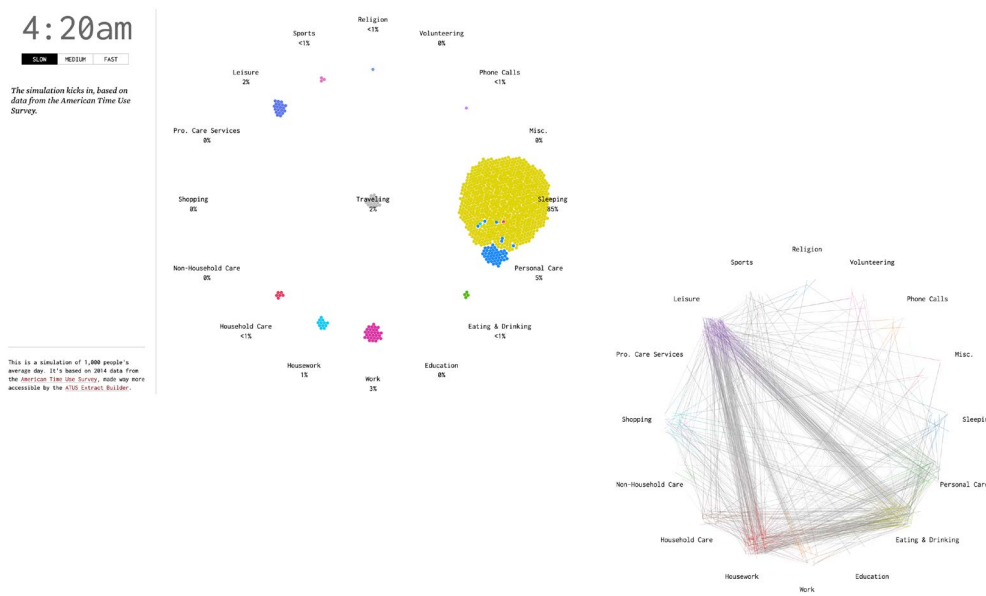


Figura 23—24 . “A Day in Life of Americans” e representação das atividades ao acordar (Yau, 2015).

O projeto “One Angry Bird” (Schrauf & Perisopic, n.d.) representa as expressões faciais dos últimos 6 presidentes e revelou diferenças notáveis na emoção transmitida. Para representar as expressões faciais usaram a API Microsoft Emotion para identificar as 7 emoções principais: (i) felicidade; (ii) surpresa; (iii) medo; (iv) repugnante; (v) desprezo; (vi) tristeza (figura 25—26). Cada pena representa um discurso, cada ligação à pena representa o momento do discurso em que um presidente mostrou emoção e o comprimento representa a intensidade da emoção. A curvatura desta, também indica a positividade/negatividade do discurso. Através da emoção é criada uma narrativa visual que narra através da pena o fluxo do discurso dos presidentes dos EUA.

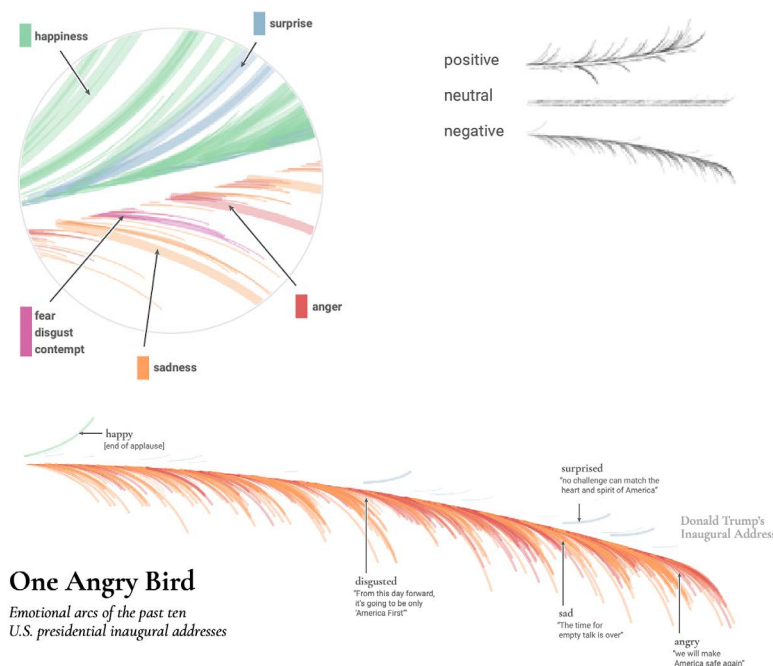


Figura 25—26. Legenda do projeto “One Angry Bird” e representação do discurso de Donald Trump (Schrauf & Perisopic, n.d.).

O projeto “Out of Sight, Out of Mind” (Pitch Interactive et al., 2013) explora os ataques clandestinos de uma operação militar dos EUA que ocorreu no Paquistão em 2004 (figura 27). A representação dos ataques é ilustrada por drones. Ao clicar no link das vítimas, o utilizador consegue ver em vista expandida o total de número de ataques que ocorreram em cada mês. A visualização traça ao longo do tempo cada ataque e número de vítimas. Para além de contar a história através dos dados, o projeto apresenta relatos recentes sobre os ataques e pretende passar a mensagem para a “realidade da guerra e luta contra a tentação de permitir que os efeitos permaneçam fora da vista e fora da mente” das pessoas.

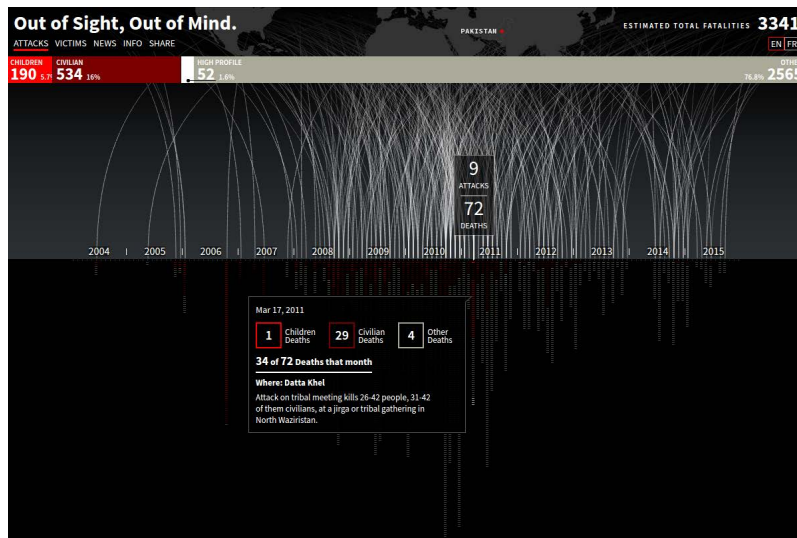


Figura 27. “Out of Sight, Out of Mind” (Pitch Interactive et al., 2013).

O projeto “The Stories behind a line” (Fragapane & Piacentini, 2016) relata a história de 6 exilados, através da exposição de dados como: quilômetros percorridos, horas perdidas e transportes . Este projeto conduz uma linha de vida relatada na 1.ª pessoa pelos exilados (figura 28—29). Através da representação da linha, este projeto demonstra a temporalidade da narrativa de cada um dos exilados desde a sua origem até ao seu destino, a Itália.

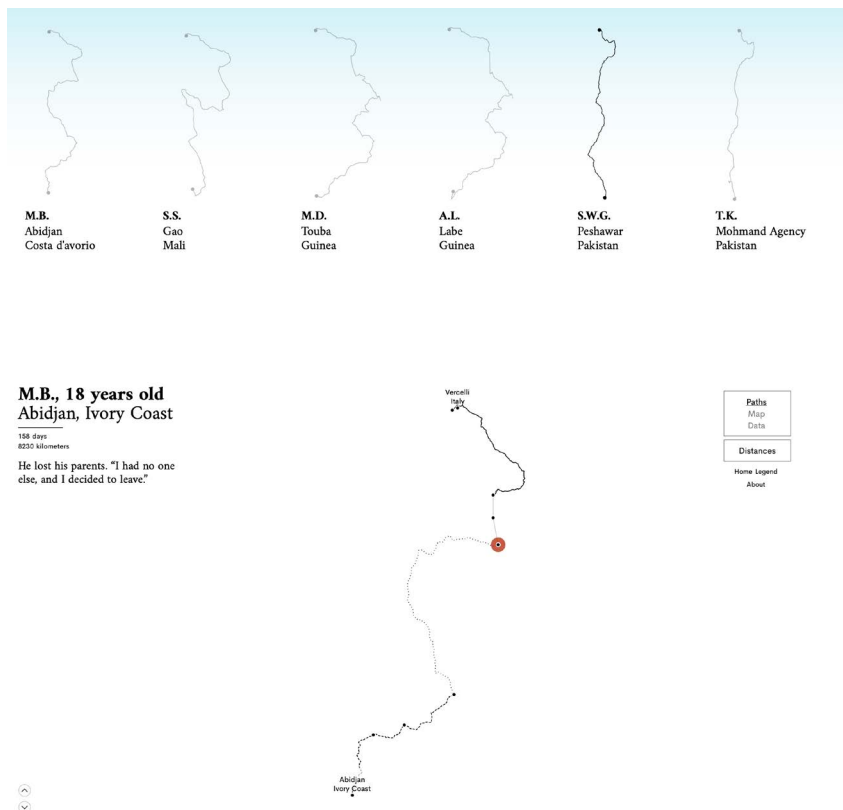


Figura 28—29. “The Stories behind a line” e narrativa de um exilado proveniente da Líbia (Fragapane & Piacentini, 2016).

2.4 Trabalhos relacionados

Os trabalhos relacionados que se seguem foram elegidos de acordo com os requisitos da investigação. São apresentados trabalhos relacionados com o ambiente e Internet. Após a descrição de cada projeto segue-se a categorização dos projetos através da análise de variáveis consideradas importantes para o estudo.

1. Earth Bits - Sensing the Planetary

“Earth Bits - Sensing the Planetary” é uma instalação desenvolvida por Dotdotdot que mostra por meio de conteúdo gráfico e digital, a pegada de carbono da humanidade (DotDotDot, 2021). Esta instalação foi realizada com o apoio científico da Agência Espacial Europeia (ESA), Agência Internacional de Energia (IEA) e EDP Inovação (Energias de Portugal). O projeto em si, começa com um caminho progressivo ligado por fenómenos, escalas e percepções, em que são ilustradas 80 ações de recolha e extração que alimentam setores da sociedade no espaço de 24h (figura 30).

O subprojeto “Power Rings - Energy Consumption in Portugal (2019-2020)” consiste numa visualização de padrões de mudança de consumo diário de eletricidade em Portugal entre os anos de 2019 e 2020 (figura 31–32). Para além de Portugal, são ainda feitas representações da cidade de Faro, Viana do Castelo, Beja e Porto.

A consola interativa com possibilidade de multiutilizadores, intitulada por “CO2 mixer - Identifying Human Impact” (figura 33–34) mede a pegada ecológica individual. A pegada ecológica é medida através das escolhas em categorias como nutrição, habitação e mobilidade. A interface compara dados qualitativos e quantitativos em torno do impacto negativo das práticas industriais e os efeitos das políticas globais. “CO2 mixer” possui sonificação que cria uma paisagem musical que reflete os dados medidos.

“Planet Calls - Imagining Climate Change”, oferece através de imagens e dados de satélite, uma correlação histórica entre as emissões e o aumento da ocorrência de fenómenos ambientais na Terra (figura 35–36). Nesta instalação foi também desenvolvida uma visualização dos ventos mundiais (figura 37–38) durante o verão de 2020 (dados da Agência Espacial Europeia).



Figura 30. Mural gráfico de “24 hours - The Ecology and Energy of our flux”, em colaboração com a EDP Inovação (DotDotDot, 2021).

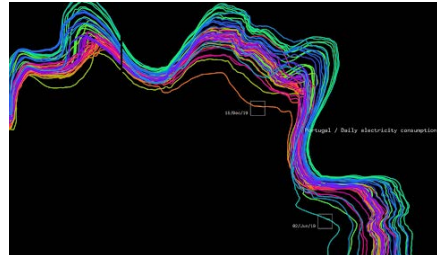
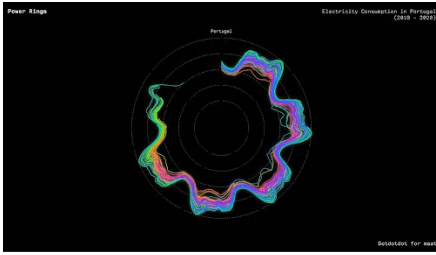


Figura 31–32. “Power Rings - Energy Consumption in Portugal” (DotDotDot, 2021).

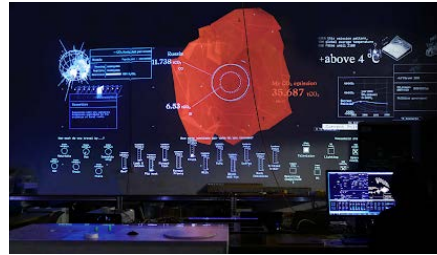


Figura 33–34. “The CO2 Mixer - Identifying Human Impact” (DotDotDot, 2021). Vídeo da performance no seguinte link: <https://vimeo.com/551817365>.

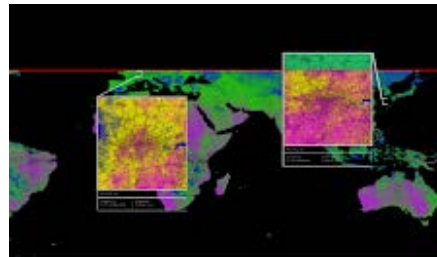
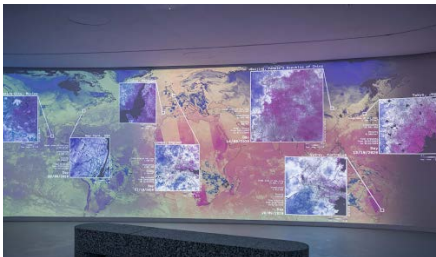


Figura 35–36. “Planet Calls - Imagining Climate Change” (DotDotDot, 2021)

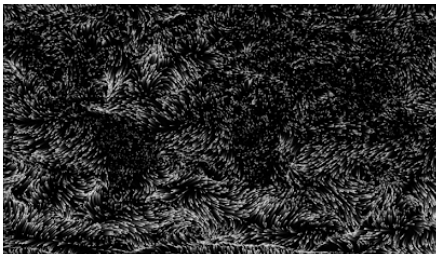


Figura 37–38. Esta obra é parte da instalação “Planet Calls- Imagining Climate Change” (Dot-DotDot, 2021). Vídeo demonstrativo da exposição “Earth Bits - Sensing the Planetary”: <https://ext.maat.pt/cinema/earth-bits-sensing-planetary>.

Variáveis visuais	Percepção	Interação	Narrativa e metáfora	Dados	Output
Tamanho Linha Cor Forma Dimensão x Dimensão y	Quantitativa Associativa	“The CO2 Mixer” - a paisagem musical reflete os dados da pegada ecológica de cada utilizador.	Narrativa criada através do “senso de urgência” em torno da crise ambiental.	Tempo Pegada ecológica Consumo de energia Emissões de CO2 e aumento dos níveis dos ventos mundiais.	Visualização composta por animações rítmicas, estéticas e repetitivas com cores vibrantes e efeitos sonoros imersivos.

Tabela 1. Exploração do projeto “Earth Bits - Sensing the Planetary”.

2. Hydrogen Atom

A produção de hidrogénio é responsável por cerca de 830 milhões de toneladas de emissões de CO₂ por ano (International Energy Agency, 2021). Por isso, é apresentado também nesta categoria o projeto “Hydrogen Atom”. Este projeto da autoria de Lance Putnam e Charles Roberts explora as formas orbitais de um átomo de hidrogénio (Roberts et al., 2010) e tem como objetivo a criação de uma experiência multimodal, através da visualização interativa e sonificação da onda elétrica. Os autores aplicam a equação de Schrödinger, para modelar as órbitas atômicas dependentes do tempo potencial esférico simétrico.

A representação (figura 39–40) apresenta a relação entre o núcleo e o electrão. O electrão pode estender-se para fora do núcleo de forma a criar diversas variações. A simulação 3D foi programada para criar sobreposições orbitais e os comportamentos dinâmicos, com a emissão e absorção de fotões.

A aplicação visual de linhas coloridas permite uma relação entre a dimensão do mapeamento, a complexidade e eficiência visual e noções de dimensionamento espacial a nível de orientação, comprimento e direção. É aplicada ainda, uma paisagem sonora capaz de notificar o utilizador de certo tipo de eventos, como surgimento ou dissipação de formas que ocorrem dentro do núcleo. Para a manipulação da sonificação é aplicado o mapeamento gestual, replicado repetidamente para produzir resultados sonoros interessantes.

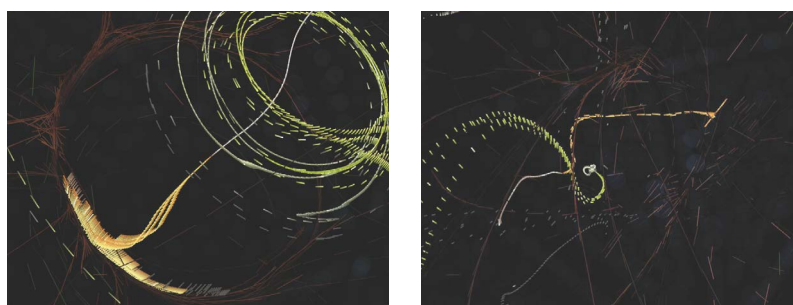


Figura 39–40. “Hydrogen Atom”, relação entre o núcleo e o electrão (Roberts et al., 2010).

Variáveis visuais	Percepção	Interação	Narrativa e metáfora	Dados	Output
Tamanho Cor Linha Orientação Direção Sobreposição	Seletiva	Sem interação.	Simbiose entre o mundo virtual e o mundo científico conseguida através da metáfora visual do átomo.	Tempo Onda elétrica	Visualização interativa e experiência multimodal com uso de realidade virtual.

Tabela 2. Análise do projeto “Hydrogen Atom”.

3. 7000 oaks and counting

O projeto “7000 Oaks and Counting”, realizado por Tiffany Holmes, reinterpreta dados ecológicos por meio de novos meios tecnológicos e artísticos com o objetivo de educar e mudar o comportamento do consumidor (Holmes, 2007, pp.7-9). Esta visualização visa a exploração do compromisso público individual de redução da pegada de carbono e, é composta por uma sequência animada de imagens de árvores que estão relacionadas com as emissões de carbono (figura 41–43).

Os dados foram recolhidos do prédio do NCSA, que possui um sistema de controlo que apura dados relativos ao vapor, água gelada, fluxo de eletricidade, entre outros. Através dos dados obtidos no edifício, é calculada a pegada de carbono em tempo real e, posteriormente, é convertida no número de árvores que seriam necessárias para compensar o carbono emitido. Cerca de 7 árvores precisam de ser plantadas para absorver meio quilo de CO₂, o que torna a metáfora da árvore bastante enraizada neste projeto, como uma forma fácil de relação entre a natureza e o ser humano. A visualização mostra um maior número de árvores quando as emissões de CO₂ são altas. Quando as emissões diminuem as árvores aumentam de tamanho e são visíveis mais detalhes.



Figura 41–43. “7000 oaks and counting” (Holmes, 2007).

Variáveis visuais	Percepção	Interação	Narrativa e metáfora	Dados	Output
Tamanho Forma Repetição Simetria	Quantitativa Associativa	Sem interação	O carvalho é a metáfora e transmite a ligação entre o trabalho e a natureza.	Tempo Energia Árvore	Som e eco-visualização varia conforme as emissões de CO ₂ .

Tabela 3. Análise do projeto “7000 oaks and counting”.

4. Waves to waves to waves

“Waves to waves to waves” é uma instalação interativa que visualiza e sonifica a energia eletromagnética do ambiente geradas pelos humanos, mas imperceptíveis aos sentidos humanos (Sugrue & Stewart, 2008). Esta energia reflete a relação de dependência crescente com a tecnologia. As mudanças detectadas no ambiente por dispositivos wi-fi, rádio, televisão e telemóveis são convertidas em sinais elétricos que gera sons e formas abstratas, desenvolvendo em tempo real uma instalação audiovisual interativa (figura 44–48).

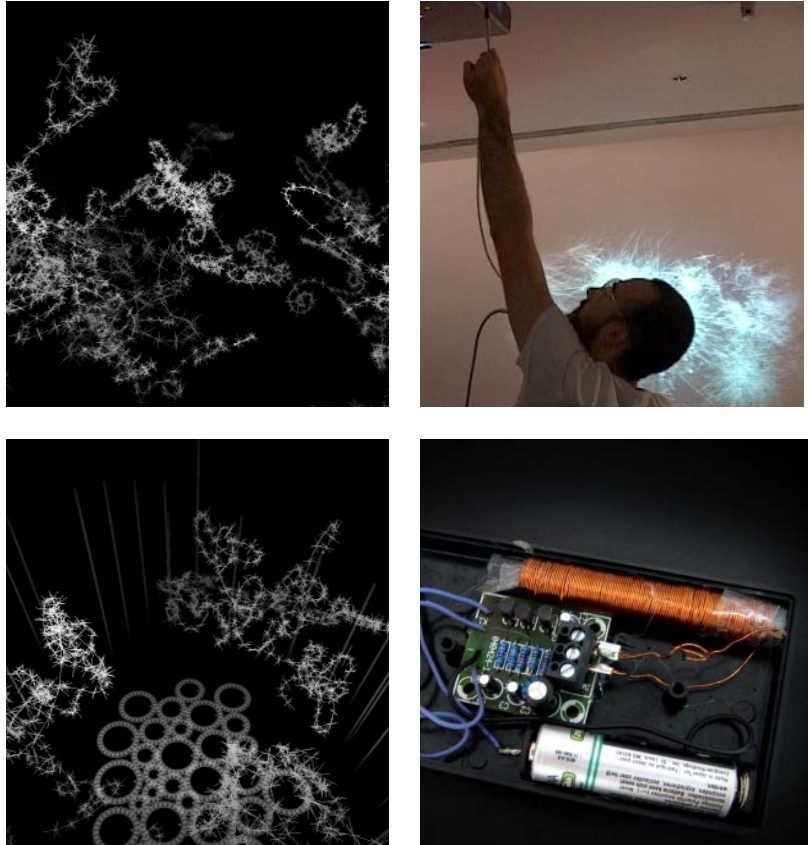


Figura 44–48. “Waves to waves to waves” (Sugrue & Stewart, 2008).

Variáveis visuais	Percepção	Interação	Narrativa e metáfora	Dados	Output
Cor Forma	Seletiva	Sem interação	Metáfora - ondas eletromagnéticas vivas, cria a alusão à dependência tecnológica.	Ambiente Dispositivos eletrônicos Tempo	Visualização conseguida através da conversão do sinal elétrico em sons e formas abstratas.

Tabela 4. Estudo da instalação “Waves to waves to waves”.

5. Opte Project

Da autoria de Barret Lyon, “Opte Project” relata a evolução da internet desde 1997, até aos dias de hoje (Lyon, 2003). A técnica representativa usada para contemplar a metafísica da internet, mostra através da linha os pontos de comunicação entre dois protocolos de internet (IP Addresses). A tecnologia usada para criar esta representação intitula-se de traceroute e analisa cada sequência da internet e o seu caminho (figura 49–50). Cada cor representa um domínio numa área geográfica onde são registados dados regionais de Internet (RIR) e encontram-se em cinco pontos do mundo: (1) África com a cor amarela, (2) América do Norte com a cor azul, (3) Ásia com a cor vermelha, (4) América latina com a cor rosa e (5) Europa com a cor verde.

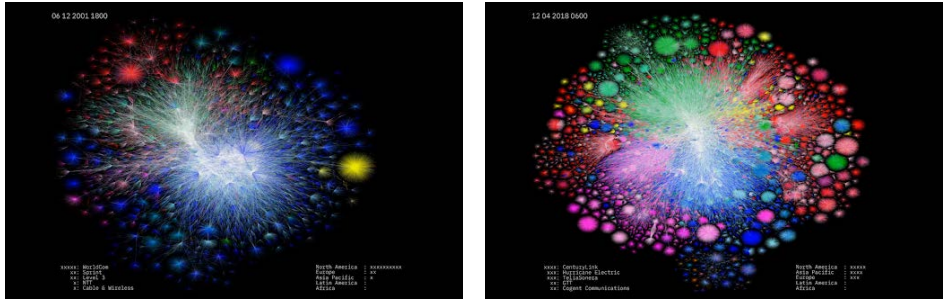


Figura 49–50. “Opte Project” realizado por Barret Lyon, 2003 (Lyon, 2003). Vídeo exploratório disponível no seguinte url: <https://www.opte.org/the-internet>.

Variáveis visuais	Percepção	Interação	Narrativa e metáfora	Dados	Output
Ponto Linha Cor Tamanho	Associativa	Sem interação	Narrativa criada através da evolução histórica da internet desde 1997 a 2021.	Tempo Área geográfica Ramificações Área de atuação na internet	Visualização dos países que divergem na cor dependendo do impacto que possuem na internet.

Tabela 5. Análise da visualização “Opte Project”.

6. Pure data read as pure data

“Pure Data read as pure data” é um projeto que visa a observação da máquina, propondo uma experiência física dos dados numéricos e as diferentes linguagens e conteúdos relacionados (Maigret, 2010). Na versão do projeto em formato de vídeo, é explorado o código fonte da aplicação Pure Data e são mostrados diretamente como sons e píxeis. Esta exploração concreta do código binários e as qualidades de estrutura lógica, ritmo, redundância e compressão são contornadas com a transformação algorítmica de fluxos visuais e sonoros (figura 51 –52).

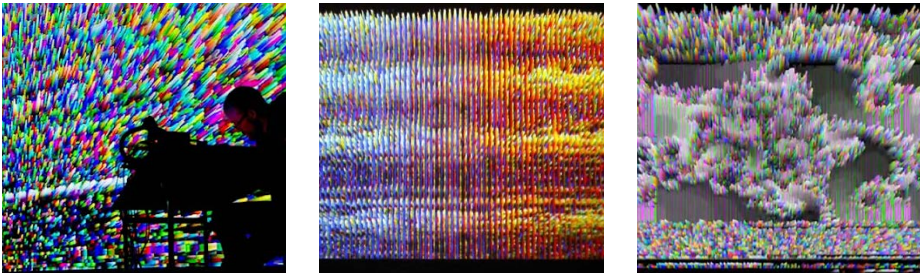


Figura 51–52. “Pure data read as Pure data” (Maigret, 2010).

Variáveis visuais	Percepção	Interação	Narrativa e metáfora	Dados	Output
Cor Forma Tamanho	Seletiva Quantitativa	Sem interação	Sem narrativa e/ou metáfora.	Aplicação Pure Data Tempo Código binário	Visualização conseguida através da sequência de som e píxeis, que resulta numa performance ao vivo e num vídeo.

Tabela 6. “Pure data read as Pure data” (Maigret, 2010).

2.5 Considerações dos projetos analisados

De forma a poder analisar os projetos descritos no subcapítulo 2.4, fizemos um levantamento das categorias: variáveis visuais, percepção, interação, narrativa e metáfora, dados representados e output. Para o levantamento de projetos foram realizadas duas tabelas, uma para cada tema em análise: ambiente (tabela 7) e internet (tabela 8).

Tema	Ambiente			
Projeto	<i>“Earth Bits - Sensing the Planetary”</i>	<i>“Hydrogen Atom”</i>	<i>“7000 oaks and counting”</i>	<i>“Waves to waves to waves”</i>
Variáveis visuais	Tamanho, linha, cor, forma, dimensão x e y	Tamanho, cor, linha, orientação, direção, sobreposição	Tamanho, forma, repetição, simetria	Cor, forma
Percepção	Quantitativa e associativa	Seletiva	Quantitativa e associativa	Seletiva
Interação	<i>“The CO₂ Mixer”</i> - a música reflete a pegada ecológica dos utilizadores	Sem interação	Sem interação	Sem interação
Metáfora e narrativa	Senso de urgência em torno da crise ambiental (narrativa)	Simbiose entre o mundo virtual e científico (metáfora — átomo)	Ligação entre o trabalho e a natureza (metáfora — carvalho)	Dependência tecnológica (metáfora — ondas eletromagnéticas)
Dados	Tempo, pegada ecológica, consumo de energia, emissões de CO ₂	Tempo, onda elétrica	Tempo, energia	Ambiente, dispositivos eletrônicos, tempo
Output	Visualização: animações rítmicas, estéticas e repetitivas	Visualização interativa e multimodal (realidade virtual)	Som e eco-visualização varia conforme as emissões de CO ₂ .	Visualização da conversão do sinal elétrico em sons e formas abstratas

Tabela 7. Tabela relativa aos projetos relacionados com o ambiente.

Tema	Internet	
Projeto	<i>“Opte Project”</i>	<i>“Pure data read as pure data”</i>
Variáveis visuais	Ponto, linha, cor, tamanho	Cor, forma, tamanho
Percepção	Associativa	Seletiva Quantitativa
Interação	Sem interação	Sem interação
Metáfora e narrativa	Narrativa criada através da evolução histórica da internet desde 1997 a 2021.	Sem narrativa e/ou metáfora.
Dados	Tempo, área geográfica, ramificações, internet	Aplicação Pure Data, tempo, código binário, internet
Output	Visualização dos países que divergem com o impacto que possuem na <i>internet</i> .	Visualização: sequência de som que resulta numa performance ao vivo e num vídeo.

Tabela 8. Tabela relativa aos projetos relacionados com a internet.

No que diz respeito às variáveis visuais, destacam-se a cor, a forma e o tamanho. Em termos perceptuais, a percepção associativa⁴ e quantitativa⁵ são as mais usadas. No caso da interação, verificou-se predominante a sua ausência. Na narrativa e metáfora, pode-se observar que a metáfora é predominante. Nos dados, a predominância são os seguintes: (i) tempo, (ii) consumo de energia e (iii) internet.

Dos temas abordados nos trabalhos é possível apurar que 4 focam-se no ambiente e os restantes 2 na internet. Dos projetos analisados existe pouca amostragem a nível da ligação entre as áreas em estudo — *Data Aesthetics* e Design de Interação. Dos projetos relacionados com *Data Aesthetics*, a interação ocorre somente no projeto “The CO2 Mixer”, onde o som emerge no ambiente da instalação como reflexo dos dados da pegada ecológica do utilizador.

A nível representativo é possível observar uma variedade de representações que, na sua essência, não fogem muito ao que se costuma ver quando se relaciona dados como a área geográfica com a utilização de mapas (“Planet Calls - Imagining Climate Change”), gráficos radiais (“Power Rings - Energy Consumption in Portugal”) e formas mais orgânicas (“Pure Data read as pure data e Waves to waves to waves”) que possuem um carácter visual exploratório.

Foi nos possível verificar que a forma mais usada para representar os dados é com a distribuição de dados em formato circular ou segundo uma forma contínua, horizontal ou vertical. É ainda importante referir que, a aplicação da metáfora visual é pouco vista nos projetos.

Os projetos que melhor integram o conceito da dissertação é o projeto “Earth Bits - Sensing the Planetary”, em específico o subprojeto “Power Rings - Energy Consumption in Portugal” que aborda os padrões de mudança de consumo de eletricidade em Portugal e o sub-projeto “Planet Calls - Imagining Climate Change” que revela uma correlação histórica entre as emissões de CO2 e o aumento da ocorrência de fenómenos ambientais na Terra. Estes dois projetos representam de forma diferenciada os dados retratados face aos restantes projetos analisados e sugerem a exploração e descoberta dos dados transmitidos por parte do utilizador.

A presente dissertação diferencia-se dos dois trabalhos referidos na medida que procura explorar a relação entre os temas de energia, internet e ambiente num só artefato. Procura também se destaca a nível da metáfora, através da criação de um ecossistema exploratório.

4 A percepção associativa procura equalizar a variação de correspondências em categorias de variação combinadas (e.g. forma, orientação, cor e textura).

5 A percepção quantitativa diz respeito à definição numérica do rácio entre duas variáveis (e.g. tamanho).

3. Metodologias e plano de trabalho

Este capítulo foca-se na descrição das metodologias usadas para a concretização dos objetivos propostos no capítulo 1. É também apresentado o plano de trabalho realizado no 1.º semestre e o previsto e realizado no 2.º semestre. É referido no plano de trabalho as principais tarefas e, é explicada a sua pertinência face ao desenvolvimento da dissertação.

3.1 Metodologias

O processo metodológico e de trabalho visa responder aos objetivos principais da dissertação:

1. Investigar visualizações de informação direcionadas para a representação qualitativa de dados;
2. Estudar uma solução visual de forma a transmitir uma série de mensagens, tendo em consideração a percepção de elementos gráficos;
3. Rever projetos com uma aplicação eficaz da narrativa e metáfora visual;
4. Desenvolver um projeto funcional e interativo que permita a exploração dos dados a serem representados.

A presente dissertação foca-se na relação entre duas metodologias — Metodologia de Design Research e Metodologia de Visualização de Informação.

A metodologia Design Research consiste num processo de criação que serve os propósitos humanos (Vaishnavi & Kuechler, 2006). As fases do processo de Design Research são descritas em seguida:

1. A fase de ideação/sugestão relaciona-se com a proposta e com o resultado criativo. Aqui é exposta uma proposta de Design com base no problema identificado;
2. A fase de desenvolvimento do projeto visa a exploração e implementação com base em técnicas interativas com auxílio de programação;
3. A fase de avaliação destina-se à apreciação do artefato de acordo com critérios previamente definidos e visa detetar erros e efetuar melhorias ao artefato;
4. A fase de conclusão é a última fase desta metodologia e relaciona-se com a conclusão do projeto, em que são analisados os resultados obtidos, o conhecimento adquirido e a projeção futura para investigação na área.

O processo metodológico da área de visualização de informação compreende a forma como os dados são percebidos pelos indivíduos (Fry, 2004). O processo consiste em sete etapas:

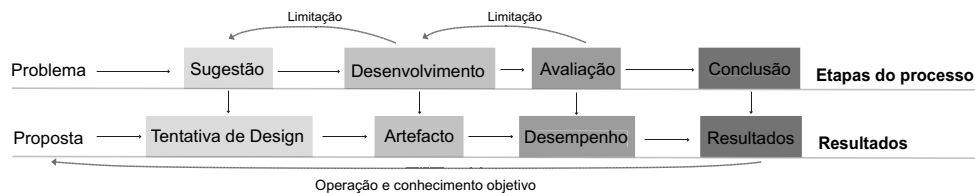
1. Adquirir — obtenção de dados;
2. Analisar — estrutura e formulação de significado dos dados e ordenação em categorias;
3. Filtrar — filtragem apenas para os dados de interesse;
4. Aplicar — aplicação de métodos estatísticos como forma de encontrar padrões e simplificar grandes volumes de dados;
5. Representar — representação visual dos dados;
6. Refinar — aprimoração da representação definida na etapa anterior tornando-a clara e visualmente envolvente;
7. Interagir — definição e implementação de métodos de manipulação de dados e de controlo do modelo visual.

Relação entre as metodologias

O objetivo da relação entre metodologias visa abranger uma metodologia capaz de definir as etapas de análise e representação de dados (metodologia de Visualização de Informação) assim como o processo de Design para a criação de artefatos computacionais (metodologia de Design Research). A junção das duas metodologias culmina no seguinte processo (figura 53):

- Fase de ideação/sugestão: trabalho sobre a aquisição de dados relativos ao tema principal desta dissertação, o impacto do uso de internet e consumo energético no ambiente;
- Fase de desenvolvimento: é implementada uma sugestão para o problema. Nesta fase, pressupõe-se a análise dos datasets e estudo das relações entre variáveis. Esta fase é essencial para a inclusão apenas dos dados de maior relevância. Ainda na fase de desenvolvimento é estudado a aplicação e representação visual dos dados. Nesta fase de desenvolvimento aplicamos a metodologia de Ben Fry em cada etapa do processo — analisar, filtrar, aplicar e representar;
- Fase de avaliação: avaliação do trabalho realizado com testes de usabilidade: teste iterativo e teste de percepção. Na fase de avaliação são sugeridos os refinamentos necessários para interação mais eficiente entre o utilizador e o artefato;
- Fase de conclusão: são analisados os resultados e tiradas conclusões sobre o artefato e a interação com o utilizador.

Metodologia de *Design Research*



Metodologia de Visualização de Informação

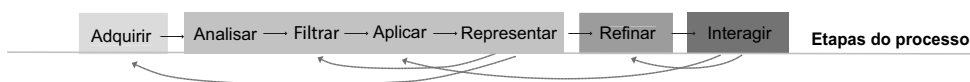


Figura 53. Relação entre a metodologia de Design Research e de Visualização de Informação. As cores representam a ligação entre as etapas das duas metodologias.

3.2 Plano de trabalho

Com objetivo de agilizar o processo de desenvolvimento da presente dissertação, foi elaborado um plano de trabalho para o 1.º semestre (figura 54) e para o 2.º semestre (figura 55). Os planos de trabalho permitiram a organização e visualização das tarefas necessárias, bem como a descrição visual do início e duração das tarefas, prazo de entrega e datas de defesa intermédia/final.

O desenvolvimento da dissertação teve início em julho de 2021, com o estudo do potencial da linguagem de programação em Processing para o desenvolvimento de visualizações de informação.

Porém, para efeitos de organização, definiu-se o começo de desenvolvimento da presente dissertação no começo do 1.º semestre, que teve início no mês de setembro de 2021. A figura 54 mostra o plano de trabalho delineado e concretizado no 1.º semestre e calendarização das principais tarefas realizadas — conceito, leitura de referências, definição dos objetivos e metodologias, pesquisa, seleção e análise de datasets, escrita, desenvolvimento projetual e deadlines.

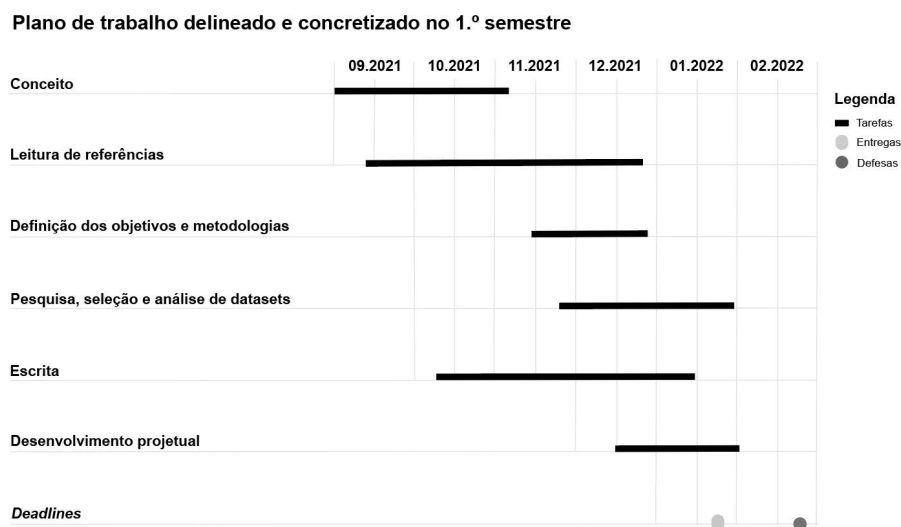


Figura 54. Plano de trabalho delineado e realizado no 1.º semestre.

Conceito

O conceito do projeto surge de um processo de brainstorming de ideias que uniu temas pertinentes para uma análise e visualização de dados — impacto do uso de internet na pegada ecológica. O conceito ao longo do tempo foi-se ajustado aos objetivos do projeto e aos dados que tínhamos ao nosso dispor. Inicialmente, o conceito do impacto do uso de internet na pegada ecológica apenas visava mostrar o impacto negativo. No 2.º semestre alargamos a abrangência do conceito.

Leitura de referências e escrita

O desenvolvimento da dissertação teve como ponto de partida a leitura de referências e formulação do conceito — impacto da internet no ambiente no espaço da UE. A pesquisa de dados teve incidência em todos os estados-membros da UE, entre 2000 e 2020.

Numa primeira fase foi feita a pesquisa do Estado da Arte que incidiu nas áreas de estudo (Data Aesthetics e Design de Interação) e possíveis temas abrangentes (e.g. consumo de energia total, número de população, entre outros).

A par com a pesquisa foi iniciado o processo de escrita da dissertação, no início de outubro de 2021, que seguiu de a estrutura delineada para o documento (até aos resultados preliminares obtidos no 1.º semestre).

Entre a pesquisa de referências bibliográficas e o processo de escrita, começámos por elaborar a contextualização da área de visualização de informação e a evolução histórica de Data Aesthetics. Em paralelo, foi feita a pesquisa de potenciais conceitos relevantes para a representação visual de dados. Com esta pesquisa, surgiu um tema e variados trabalhos nas áreas em estudo. Foi analisada posteriormente a área de Design de Interação, os níveis interativos e técnicas visuais e interativas aplicadas. Assim como o poder da expressão no Design, a nível da narrativa e metáfora. Foram ainda analisadas as considerações de cada projeto relacionado com a dissertação.

Definição de objetivos e metodologias

A definição de objetos e metodologias foi realizada em novembro de 2021, após a definição clara do conceito e investigação do estado da arte.

Pesquisa, seleção e análise de datasets

No fim de novembro, definimos o tipo de dados a recolher e foi elaborada a primeira pesquisa de dados open source sobre a temática. Após a pesquisa, houve uma fase de análise de dados e foram definidas as possíveis explorações visuais e correlações entre dados. Este desenvolvimento encontra-se descrito no capítulo 4 — projeto prático.

Desenvolvimento projetual

A nível do desenvolvimento projetual, foram ainda concebidos no final de dezembro de 2021, alguns esboços e protótipos iniciais, que surgiram após a formulação da metáfora, narrativa e público-alvo.

Após este desenvolvimento preliminar e com uma maior definição sobre o que se pretendia elaborar foi concebido o 1.º capítulo relativo à introdução da dissertação: (i) descrição do que nos propúnhamos criar; (ii) motivação e os objetivos que esperávamos alcançar; e (iii) exposição da estrutura do documento.

Com objetivo de agilizar o processo de desenvolvimento da presente dissertação, foi elaborado um plano de trabalho para o 1.º semestre (figura 54) e para o 2.º semestre (figura 55). Os planos de trabalho permitiram a organização e visualização das tarefas necessárias, bem como a descrição visual do início e duração das tarefas, prazo de entrega e datas de defesa intermédia/final.

O desenvolvimento da dissertação teve início em julho de 2021, com o estudo do potencial da linguagem de programação em Processing para o desenvolvimento de visualizações de informação.

Porém, para efeitos de organização, definiu-se o começo de desenvolvimento da presente dissertação no começo do 1.º semestre, que teve início no mês de setembro de 2021. A figura 54 mostra o plano de trabalho delineado e concretizado no 1.º semestre e calendarização das principais tarefas realizadas — conceito, leitura de referências, definição dos objetivos e metodologias, pesquisa, seleção e análise de datasets, escrita, desenvolvimento projetual e deadlines.

Plano de trabalho projetado versus realizado no 2.º semestre

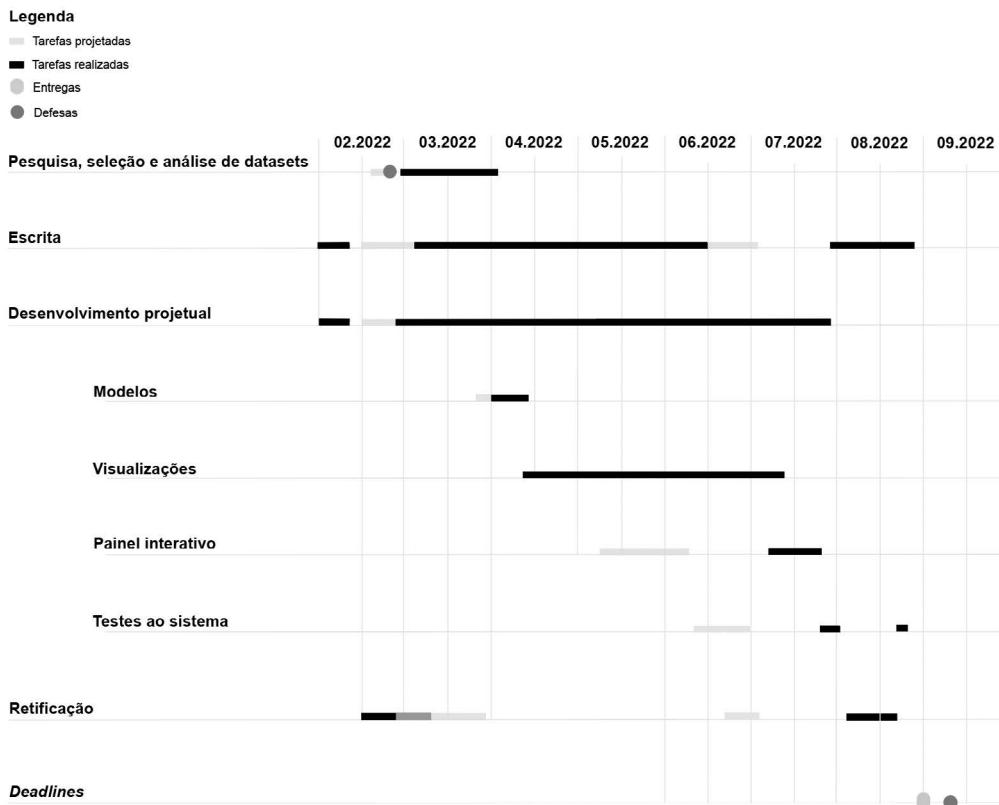


Figura 55. Plano de trabalhos projeto vs realizado no 2.º semestre.

Retificação, escrita, pesquisa, seleção e análise de datasets

Esta mudança no conceito implicou uma reestruturação de todos os pontos envolventes do exercício projetual, com incidência no: (i) resumo/abstract; (ii) introdução; (iii) motivação; (iv) questões relacionadas com a problemática; (v) objetivos; (vi) contextualização e descrição do projeto; (vii) tipologia de dados a representar (modificação e adição de datasets, retificação de erros, filtragem e análise de dados) e (viii) relação entre dados.

Após a alteração do conceito, começou-se a delinear uma nova metáfora, a meados de março de 2022, com base na mensagem que pretendíamos passar.

Desenvolvimento projetual (modelos, visualizações e painel interativo)

O exercício projetual recomeçou novamente com: (i) desenvolvimento de esboços e identidade gráfica (cor e forma) até ao final de março de 2022; (ii) estudo de modelos simples em processing, até meados de abril de 2022; (iii) visualizações de informação, de acordo com os esboços e a identidade gráfica delineada e com foco particular no impacto visual dos dados; (iv) interatividade e passagem das representações visuais de dados para o suporte final, até ao final de julho de 2022.

Desenvolvimento projetual (testes ao sistema)

Após o desenvolvimento do protótipo funcional do artefato, foram realizados testes ao sistema e foi feita a respectiva análise dos resultados obtidos. Esta tarefa teve como principal objetivo perceber se os utilizadores conseguem facilmente utilizar e interagir com o artefato e perceber se este está a comunicar a informação de uma forma sucinta.

Por fim, após a validação dos testes de usabilidade foi realizada a projeção futura e tiradas conclusões face ao artefato desenvolvido.

Escrita

O processo de escrita foi novamente recomeçado após a conclusão do exercício projetual e testes ao sistema, com a documentação de todo o processo de trabalho.

Deadlines

Tal como no 1.º semestre, as tarefas propostas visaram o alcance dos objetivos definidos para a entrega e defesa final da Dissertação.

4. Projeto prático

O capítulo do projeto prático tem como objetivo contextualizar o exercício projetual (4.1), expor o objetivo e mensagem (4.2), descrever o projeto (4.3), a tipologia de dados (4.4), o público-alvo (4.5), a metáfora visual (4.6). O capítulo finaliza com o desenvolvimento projetual preliminar (4.7) e os resultados finais alcançados (4.8).

4.1 Contextualização do exercício projetual

O ser humano é dependente de energia desde a segunda metade do século XVIII. Ao longo do século XX (1870-2000), o uso de energia na Europa aumentou, a par com a densidade populacional, o que permitiu melhor acesso à energia. Porém, o conhecimento científico não era acessível para toda a população. A 3.^a Revolução Industrial (meados de 1970) trouxe o desenvolvimento da tecnologia de informação e comunicação (ICT) e a possibilidade dos indivíduos criarem e expandirem conhecimento (Kander et al., 2014).

Com o surgimento da internet em 1969 (EUA), vem também inovação, uma economia impulsionada e uma série de desenvolvimentos pessoais e sociais. Com a elevada procura de dispositivos e a rápida substituição dos equipamentos, o consumo de energia aumentou significativamente. Todos os equipamentos eletrónicos funcionam à base de eletricidade. O sector de ICT é questionado inúmeras vezes sobre o efeito positivo ou negativo do uso de internet. Do lado negativo, são levantados argumentos sobre a necessidade de recursos para produção de dispositivos que necessitam de vários materiais para serem construídos.

Por outro lado, a internet abriu horizontes para a perda de energia — “a poderosa ligação entre semicondutores e o consumo de energia é desvalorizada. Apesar do crescimento das demandas de eletricidade para alimentar o crescente número de dispositivos e tecnologias, os semicondutores permitiram o benefício de produtividade de energia” — através da automatização de sistemas e redes inteligentes (e.g. sensores de temperatura), bem como a entrega de conteúdo e serviços online (Kander et al., 2014).

Desde 1975, o aumento das emissões na atmosfera motivou a adoção de emissores de baixo carbono, potenciando a descarbonização. A descarbonização refere-se ao consumo de grandes quantidades de energia que não emitem CO² para a atmosfera (Kander et al., 2014).

No século XXI, os padrões de uso energético assentes na dependência de combustíveis fósseis, fez com que se começasse a observar consequências negativas no ambiente, como o aumento da poluição e mudanças climáticas. As principais soluções encontradas foram: (i) uso de fontes de energias renováveis (e.g. energia solar e eólica) e (ii) melhoria da eficiência energética (Cao et al., 2017).

O impacto da internet no meio ambiente pode ser observado bidimensionalmente através do impacto positivo e negativo das ações de multi stakeholders que afetam direta ou indiretamente os gastos energéticos relacionados com o uso de internet (Berkhout & Hertin, 2001). Os stakeholders da internet são pessoas/entidades com interesse legítimo em algum tipo de atividade, setor e participação no meio digital. O ecossistema da internet demanda o valor da participação multissetorial envolvendo membros da sociedade (end users/consumidores) com fins pessoais e/ou profissionais, organizações/empresas, governo, criadores de conteúdo e informação, web developers, profissionais de cibersegurança, entre outros.

Com a proliferação do uso de internet têm sido feitas transformações digitais que visam reduzir as emissões no sector energético que representam cerca de 8% das emissões totais da UE (Comissão Europeia, 2021).

Os data centers incluem uma infraestrutura de rede que conecta servidores, serviços, armazenamento de dados e redes que permitem o processamento de dados, memória e conectividade de rede (Wikipedia, 2021). O consumo de energia dos data centers (gráfico 2) tende a aumentar entre 3 a 13% da energia global em 2030 (SG & Edler, 2015).

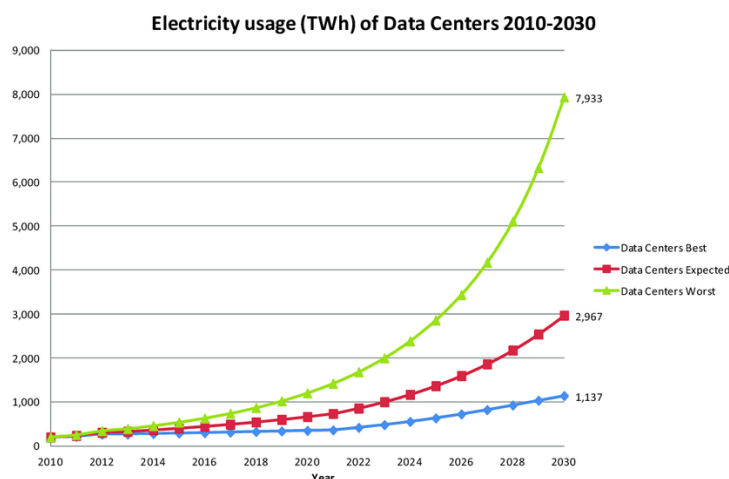


Gráfico 1. Crescimento do uso de eletricidade em data centers entre 2010 e 2030 (em terawatts-hora) (SG & Edler, 2015).

Para o desenvolvimento de um mundo digital sustentável é necessário considerar e avaliar o impacto da internet no meio ambiente (figura 56). Este ocorre essencialmente em 3 níveis:

- 1.º nível, efeito direto no ambiente. Neste nível ocorre o efeito direto no ambiente, com a produção e uso das tecnologias de informação e comunicação (ICT): (i) uso de recursos e poluição relacionada com a produção de infraestruturas e dispositivos eletrónicos, consumo de energético e desperdício eletrónico (e-waste) (Berkhout & Hertin, 2001; Banet et al., 2021);
- 2.º nível, efeito indireto no ambiente. O 2.º nível destaca o crescimento económico com o consumo energético e compra de dispositivos, aumento de produtividade, automatização de tarefas e sofisticação de produção. Os efeitos positivos no ambiente são observados com a desmaterialização (ter mais resultados com menos recursos), virtualização (substituição de bens de informação para bens tangíveis) e desmobilização (comunicação à distância, por exemplo teletrabalho) (Berkhout & Hertin, 2001; Banet et al., 2021);
- 3.º nível, feedback de processos e efeitos secundários. O último nível mostra os efeitos indiretos no ambiente (Berkhout & Hertin, 2001). Há uma estimulação para o aumento do crescimento económico do sector de ICT (efeito secundário) e um impacto no estilo de vida dos cidadãos.

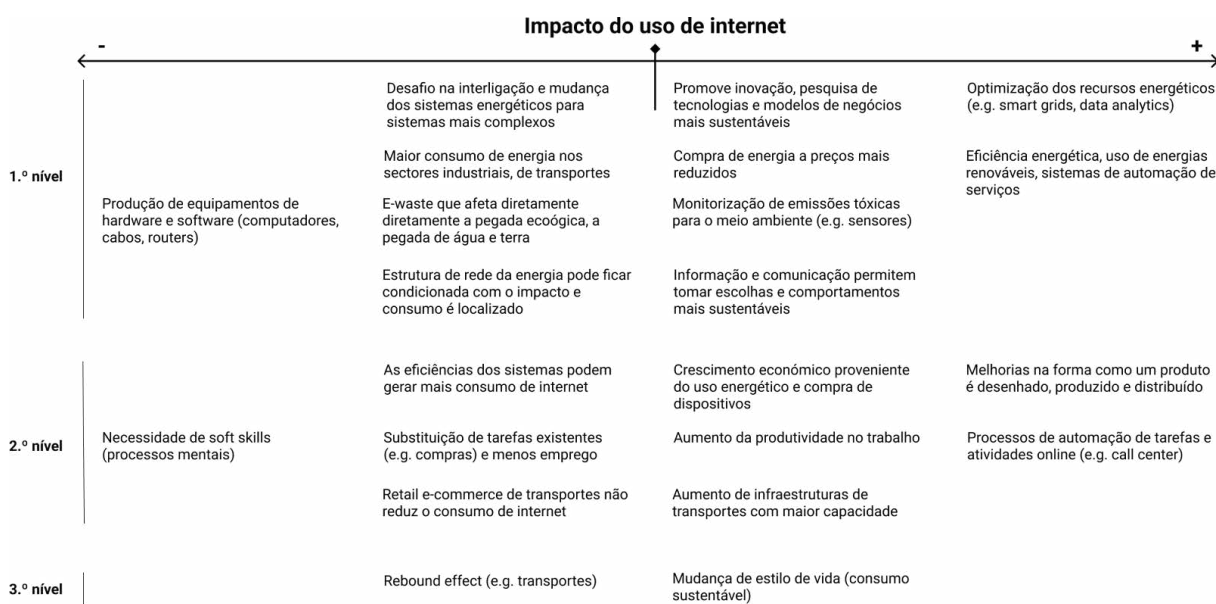


Figura 56. Análise do impacto do uso de internet.

Apesar do detalhe que se consegue chegar ao analisar os impactos da internet, são escassos os dados open source relativos ao consumo de energia de internet face aos níveis analisados.

Analisando os dados globais relativos à temática na UE, pretendemos traduzir uma visão sobre os países com influência no consumo de energia e respectivo impacto no ambiente.

Para o desenvolvimento do artefato final da presente dissertação, foram usados os seguintes dados: (i) número de utilizadores; (ii) frequência de uso de internet; (iii) largura de banda; (iv) consumo de energia total do país; (v) consumo de energia de internet; (vi) energia renovável; (vii) combustíveis fósseis; e (viii) intensidade de gases de efeito de estufa do sector energético (ghg total e ghg de internet).

Através dos dados supracitados, elaborou-se um conjunto de questões às quais pretendemos responder com o exercício projectual:

- De que modo a metáfora e a representação visual auxiliam a exploração dos dados?
- É possível consciencializar o público-alvo através de um artefato computacional, meramente visual?
- O uso de representações mais abstratas de dados pode afetar a percepção dos dados?
- De que forma a metáfora demonstra o carácter temático abordado e os dados retratados?
- Poderá a interação influenciar a compreensão do artefato pelo utilizador?

4.2 Objetivos e mensagem

Tendo em vista as questões que pretendemos responder neste projeto (secção 4), delineamos os objetivos e mensagem que queremos passar com o artefato computacional. O artefato terá como objetivo principal consciencializar a sociedade para o impacto do consumo energético no ambiente.

Para o desenvolvimento do projeto de investigação foi necessário explorar a área de Data Aesthetics e a forma como os dados podem ser representados de acordo com o tema que apresentam, realizar uma resenha bibliográfica de suporte ao estudo que ajude a justificar as decisões tomadas ao longo do projeto e adquirir noções teóricas e de boas práticas para a realização de visualizações de dados.

A mensagem que se pretende passar com o artefato prende-se com a relação com os temas da dissertação — ambiente e consumo energético. O artefato tem como suporte um painel interativo que está dividido em três partes com objetivos diferentes. A primeira e a terceira parte do painel têm como finalidade relacionar os dados do consumo energético no ambiente nos países da UE. A métrica usada na primeira e terceira parte do painel é o valor por habitante que auxilia o utilizador a perceber os dados de cada habitante dependendo do país. A segunda parte do painel (localizada no centro do painel) tem como intuito criar uma relação entre artefato e o utilizador através da aplicação da metáfora visual ilustrada por um ecossistema.

O ecossistema é de carácter exploratório e tem como objetivo criar empatia com o utilizador. Com o pressuposto de enfatizar as mudanças que ocorrem na Internet mostramos a relação com os dados de internet. Os dados que relacionamos são: (i) o consumo de energia de internet; (ii) a frequência de uso de internet e os ghg de internet. Estes dados afetam a forma como o ecossistema se apresenta através de probabilidades de ocorrência nos países da UE.

O principal objetivo do artefato é criar interesse inicial que leve o utilizador a querer explorar o artefato e uma posterior reflexão sobre as representações visuais dos dados.

4.3 Descrição do projeto

Durante a primeira fase do exercício projetual, identificámos os dois principais temas de trabalho — energia e ambiente e dados open source disponíveis relacionados. Com o conceito e os dados disponíveis identificamos à partida as seguintes questões de interpretação do conceito e representação visual dos dados são: “Como é que um artefato computacional consegue consciencializar o público para o tema?”; “De que forma o público-alvo percebe e associa os dados ao impacto do consumo energético no ambiente?”.

Procurámos responder às questões referidas anteriormente através da investigação dos impactos de consumo no ambiente e estudo de visualizações de dados que contemplassem os temas em análise (capítulo 2 — Estado de Arte). Para criar uma associação mais eficiente dos dados com o utilizador desenvolvemos uma metáfora visual que permitisse consciencializar o público-alvo para os impactos do consumo energético no ambiente nos países da UE (secção 4.6 — Metáfora visual).

Restringimos-nos apenas ao continente Europeu, e em específico aos países da UE, para poder comparar Portugal com os países da “vizinhança”. Para além disso, optou-se por não considerar outros continentes com elevados consumos energéticos devido à discrepância populacional face aos países da UE que influencia diretamente/indiretamente o consumo energético de cada indivíduo.

Durante a aquisição e análise de dados, identificámos algumas questões de abrangência temporal dos dados. Devido à ausência de dados sobre a largura de banda entre 2000 e 2007 tivemos de abdicar destes 7 anos para os restantes dados de forma a tornar uniforme o período em análise.

O projeto contempla assim 3 períodos temporais: 2007 a 2020 nos países da UE (painel esquerdo e direito); 2020 na representação visual das cidades portuguesas (painel central) e tempo real no ecossistema exploratório (painel central).

O exercício projetual consiste num painel interativo dividido em três partes. Na primeira e terceira parte do painel—lado esquerdo e direito do painel, respetivamente, representamos os países da UE. Este foco, deve-se à resposta dos 27 países na luta contra as alterações climáticas e a degradação ambiental. No segundo painel, painel central, representamos visualmente dados de Portugal relativos ao consumo de energia total e ghg total das cidades portuguesas bem como os dados das redes de internet do DEI da FCTUC através de um ecossistema. Este ecossistema visa a exploração do uso das redes de internet do DEI e tem como base a criação de uma narrativa que evolui conforme as probabilidades dos impactos de consumo energético no ambiente dos países da UE que alteram o comportamento dos organismos.

4.4 Público-alvo

Sendo que, o objetivo é criar um artefato computacional, é importante perceber qual a melhor forma de comunicar com um potencial utilizador, tendo em vista o público-alvo e as suas ações e percepções do meio tecnológico.

O público-alvo do artefato são os millennials (Prensky, 2001), a geração que cresceu na era da Internet. Esta geração possui grande literacia digital e um elevado uso de dispositivos móveis e redes sociais nascidas na época de 80 e 90. No ano corrente, essas pessoas compreendem os 22 e os 41 anos de idade. São jovens-adultos e adultos que procuram constantemente inovação e contacto com as tecnologias de informação e comunicação. Estão aptos à mudança, e são capazes de mudar o pensamento da geração seguinte.

4.5 Dados a apresentar

De forma adquirir e analisar os dados necessários para a presente dissertação, seguimos as etapas da metodologia de Visualização de Informação proposta por Ben Fry — “aquisição, análise e filtragem” (Fry, 2004). O tratamento de dados implica o entendimento e análise dos datasets e a análise de uma potencial relação entre dados, de modo a que se possa passar uma mensagem eficiente para o utilizador.

Aquisição

A primeira etapa do processo metodológico é a aquisição de dados (“acquire”) e por isso, foi realizada a pesquisa de dados em plataformas open source. Na pesquisa por dados relevantes para o trabalho selecionámos de acordo os seguintes requisitos: (i) fonte fidedigna; (ii) abrangência temporal exigida (inicialmente 2000 a 2020); e (iii) relação com um dos temas em análise (internet, energia e/ou ambiente).

Posteriormente, enumeramos uma lista de bases de dados open source que nos ajudaram a criar uma base para o estudo:

- Eurostat⁶ — gabinete de estatística da UE;
- Organization for Economic Co-operation and Development (OCDE)⁷ — organização para a cooperação e desenvolvimento económico;
- World Bank⁸ — banco mundial que efetua empréstimos a países em desenvolvimento;
- International Telecommunication Union (ITU)⁹ — agência da ONU especializada em tecnologias de informação e comunicação;
- European Environment Agency¹⁰ — agência da UE que tem como objetivo manter fidedigna a informação ambiental;
- Instituto Nacional de Estatística¹¹ — instituto com a missão de produzir e divulgar de forma eficaz, eficiente e isenta, informação estatística relevante para a sociedade.

O processo de definição dos dados incidiu em duas questões: (i) “os dados são úteis e refletem de algum modo o impacto do consumo no ambiente?” e (ii) “é possível tirar conclusões sobre os dados?”.

Com estas duas perguntas iniciais estabelecemos o figura 57 e 58 que apresenta o fluxo de dados a apresentar no projeto no painel esquerdo e direito (países da UE) e no painel central (Portugal e DEI da FCTUC). Este esquema reflete a mensagem e objetivos do projeto e incide na temática — impacto do consumo energético no ambiente.

6 <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main>

7 <https://data.oecd.org>

8 <https://data.worldbank.org>

9 <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>

10 <https://www.eea.europa.eu>

11 <https://www.ine.pt/>

Painel esquerdo e direito

Países da União Europeia

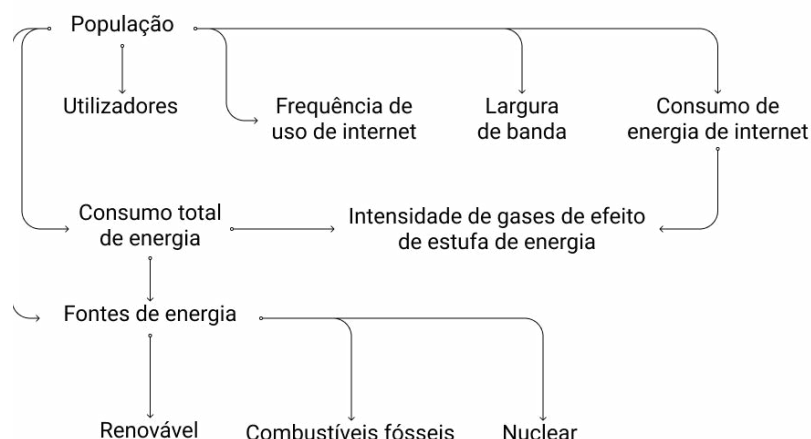


Figura 57. Apresentação dos dados em estudo no painel esquerdo e direito. As setas ligadas da população aos restantes dados visam criar uma distinção entre os impactos nos países da UE. Por exemplo, o impacto da Alemanha (com cerca de 82,8 milhões de habitantes) não será o mesmo da Malta (com cerca de 525 285 habitantes). Isto porque os países possuem uma discrepância populacional notória e, para se poderem comparar, temos de ter por base uma referência. A nossa referência é a população.

Painel central

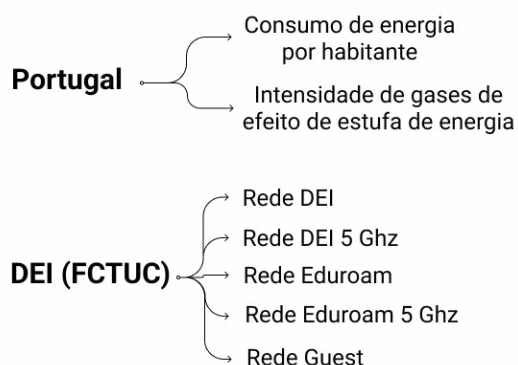


Figura 58. Apresentação dos dados do painel central. DEI FCTUC: número de utilizadores ligados a cada rede.

Em suma, os dados usados no artefato final foram: população¹², consumo de energia total¹³, consumo de energia elétrica por habitante¹⁴, largura de banda¹⁵, utilizadores¹⁶, frequência de uso de internet¹⁷, redes de internet do DEI¹⁸, energia renovável¹⁹, combustíveis fósseis²⁰, energia nuclear²¹ e ghg²².

Com o objetivo de facilitar a percepção dos dados em estudo, elaboramos a tabela x que representa o conjunto de dados em análise. Após a realização e especificação dos dados que pretendíamos analisar começámos a desenvolver a etapa de análise dos dados. A análise passou pela elaboração de gráficos auxiliares que facilitaram a percepção de padrões de consumo e impactos ecológicos.

Dados	Abrangência temporal		Área	Variáveis relevantes	Tempo em análise
População	1960 a 2020	Anual	União Europeia	N.º total de população	2007 a 2020
Consumo de energia	1990 a 2020			Consumo de energia (gWh)	
	2011 a 2020	Portugal	Consumo de energia elétrica por habitante (kWh/habitante)	2020	
Internet	2007 a 2020	Anual	União Europeia	Largura de banda (mb/s)	2007 a 2020
	1960 a 2020			N.º de utilizadores (% de população)	
	2003 a 2020			Frequência de uso diário (% de população)	
	2022	Tempo real	Portugal	Redes de internet do DEI (número de dispositivos conectados à rede)	Atual (2022)
Fontes de energia	1985 a 2021	Anual	União Europeia	Energia renovável (kWh)	2007 a 2020
				Combustíveis fósseis (kWh)	
Ambiente	1990 a 2020			Energia nuclear (kWh)	
				Intensidade de emissões de gases de efeito de estufa de energia (g CO ₂ /kWh)	

Tabela 9. Conjunto de dados analisados.

Análise e filtragem

De modo a organizar os dados recolhidos, foi necessário fazer uma análise focada nas variáveis dos dados que constituíam interesse para o projeto.

Com o objetivo de analisar e filtrar os dados foram desenhados um conjunto de gráficos de linhas que mostram a evolução dos valores ao longo do tempo.

12 <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.TOTL?end=2020&locations=EU&start=2000>

13 https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_e/default/table?lang=en

14 https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contexto=pi&indOcorrCod=0008337&selTab=tab0

15 <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>

16 <https://data.worldbank.org/indicador/IT.NET.USER.ZS>

17 https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_CI_IFP_FU_custom_1718320/

18 http://sic.dei.uc.pt/repo/count_dei_wifi.txt

19 https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN_custom_2271631/default/table?lang=en

20 https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_FFGAE_custom_2258395/default/table?lang=en

21 <https://ourworldindata.org/electricity-mix>

22 <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>

Para a representação dos países consideramos as seguintes configurações para os gráficos: (i) os países com a média máxima e mínima são representados pela cor preta; (ii) Portugal é representado pela cor vermelha e (iii) os restantes países com a cor cinzenta.

No caso excepcional da representação das regiões portuguesas (gráfico x) são representadas as regiões de valor médio mínimo e máximo com uma cor preta e a região com o valor intermédio é representada pela cor vermelha.

As restantes cidades portuguesas são representadas com a cor cinzenta. Como em Portugal não há recursos de energia nuclear, o gráfico correspondente mostra apenas o valor mínimo e máximo com a cor preta.

A **população**²³ afeta direta ou indiretamente a energia, desde a produção ao consumo. Assim, são as ações humanas que afetam as mudanças climáticas e, por isso, considera-se a análise do número de população da UE entre 2000 e 2020 (gráfico 2).

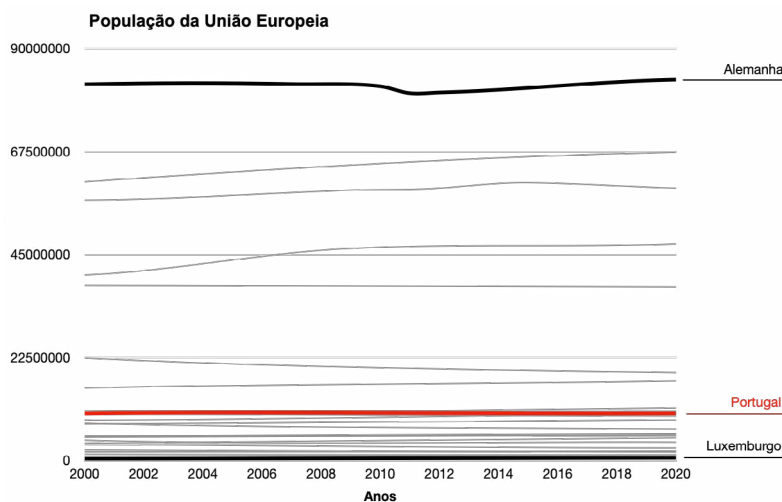


Gráfico 2. Número de população nos países da UE entre 2000 e 2020.

O **consumo de energia**²⁴ aumenta a riqueza social, mobilidade, conforto e comércio. A energia exerce um grande impacto sobre o ambiente, em particular nas emissões de poluentes atmosféricos, que contribuem para as alterações climáticas. A imensa procura de energia reforça a tendência para o aumento das emissões de CO₂ (Agência Europeia do Ambiente, 2021). O consumo de energia da UE (2000—2020) é representado no gráfico 3.

²³ Fonte: Population, total – European Union
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?end=2020&locations=EU&start=2000>

²⁴ Fonte: Supply, transformation and consumption of electricity, (Eurostat, 2021).
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_e/default/table?lang=en

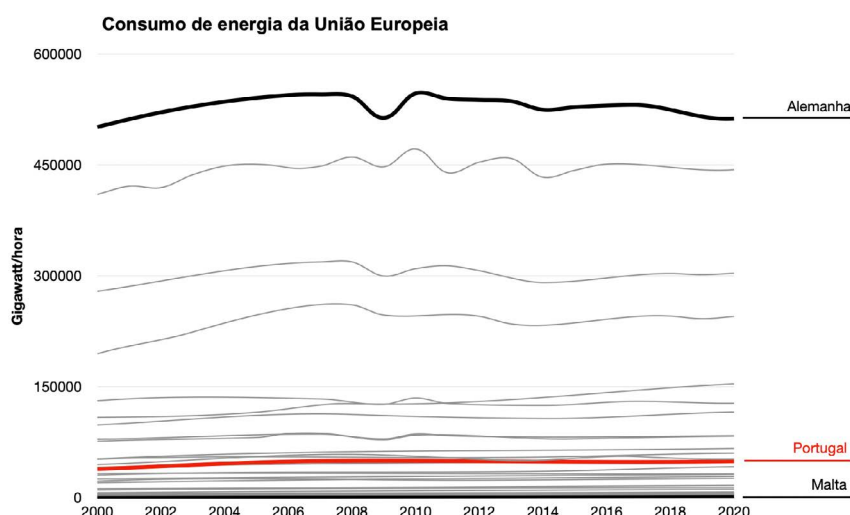


Gráfico 3. Consumo de energia na UE.

Ao considerar a população dos países (gráfico 2) pode-se observar que o consumo energético da Alemanha é influenciado diretamente pelo número de população do país. Malta é o país com menor população na UE e é o país com menos gastos energéticos em 2020 (2541,97 GWh).

Portugal é o 2.º país da UE com consumos baixos em 2020 (49394,2 GWh). Em comparação com os restantes países, Portugal é bastante dependente de ajuda externa na produção de energia. Os escassos recursos energéticos de origem fóssil no país fazem com que a importação energética afete Portugal a nível económico e ambiental (Portal do Estado do Ambiente, 2021).

De forma a compreender quais os países com maior consumo face à população do país, elaborou-se um ranking com a média dos gastos energéticos (tabela 10).

Consumo energético	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	13.º
Ranking	Alemanha	França	Itália	Espanha	Suécia	Portugal
Média (2000 –2020)	18 252,342 GWh	14 836,81 GWh	10 824,334 GWh	9 457,57 GWh	6 541, 81 GWh	825 GWh

Tabela 10. Ranking de consumo energético dos países da UE entre 2000 e 2020.

O consumo de energia elétrica por habitante²⁵ nas regiões de Portugal pode ser analisado no gráfico 4. De forma a perceber o consumo energético por habitante nas regiões portuguesas, elaborámos o gráfico 4 que mostra os consumos entre 2011 e 2020.

²⁵ Fonte: Consumo de energia elétrica por habitante (kWh/ hab.) por local (NUTS -2013). https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&indOcorr-Cod=0008337&selTab=tab0

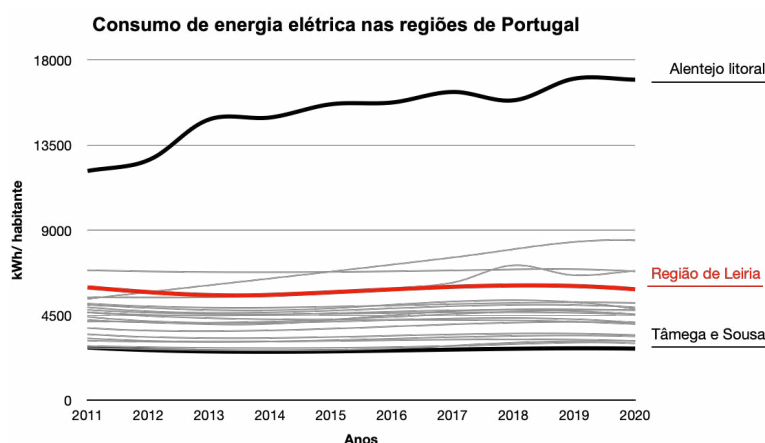


Gráfico 4. Consumo de energia por habitante nas cidades portuguesas entre 2011 e 2020.

De seguida expomos os rankings de consumo energético nas regiões portuguesas entre 2011 e 2020 (tabela 11).

Consumo energético	1.º	2.º	3.º	4.º	22.º
Ranking	Alentejo Litoral	Região de Aveiro	Baixo Alentejo	Beira Baixa	Tâmega e Sousa
Média (2011 – 2020)	15217,19 kWh/hab.	7247,13 kWh/hab.	7011,25 kWh/hab.	6013,2 kWh/hab.	2695,43 kWh/hab.

Tabela 11. Consumo de energia por habitante nas cidades portuguesas entre 2011 e 2020.

A região portuguesa com maior consumo de energia elétrica por habitante é o Alentejo Litoral, e com menor consumo é Tâmega e Sousa. A região do Alentejo litoral inclui as seguintes cidades: Alcácer do Sal, Grândola, Odemira, Santiago do Cacém e Sines. A zona de Tâmega e Sousa inclui as seguintes cidades: Amarante, Baião, Castelo de Paiva, Celorico de Basto, Cinfães, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Paços de Ferreira, Penafiel e Resende.

De acordo com os rankings podemos perceber que a 2.ª região com maior consumo de energia elétrica por habitante é Aveiro com uma média de 7247,13 kWh/habitante. Logo, de seguida, 3.º no ranking encontra-se o baixo Alentejo e a Beira Baixa em 4.º lugar.

A **largura de banda**²⁶ em Mbps é representada no espaço temporal de 2007 a 2017 nos países da UE. Devido à ausência de dados entre 2000 e 2007 e entre 2017 e 2020 considera-se a análise do gráfico 5 tal e qual como veio da fonte.

²⁶ Fonte: International bandwidth in mbit/s (União Internacional de Telecomunicações, n.d.). <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>

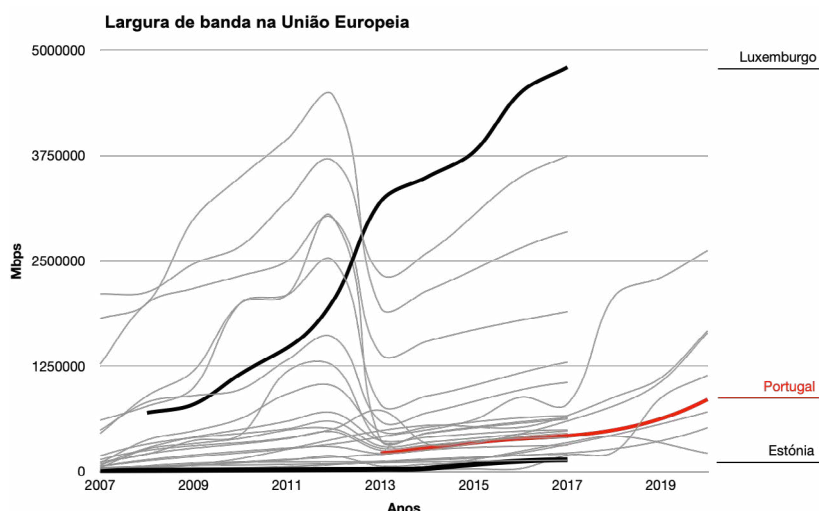


Gráfico 5. Largura de banda dos países na UE entre 2007 e 2020.

Podemos perceber que houve um aumento significativo de largura de banda entre 2007 e 2012 em praticamente todos os países da UE. Luxemburgo destaca-se por ter uma tendência gradual de crescimento ao longo dos anos. Neste caso em particular o número de população não influencia diretamente os dados da largura de banda.

A **energia usada pela internet** é a medida da largura de banda em Mbps, convertida para gigabyte/hora. Com base no estudo “Electricity Intensity of internet Data transmission” (Aslan et al., 2017) definimos que a métrica usada para converter os gigabyte/hora em energia consumida pelo uso de internet seria a 0,06 kWh/GB. Esta métrica é proposta por Aslan et al. (2017) e baseada no estudo de Krug et al. (Krug et al., 2014, 87-95).

Em suma, os cálculos efetuados para obter a energia proveniente do uso de internet foram:

megabit/segundo * 1000 bits = gigabit/segundo

gigabit/segundo * 3600 segundos = gigabit/hora

gigabit/hora/8²⁷ = gigabyte/hora

gigabyte/hora*0,06 kWh/1GB = valor do consumo de energia (internet) kWh/GB.

O ranking de países que usaram mais largura de banda entre 2007 e 2020 está contemplado na tabela 12, face a Portugal.

Energia de internet	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	17.º
Ranking	Alemanha	França	Luxemburgo	Holanda	Suécia	Portugal
Média largura de banda (2007–2020)	2 867 181 Mbps	2 797 234 Mbps	2 598 493 Mbps	1 986 603 Mbps	1 115 075 Mbps	346 842 Mbps
Média consumo de energia de internet (2007–2020)	77 413 kWh/GB	75 525 kWh/GB	63 781 kWh/GB	53 098 kWh/GB	30 107 kWh/GB	7 006 kWh/GB

Tabela 12. Ranking de países mais consumidores de energia entre 2000 e 2020.

27 1 bit = 0,125 bytes, ou seja 1 bit/ 8 bytes = 0,125 byte por cada 8 bytes.

Podemos analisar com base no gráfico 5 e na tabela 12 que os países com maior velocidade de transmissão de largura de banda é a Alemanha com uma média de 2 867 181 Mbps, seguida da França com uma média de 2 797 234 Mbps. Luxemburgo é o 3.º país com maior largura de banda 2 598 493 Mbps. No 4.º e 5.º ranking encontra-se a Holanda e a Suécia, respectivamente. Portugal, encontra-se em 17.º lugar com uma média de 346 842 Mbps.

A **internet** possibilita a formação de conhecimento e diversas atividades sociais. Com a proliferação do uso de internet e de serviços, várias têm sido as preocupações face ao seu uso. Hoje em dia, o uso da internet é um bem adquirido no meio social, económico e político. O gráfico 6 contém dados relativos à percentagem de utilizadores²⁸ que usou internet nos países da UE entre 2000 e 2020.

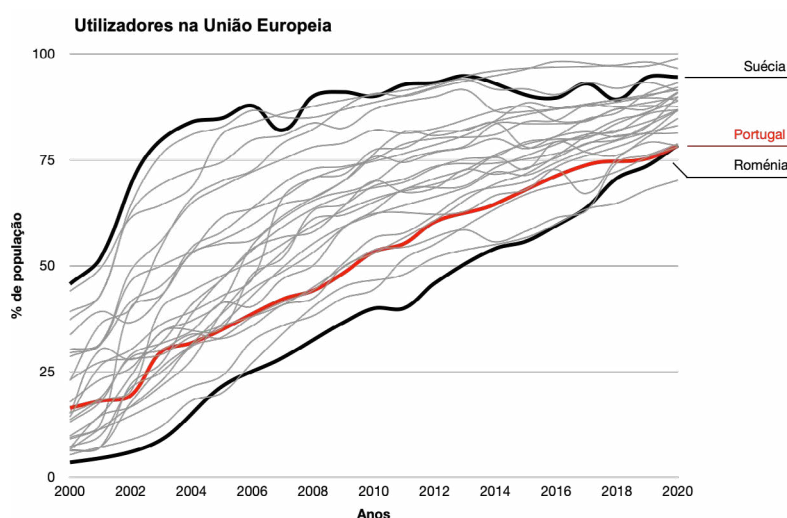


Gráfico 6. Gráfico relativo à percentagem de população que usou internet na UE entre 2000 e 2020.

No gráfico 6 observa-se uma evolução crescente a partir de 2000, que acentua-se de modo geral a partir de 2004 nos países da UE. Em 2020, 78% da população de Portugal usou a internet. A tabela 13 contém os rankings dos países que usaram internet entre 2000 e 2020.

Utilizadores	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	17.º
Ranking	Suécia	Dinamarca	Holanda	Finlândia	Luxemburgo	Portugal
Média (2000 – 2020)	84,83%	84,45%	82,26%	79,11%	78,87%	50,45%

Tabela 13. Ranking de utilizadores de internet na UE.

A **frequência de uso de internet**²⁹ é representada pela percentagem de indivíduos que diariamente usou internet entre 2003 e 2020 na UE (gráfico 7).

²⁸ Fonte: Individuals using the internet, (World Bank Data, n.d.).
<https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS>

²⁹ Fonte: Individuals - frequency of internet use, (Eurostat, 2021).
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_CI_IFP_FU_custom_1718320/

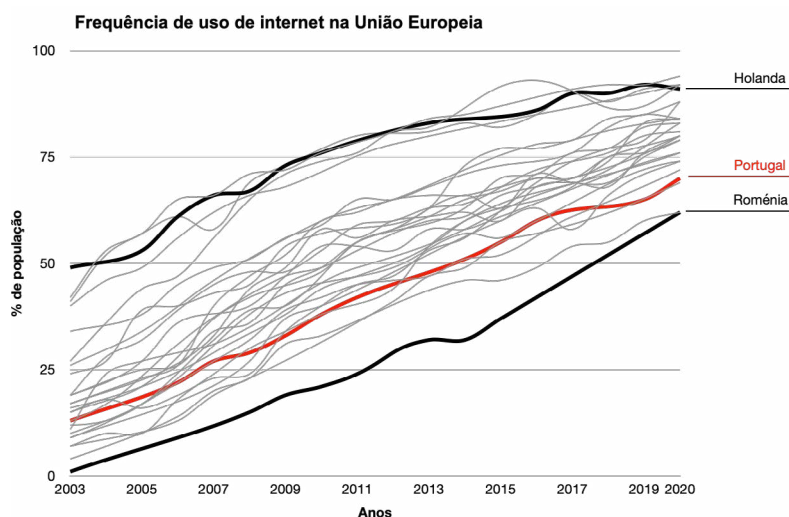


Gráfico 7. Gráfico relativo à frequência de uso de internet na UE entre 2000 e 2020.

Pode-se observar no gráfico que os países que mais consumiram Internet entre 2000 e 2020 foram a Dinamarca, o Luxemburgo e a Holanda. A frequência de uso de internet em Portugal tem vindo a aumentar sendo o 17.º país no ranking de frequência de uso de internet (tabela 14).

Frequência de uso de internet	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	17.º
Ranking	Holanda	Dinamarca	Suécia	Finlândia	Luxemburgo	Portugal
Média (2000 – 2020)	71,05 %	70,62 %	68,76 %	66,76 %	64,29 %	37,19 %

Tabela 14. Ranking de países com maior frequência de uso de internet na UE.

A **energia renovável**³⁰ (p.ex., energia eólica, solar, hidroelétrica, oceânica, geotérmica, biomassa e biocombustíveis) é uma alternativa de substituição do uso de combustíveis fósseis que contribuem para a redução de emissões de ghg. A energia renovável visa a eficiência energética e reduz a dependência dos mercados na compra de combustíveis fósseis. O gráfico 8 contém dados relativos ao total de energia renovável para produção de eletricidade nos países da UE.

Em termos de energias renováveis (tabela 15), o país com maior ranking é a Áustria com uma média de 67,15%, apresentando um crescimento gradual de uso de energias renováveis. Seguem-se a Suécia, com uma média de 58,12%, a Letónia, com 46,38%, Portugal, com 40,11% e a Croácia com 39,54%, que apresentam também um crescimento contínuo na adopção de energias renováveis.

³⁰ Fonte: Share of energy from renewable sources (Eurostat, 2021).

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN_custom_2271631/default/table?lang=en

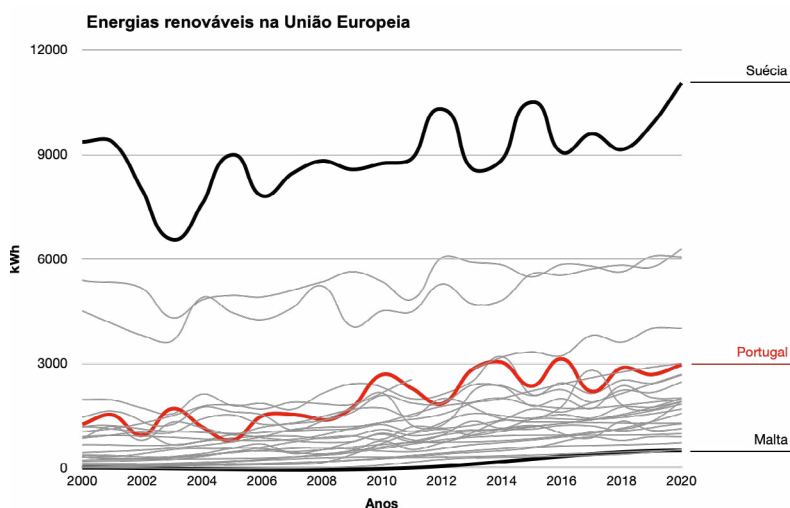


Gráfico 8. Energia renovável na UE.

Energia renovável	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º
Ranking	Áustria	Suécia	Letónia	Portugal	Croácia	Dinamarca
Média (2000 — 2020)	74,32%	57,59%	57,82%	48,88%	59,7%	52,63%

Tabela 15. Ranking de energias renováveis na UE.

Os países da UE são dependentes do uso de **combustíveis fósseis**³¹ (p.ex., gás, carvão, petróleo) para atender às necessidades de energia e dos europeus (Agência Europeia do Ambiente, 2021). Um europeu médio consome anualmente 27 MWh de energia (utilizações domésticas, industriais, uso de transportes). O dataset que encontrámos relativo a este tema contém dados relativos à energia proveniente de combustíveis fósseis na UE (gráfico 9).

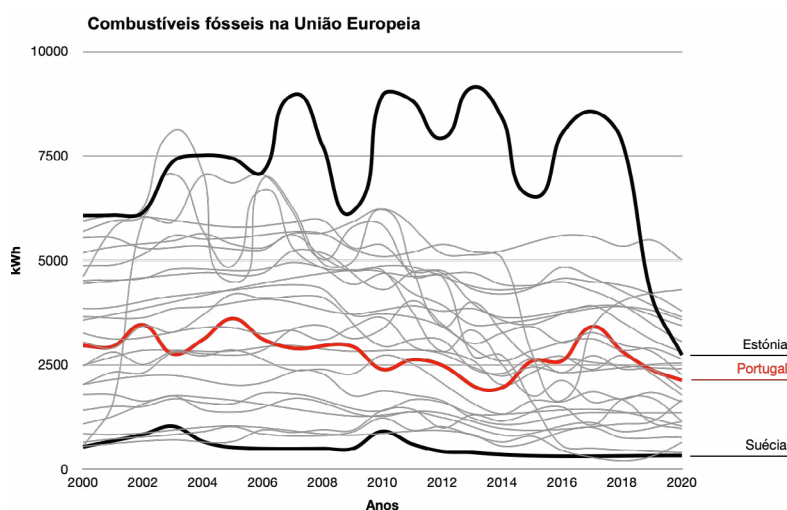


Gráfico 9. Energia proveniente de combustíveis fósseis na UE.

31 Fonte: Share of fossil fuels in gross available energy (Eurostat, 2021). https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_FFGAE_custom_2258395/default/table?lang=en

A energia proveniente de combustíveis fósseis (tabela 16) afeta fundamentalmente os países com menor população da UE como a Malta e o Chipre, com valores a rondar acima de 95%. O mesmo não se verifica com a Holanda, a Irlanda e a Polónia que também apresentam médias a rondar acima dos 92%, porém apresentam uma diminuição entre 2016 e 2020. Portugal é um país dependente dos recursos energéticos de combustíveis fósseis e por isso ainda é considerado, de acordo com o ranking, o 12.º país com maior uso de combustíveis fósseis.

Combustíveis fósseis	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	12.º
Ranking	Malta	Holanda	Chipre	Irlanda	Polónia	Portugal
Média (2000 –2020)	98,69%	95,62 %	94,36 %	94,24 %	92,87%	79,42 %

Tabela 16. Ranking de combustíveis fósseis na UE.

A **energia nuclear**³² é uma alternativa com baixas emissões de carbono quando comparada aos combustíveis fósseis (Parlamento Europeu, 2021). Esta energia é responsável por 26% da energia elétrica produzida na UE (13 estados-membros). Esta é uma energia que os estados-membros podem optar por incluir ou não nas fontes energéticas do país. Porém, todos os países devem ser capazes de assegurar que os resíduos nucleares sejam manipulados e eliminados de forma segura, para evitar acidentes como o de Chernobyl (1996).

O gráfico 10 contém os dados da energia nuclear na UE entre 2000 e 2020 em kWh. A tabela 17 contém a tabela de rankings de energia nuclear nos estados-membros.

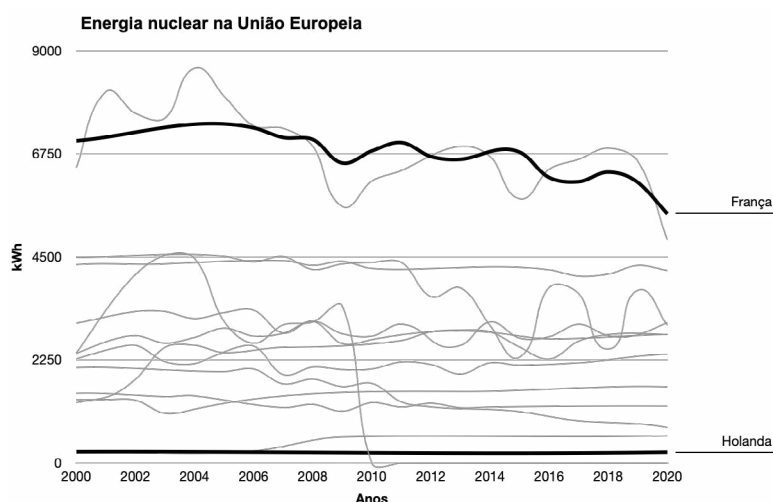


Gráfico 10. Energia nuclear na UE.

32 Fonte: Electricity - mix | Our World in Data (Ritchie & Roser, n.d.). <https://ourworldindata.org/electricity-mix>

Energia nuclear	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º
Ranking	França	Suécia	Finlândia	Bélgica	Eslovénia
Média (2000 –2020)	58,99%	57,79%	38,45%	33,05%	25,75%

Tabela 17. Ranking de energia nuclear na UE.

Podemos perceber através do gráfico e do ranking de energia nuclear que a Suécia é o país com maior uso de energia nuclear desde 2000. Porém, não há um padrão de aumento/ diminuição evidente ao longo do espaço temporal. Há várias oscilações do uso de energia nuclear em alguns estados-membros como a Suécia, a França, a Finlândia, a Bélgica e a Lituânia.

A **intensidades das emissões de gases de efeito de estufa**³³ (ghg) da produção de energia tem vindo a diminuir ao longo das últimas décadas. As melhorias no ghg ocorreram com o aumento de energia renovável e diminuição de combustíveis fósseis. Até 2010, a transformação de combustíveis fósseis em eletricidade desempenhou um papel fundamental na redução de emissões. A partir de 2010, a diminuição foi maioritariamente observada através da transformação de combustíveis fósseis para energias renováveis (European Environment Agency, 2021). O gráfico x é referente à intensidade de gases de efeito de estufa da produção de energia na UE e medido em g por CO₂/kWh.

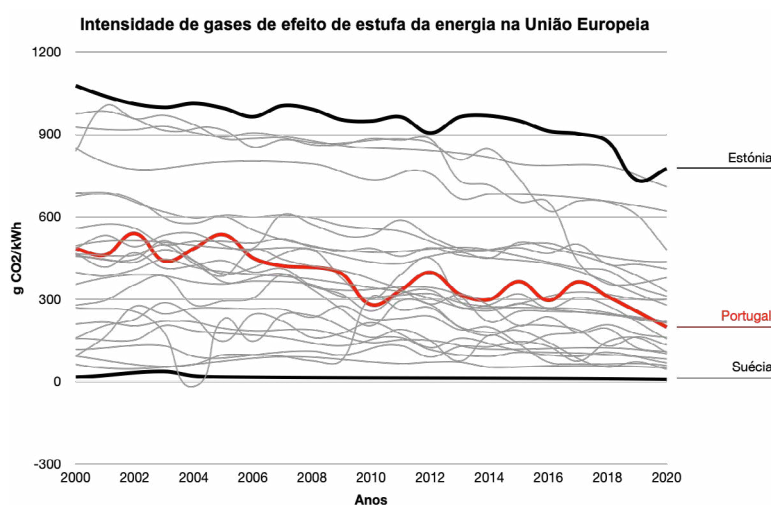


Gráfico 11. Ghg do sector energético na UE.

A intensidade de ghg na produção é observada com maior intensidade na Estónia, Polónia, Grécia e Malta (tabela 18), face ao predominante uso de combustíveis fósseis. Portugal, em comparação, é o 23.º do ranking devido à adopção de energias renováveis.

33 Fonte: Intensidade de gases de efeito de estufa proveniente da criação de energia na Europa (European Environment Agency, 2021).

<https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>

Emissões de ghg	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	23.º
Ranking	Estónia	Polónia	Grécia	Malta	Chipre	Portugal
Média (2000 –2020)	949,38 g	846,99 g	817,15 g	762,43 g	735,85 g	392,64 g

Tabela 18. Ranking de países com maior intensidade de GHG face a Portugal.

Podemos concluir que, o consumo de energia (gráfico 12) é superior nos países com maior população (França, Alemanha, Polónia, Itália e Espanha). O mesmo ocorre no ranking de consumo de energia de internet (Alemanha e França). No caso de Luxemburgo, a relação entre a população e o consumo energético não está diretamente relacionado, porém encontra-se no 5.º lugar no uso e frequência de uso diário de internet.

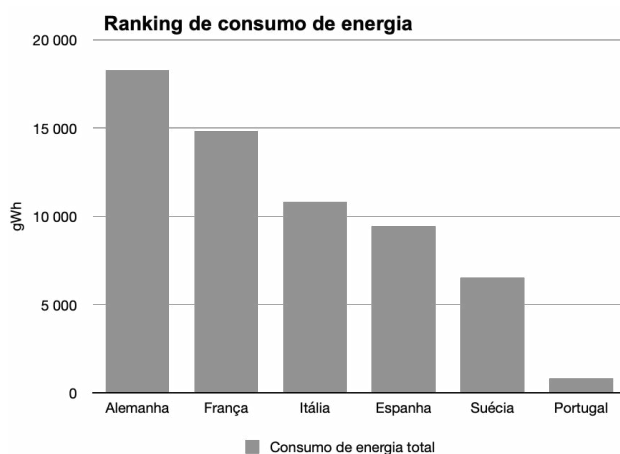
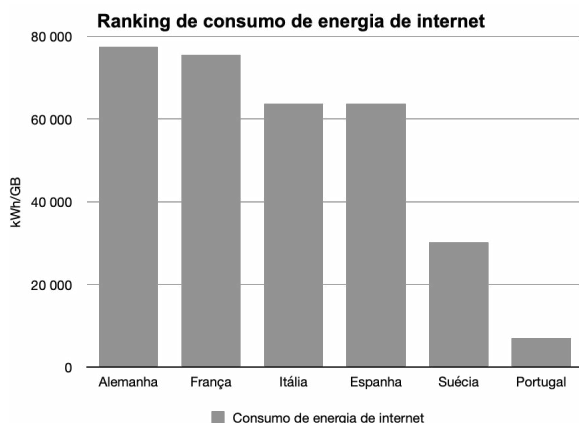


Gráfico 12. Ranking de consumo de energia na UE.

Na Holanda, o consumo de energia de internet está relacionado com o número de utilizadores (3.º lugar) e com a frequência de uso diário (1.º lugar). O caso da Suécia é similar ao da Holanda, no 5.º lugar de consumo de energia de internet, 1.º lugar de número de utilizadores, 3.º lugar na frequência de uso de internet e 2.º lugar nas energias renováveis. Portugal encontra-se em 17.º lugar no consumo de energia de internet e de percentagem de utilizadores no país (gráfico 13—15).



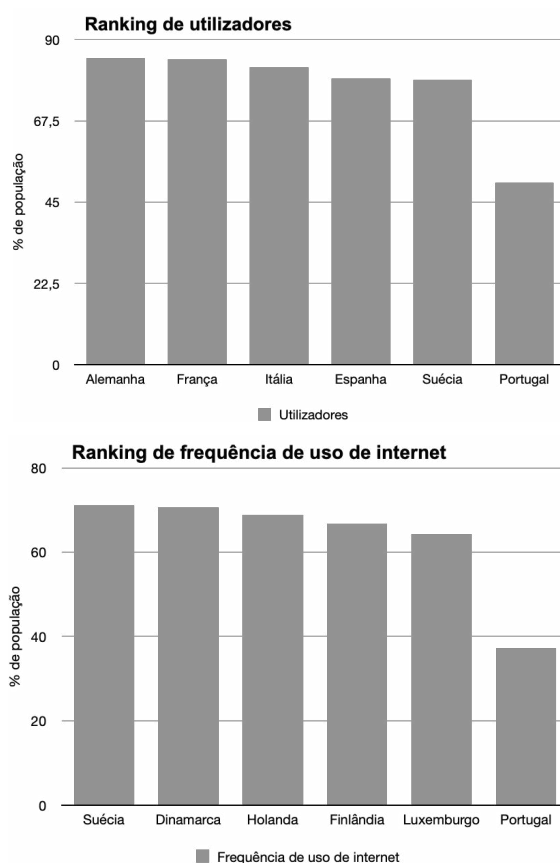


Gráfico 13–15. Ranking de consumo de energia de internet, utilizadores e frequência de uso de internet na UE.

A Áustria distingue-se dos restantes países a nível de energias renováveis (gráfico 16), com o 1.º lugar no ranking e o 12.º lugar no consumo de energia. Portugal encontra-se no 4.º lugar do ranking de uso de energias renováveis e acima do 17.º lugar nos restantes dados analisadas, não sendo por isso, considerado um país com muito impacto a nível energético, face aos restantes.

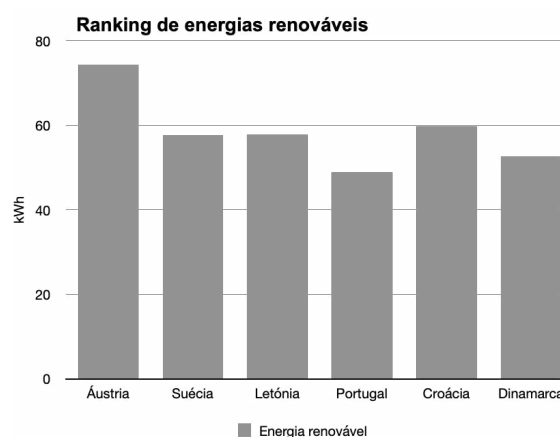


Gráfico 16. Ranking de energia renovável na UE.

Destaca-se o ranking de 5 países: Polónia, Grécia, Estónia, Chipre e Malta, que possuem particular impacto no uso de combustíveis fósseis e consequentemente ghg (tabela 19).

N.º População	Polónia	Grécia	Estónia	Chipre	Malta
Consumo de energia	3.º	14.º	21.º	25.º	26.º
Combustíveis fósseis	5.º	6.º	7.º	2.º	1.º
Intensidade de ghg	2.º	3.º	1.º	5.º	4.º

Tabela 19. Ranking face à população, consumo de energia, combustíveis fósseis e ghg do sector energético.

Estes países destacam-se pelo uso de combustíveis fósseis sólidos e poucas energias renováveis/nucleares (figura x). Em mais 7 estados-membros o ghg foi superior à média da UE (República Checa, Bulgária, Malta, Países Baixos, Alemanha, Roménia e Irlanda).

O ghg para a produção de energia foi relativamente mais baixo na Suécia, França e Lituânia, devido à alta participação de fontes de baixo carbono como energia nuclear e renovável.

As fontes energéticas adotadas pelos estados-membros mostram os países com maior impacto no ambiente: Malta, Chipre e a Polónia. Os países que usaram mais energia nuclear entre 2000 e 2020 foram a França e a Bélgica. Comparado com a energia de combustíveis fósseis e energia nuclear, a energia renovável sobressai na Áustria, no Luxemburgo, Lituânia, Portugal, Dinamarca e Suécia.

Por fim, para visualizar os dados das **redes de internet do DEI** foi necessário aceder ao número de dispositivos conectados às redes: DEI, DEI 5 Ghz, Eduroam, Eduroam 5 Ghz e guest. O link disponibilizado pela direção do DEI é atualizado de 10 em 10 minutos de forma dinâmica.

Os dados são compostos por data e hora, nome da rede e número de dispositivos ligados à rede em questão:

- Data e hora: 2022-07-08 14:00
- Rede: DEI e número de utilizadores: 2
- Rede: DEI 5Ghz e número de utilizadores: 5
- Rede: EDUROAM e número de utilizadores: 17
- Rede: EDUROAM 5Ghz e número de utilizadores: 9
- Rede: GUEST e número de utilizadores: 0
- Total e número de utilizadores: 28

4.6 Metáfora visual

O uso da metáfora como elemento comunicativo permite transmitir uma mensagem para o utilizador (Lakoff & Johnson, 2003). No âmbito da presente dissertação, procurou-se, através da ilustração, aplicar a metáfora visual aos elementos representativos da temática, de forma a criar uma ligação direta entre o tema e o utilizador. A metáfora visual vai de encontro a um dos principais objetivos da investigação: consciencializar o utilizador para a temática.

Inicialmente foi explorado um cenário em que a metáfora representasse o conceito de causa-efeito no problema global da pegada ecológica. Partiu-se por isso, de uma abstração visual do conceito “raiz do problema”. O objetivo era criar um único artefato visual que evidenciasse a ideia de dificuldade em atingir uma solução para o problema e criar uma ponte conceptual entre o tema e a narrativa do ciclo de vida humano/natureza. A metáfora visual pressupunha o estudo da forma, as características e os estados de vida da planta. O ciclo de vida resumia-se em três fases: início (nascimento), desenvolvimento (crescimento) e desfecho (morte).

Porém, esta abordagem apenas mostrava o impacto negativo do uso de internet e como a própria metáfora pressupunha, a raiz do problema. Por isso, optou-se por seguir uma abordagem ligada ao conceito de impacto — o impacto global da internet (sem considerar os fatores positivos e negativos). Procurou-se encontrar uma metáfora visual que traduzisse o impacto através de um ecossistema cujos organismos são beneficiados/prejudicados pela ação do utilizador.

De um ponto de vista crítico, a adopção de um ecossistema procura mostrar: (i) as mudanças de hábitos e necessidades humanas que prejudicam o mundo e (ii) criar significado e contexto para a interpretação dos dados representados no painel esquerdo e direito associado ao impacto do consumo energético nos países da UE.

De forma a criar uma metáfora visual, é necessário considerar a cor e forma, e a maneira como estes elementos são percebidos pelo público-alvo (secção 4.9.2). A interpretação visual do ecossistema vai variar conforme os elementos presentes no artefato e a forma como evoluem ao longo do tempo. Os padrões, aglomerações e movimentos dos organismos vão ditar a percepção do utilizador durante o decorrer da experiência, e vão criar uma narrativa inteiramente visual, baseada no fluxo comportamental das redes de internet do DEI.

Os organismos presentes no ecossistema variam consoante o número de dispositivos ligados às redes de internet do DEI. A forma e cor destes organismos depende da probabilidade de ocorrência e mudança do consumo de energia de internet nos países da UE.

Para a análise das probabilidades de impactos nos países da UE analisamos três variáveis: frequência de uso de internet, consumo de energia de internet e intensidade de gases de efeito de estufa provenientes do uso de internet.

A escolha destas 3 variáveis deve-se aos seguintes fatores: (i) variáveis aplicadas na vista geral do painel esquerdo e direito; (ii) dados direcionados para o impacto do uso de internet no ambiente.

A narrativa começa quando o utilizador acede pela primeira vez ao ecossistema. Todos os acontecimentos ocorridos no ecossistema dependem da interação do utilizador — só assim é que o ecossistema sofre mutações visuais. Esta ideia de mutabilidade e volatilidade dos organismos através da forma visa criar diferentes percepções e adaptações dos organismos aos impactos de consumo de energia de internet no ambiente.

A própria imprevisibilidade dos resultados visuais do ecossistema permite criar um espaço de imaginação. A percepção do artefato é subjetiva e diverge de acordo com variados fatores: (i) experiência/ conhecimento do funcionamento de ecossistemas; (ii) percepção do comportamento dos organismos, tendo em conta as suas principais regras: coesão, alinhamento e separação; e (iii) associação da cor e forma aos dados.

O ecossistema é atualizado de 10 em 10 minutos para possibilitar também a abertura a novas percepções e novas narrativas baseadas nas probabilidades de impactos do consumo energético no ambiente. Um maior detalhe sobre estas probabilidades é dado na secção 4.9.3.

4.7 Resultados preliminares

Neste sub-capítulo detalhamos os primeiros passos de construção da linguagem visual (4.7.1) e resultados preliminares de interpretação do conceito em forma de protótipo (4.7.2). Relacionado com este último ponto, descrevemos o processo de tradução dos dados em bruto para representações de *Data Aesthetics*, assim como uma visão crítica do trabalho realizado.

4.7.1 Esboços

Como foi referido no capítulo Dados a apresentar (4.4), a fase metodológica “**aplicação e representação**” (Fry, 2004) visa a exploração de representações visuais para os dados analisados. Inicialmente, as propostas visuais apresentadas relativas ao impacto da internet na pegada ecológica foram de encontro à representação de uma planta (figura 57).

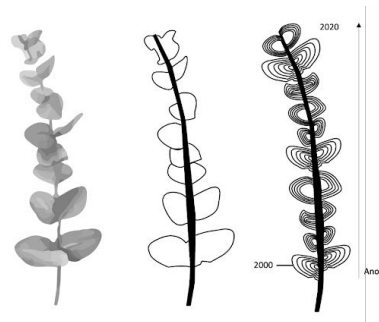


Figura 57. Estudo representativo inicial da forma orgânica da planta.

Para a representação visual de dados são analisadas três variáveis: (i) a pegada ecológica; (ii) a biodiversidade; e (iii) o carbono. De seguida, representamos a pegada ecológica por pessoa, medida em hectares globais entre 2000 e 2020 (figura 58). O mapeamento é feito com o tamanho das folhas.

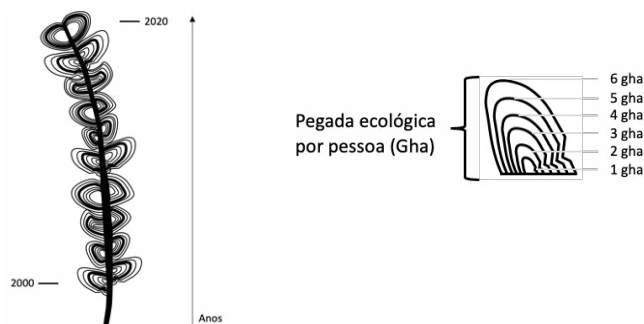


Figura 58. Representação da variável da pegada ecológica e respectiva legenda.

A biodiversidade por pessoa é representada com o espectro de cor. Este espectro de cor é composto pelo preto, azul, roxo, vermelho, amarelo e branco. Devido aos dados referentes à biodiversidade em Portugal serem apenas dentro de 1 gha, optou-se por fazer um gradiente do espectro de cor com base na cor correspondente aos dados (figura 59).

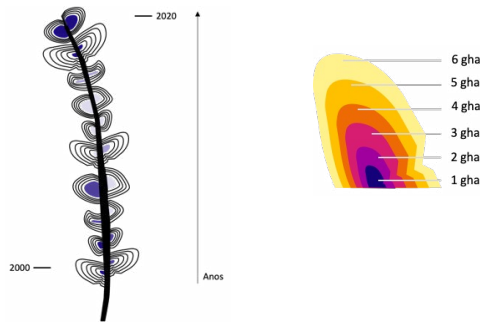


Figura 59. Espectro de cor referente à biodiversidade por pessoa e representação da biodiversidade em Portugal.

4.7.2 Protótipos iniciais

O objetivo principal dos protótipos iniciais é dar ênfase ao ciclo de vida da planta. A planta é representada pelo estágio de crescimento. De seguida, é apresentado as etapas e os dados:

- Detecção da presença humana;
- Representação da biodiversidade através da queda de sementes;
- Representação do carbono através do crescimento da raiz da planta;
- Representação visual da pegada ecológica através do crescimento do primeiro par de folhas;
- Representação do consumo de energia que se encontra associado ao crescimento das folhas;
- Representação do consumo de energia (uso de internet) e o crescimento da flor;
- Detecção de dados de ambiente — temperatura e humidade;
- Representação da frequência de uso de internet com a sobre posição de cor nas folhas da planta;
- Representação do número de planetas com a queda das folhas.

Storyboard

O *storyboard* (figura 60) representa todas as etapas retratadas, com o tempo de ação, os datasets associados, às variáveis temáticas e os dados relativos às etapas representativas dos dados.

Painéis interativos	Biodiversidade	Carbono	Pegada Ecológica	Consumo de energia	Consumo de energia - internet	Ambiente	Uso e frequência de uso de internet	Numero de planetas
	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipologia de dados	Sensores & arduino	Dataset C	Dataset C & D	Dataset C	Dataset A	Dataset B	Sensores & arduino	Dataset E & F
Abrangência	Presença	2020 a 2020 27 países da União Europeia				Humidade Temperatura		2020 a 2020 27 países da União Europeia

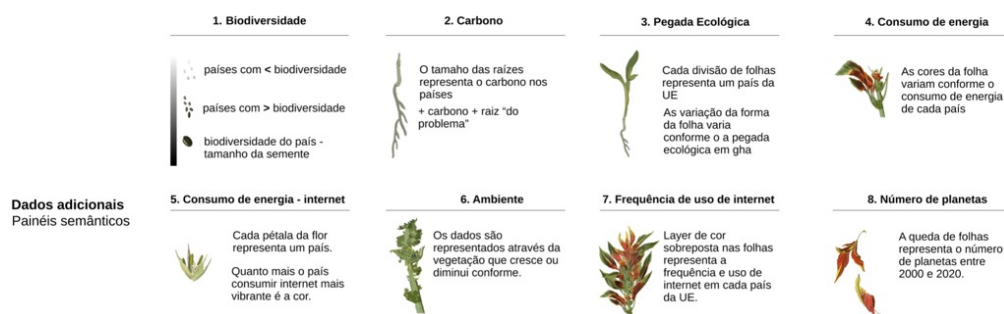


Figura 60. Storyboard realizado com base na metáfora “raiz do problema” e o ciclo de vida da planta.

Visualização espacial dos painéis interativos

Para representar as oito ações decidiu-se criar uma divisão temática em diferentes painéis interativos (figura 61). Os painéis interativos estariam presentes numa parede de exposição e cada um iniciaria ao detectar a presença humana e ficariam ativos até ao final da experiência.

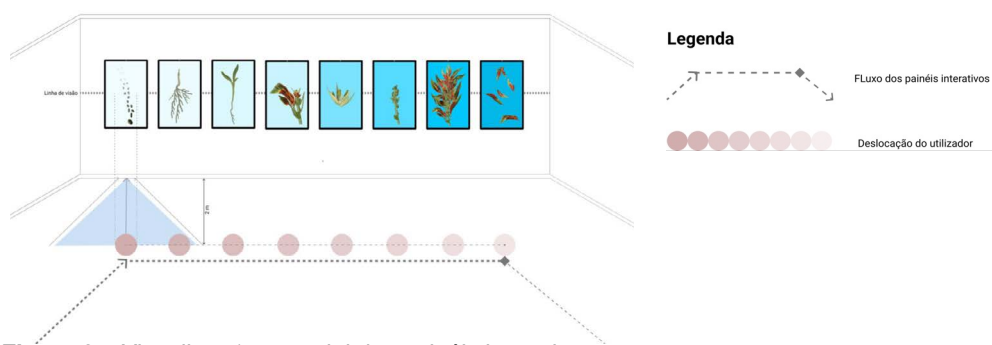


Figura 61. Visualização espacial dos painéis interativos.

Fluxo de ações

O fluxo de ações realizado no 1.º semestre (anexo A.1) contém os tempos de ação definidos e é visto através das ações despoletadas do utilizador e as representações de dados no artefato de Data Aesthetics. Com o objetivo de criar uma experiência interativa, pensou-se em criar painéis interativos temáticos. As ações seriam realizadas por um utilizador de cada vez.

Porém, esta abordagem não era coesa visualmente e apenas mostrava o impacto negativo do uso de internet, tal como a metáfora inicial pressupunha, a “raiz do problema”. Acabamos por abranger ambos os impactos globais do uso de internet no ambiente. Consciencializando o espectador não só do que é negativo (como o aumento dos ghg e combustíveis fósseis), mas também mostrar a eficiência energética e uso de energias renováveis nos últimos anos.

4.8 Resultado final

Este subcapítulo relata o resultado final do projeto assente no novo conceito — impacto do consumo energético no ambiente. Foram desenvolvidos os seguintes pontos: (i) a identidade gráfica (4.8.1); (ii) os esboços finais (4.8.2); (iii) a implementação do projeto (4.8.3); e (iv) o resultado de interação (4.8.4).

O artefato de *Data Aesthetics* foi desenvolvido com auxílio ao Processing e a interação foi conduzida com o microcontrolador Arduino e as componentes conectadas a este (p.ex., botões e rotary encoder) que proporcionaram a filtragem de informação.

4.8.1 Linguagem gráfica

A interpretação de *Data Aesthetics* é influenciada diretamente pelos elementos gráficos e a sua disposição no espaço da visualização. Ao considerar os elementos gráficos nos painéis interativos é necessário analisar em pormenor o papel de cada um na representação visual de dados. Destacam-se os seguintes elementos que definem a forma como os dados se destacam e relacionam uns com os outros: (i) a cor; (ii) o tamanho; e (iii) a forma.

De seguida, abordamos a tipografia, a cor e a forma no que concerne ao estudo da identidade gráfica do artefato computacional.

Tipografia

O texto usado no painel interativo é bastante subtil, sendo principalmente visível na sinopse (elemento mais à esquerda no painel), no folheto informativo e na caixa interativa.

Optamos por usar a mesma fonte tipográfica para todos os suportes porque consideramos que a simplicidade e a legibilidade facilitarão a comunicação da mensagem. Tentamos otimizar ao máximo o espaço que tínhamos, reduzindo o esforço cognitivo de percepção do texto corrido.

A fonte usada é a “Helvetica Neue” com um espaçamento, peso e proporção maior dos caracteres que a versão mais conhecida Helvetica. É uma fonte sem serifa que permite uma fácil leitura independentemente da distância que o intérprete lê a informação. A hierarquia de informação é feita através do peso de informação dos títulos, subtítulos e textos corridos.

Cor

O papel da cor é importante para aumentar o impacto visual e focar a atenção do utilizador. A cor bem aplicada pode melhorar a percepção dos dados. Quando se aplica a cor em Visualização de Informação, pensa-se nas seguintes questões:

- (i) De que forma a cor influencia a percepção do utilizador?;
- (ii) Qual é a informação que está a transmitir e com que intuito?;
- (iii) A cor está associada aos dados relacionados entre si?;
- (iv) O utilizador consegue distinguir todas as cores?;

Para relacionar os dados é necessário distinguir e organizar de acordo com a sua importância. De seguida, expomos a paleta cromática usada para representar visualmente a relação entre as seguintes categorias: (i) energia; (ii) internet; e (iii) ambiente.

Com o objetivo de diferenciar os impactos de consumo energético no painel esquerdo e direito foi criado um gradiente com base nas cores complementares (figura 62). O uso de cores complementares visa contrastar visualmente os valores (baixos e altos) ligados ao consumo. Os diferentes valores das fontes energéticas (combustíveis fósseis, energia nuclear e renovável) são apenas representados através da mudança de saturação. Por exemplo, se a energia renovável da Bélgica for de 10% por habitante então é usado um cinza, e se for superior a 50% é usado um verde.



Figura 62. Paleta de cores e relação entre os dados do painel esquerdo e direito.

No painel central (figura 63) são apresentadas duas variáveis com o gradiente usado no painel esquerdo e direito: energia total e ghg total. Os restantes dados são as redes de internet do DEI e cada rede tem uma cor associada.



Figura 63. Paleta de cores e relação entre os dados do painel central.

Forma

O uso do ponto/círculo é a forma mais aplicada na representação de Data Aesthetics, por ser facilmente perceptível visualmente e por ser uma forma com peso regular e coesa face aos restantes elementos da visualização. O ponto é usado para representar os seguintes dados: utilizadores e redes de internet do DEI.

Os consumo energéticos (total e de internet) são representados por uma elipse achatada verticalmente. A frequência de uso de internet é representada por um arco, inspirado nos “pie charts”³⁶. A linha representa a largura de banda. O uso da linha é para criar ligação entre os utilizadores (ponto) e o consumo energético de internet (elipse achatada verticalmente).

O ghg total está associado à forma geométrica de um triângulo. O triângulo representa os gases absorvidos por parte da radiação infravermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre, que dificulta a saída para o espaço da Terra (Mann, 2021).

As fontes energéticas são representadas pelo número de pétalas. O combustível fóssil é representado por um maior número de pétalas, a energia nuclear por um número intermédio e a energia renovável com poucas pétalas.

As formas dos dados são representadas visualmente na figura 64.

● Ponto	Forma
Utilizadores	● Consumo de energia
Rede DEI	● Consumo de energia de internet
Rede DEI 5 Ghz	▼ Frequência de uso de internet
Rede Eduroam	▲ Ghg total
Rede Eduroam 5 Ghz	▲ Ghg de internet
Rede GUEST	
I Linha	✿ Combustíveis fósseis
Largura de banda	✧ Energia renovável
	✿ Energia nuclear

Figura 64. Associação entre a forma e os dados.

Na seguinte figura 65 mostramos uma imagem exemplo (Luxemburgo) com a composição de todos os elementos gráficos.

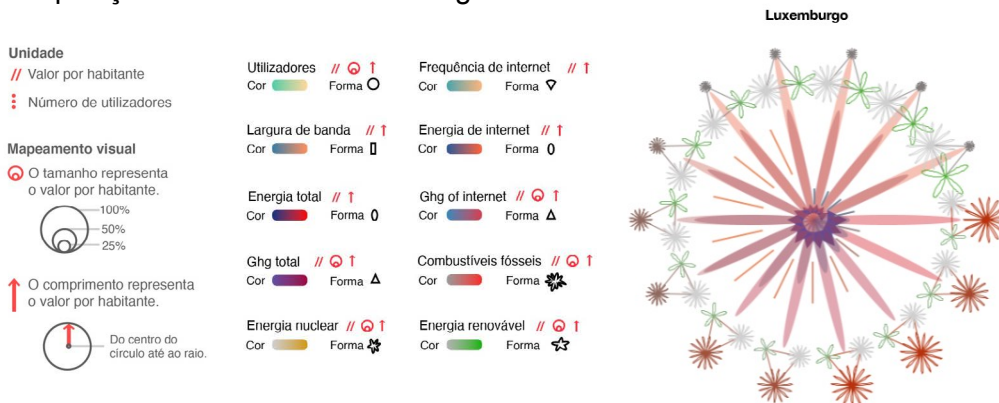


Figura 65. Composição das formas — representação visual do Luxemburgo.

36 Os “pie charts” ou gráficos de setores caracterizam-se por representar através de um diagrama circular valores proporcionais aos respectivos ângulos.

Podemos tirar as seguintes conclusões dos elementos gráficos que compõem a representação visual:

- Entre 2007 e 2010 a energia renovável foi predominante no Luxemburgo. Diminuiu a partir de 2010 e aumenta os combustíveis fósseis até 2013. A partir de 2013 e até 2017 o país praticamente iguala as fontes de energias provenientes de energias renováveis e combustíveis fósseis;
- O consumo de energia representado pela pétala é bastante acentuado nos 14 anos em análise. Porém, atinge o valor máximo por habitante em 2007—2009 e 2019—2020, representado pela pétala a atingir a extremidade da representação visual;
- A frequência de uso de internet e os utilizadores têm valores baixos que não se conseguem observar na íntegra na representação visual porém, a largura de banda e consumo de energia de internet é aumenta ao longo do tempo.

4.8.2 Esboços intermédios

Os esboços finais do projeto foram essenciais para perceber a melhor abordagem visual para o problema. O processo de desenvolvimento dos esboços foi iterativo e o resultado é o culminar de diversas fases de testes e criação das representações visuais.

Para além de terem sido repensados o conceito e a forma como as representações visuais seriam expostas no artefato, também melhorámos a forma como pretendíamos comunicar esta informação para o utilizador.

De seguida expõe-se a fase de desenvolvimento da vista geral (painel esquerdo e direito) dividida essencialmente por 2 fases: (i) exposição e mapeamento dos dados, sem foco na composição visual (fase inicial) e (ii) mapeamento dos dados ajustado para potenciar a comparação entre valores por habitante de cada país, com preocupação na composição visual (fase intermédia). A fase final encontra-se na fase de implementação (secção 4.9.3) com a exposição dos resultados obtidos.

Na figura 66 mostramos o esboço em papel realizado após a reformulação do conceito — impacto do consumo energético no ambiente.

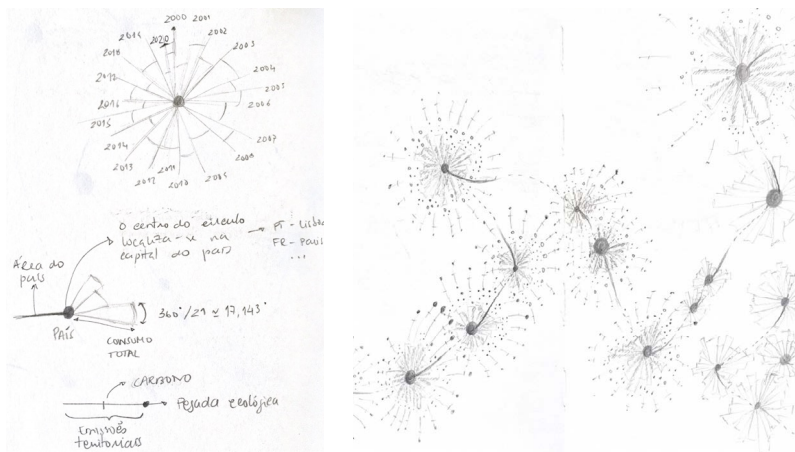


Figura 66. Esboços em papel da 1.ª fase de reformulação do painel esquerdo e direito.

Painel esquerdo e direito

Menor e maior impacto do consumo energético no ambiente

O painel esquerdo e direito é composto pelos países da UE. Com as posições delineadas para cada país começámos por calcular a média de consumos energéticos de internet que dita se o país se enquadra no painel da esquerda — menor impacto — ou no painel da direita — maior impacto. O esboço da figura 67 demonstra: (i) o uso da posição geográfica dos países da UE para os colocar no espaço disponível do painel esquerdo e direito; (ii) a representação visual do país em formato radial; e (iii) a aplicação do conceito de flor (numa representação abstracta) para cada país, mostrando diversidade e flores maiores ou menores que indicam os impactos de consumos energéticos no ambiente.

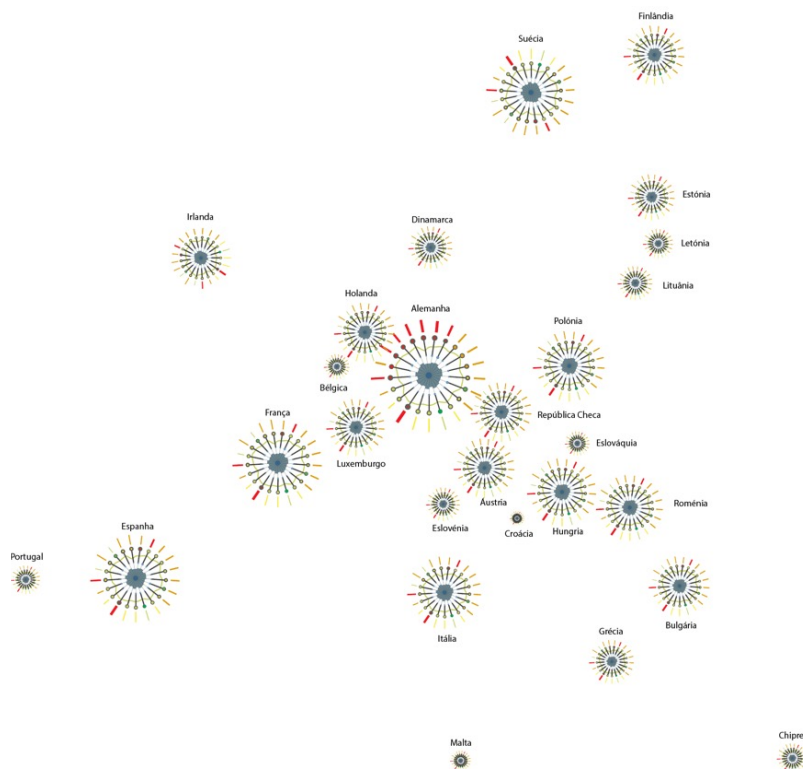


Figura 67. Posições geográficas exemplificativas dos 27 estados-membros da UE.

Optamos por realizar as representações visuais dos países em formato radial. Este formato dispõe visualmente dados em forma circular o que significa que as coordenadas da representação são face ao centro do círculo (origem) e o raio é usado para dar lugar a outras coordenadas como o x e y. O estilo radial em visualização de dados é frequentemente considerado visualmente apelativo porque os humanos são naturalmente atraídos por elementos gráficos círculos e curvas.

Os dados são assim representados num círculo de 360° que está dividido em 14 ângulos iguais (figura 68). Cada ângulo é representado por uma haste e cada haste representa um ano. A abrangência temporal é de 2007 e 2020 e 2007 é representada na parte superior da forma radial, com a leitura no sentido horário.

Painel esquerdo e direito

1 ano = 1 haste
Círculo = país da UE

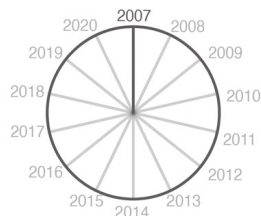


Figura 68. Haste da representação visual.

Nesta vista, a representação visual de dados mostra quatro variáveis: (i) consumo de energia relacionado com o uso de internet, (ii) utilizadores, (iii) frequência de uso de internet e (iv) ghg derivado dos gastos energéticos da internet. Os utilizadores são representados pelo tamanho do círculo e pelo comprimento do ponto central ao valor respectivo. O comprimento do centro à delimitação da área representa a frequência de uso de internet. O consumo de energia de internet é representado através do comprimento face ao centro, o mesmo se aplica com os gases de efeito de estufa da internet (figura 69).

VISTA GERAL

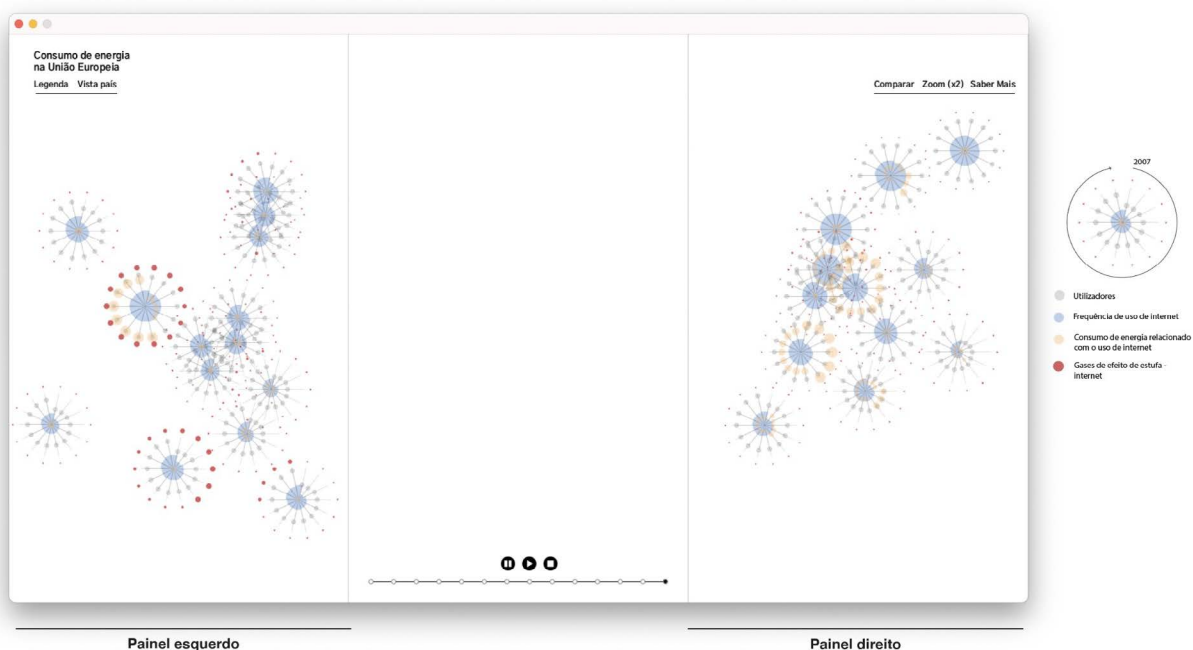


Figura 69. Representação visual da vista geral do painel esquerdo e direito na fase inicial.

VISTA GERAL

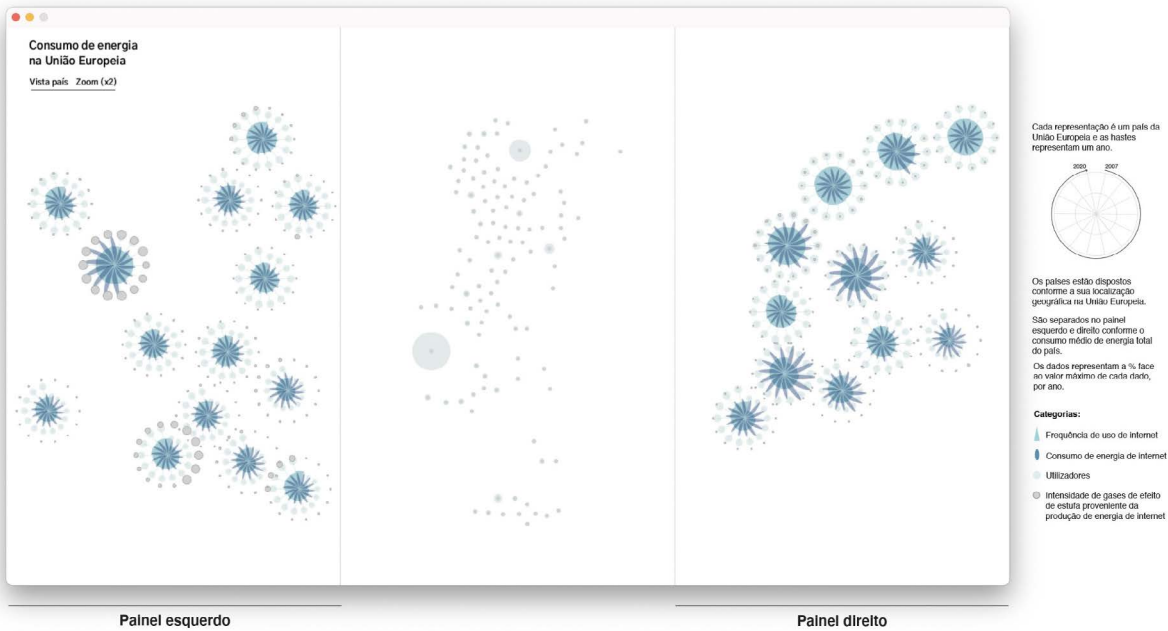


Figura 70. Representação intermédia do painel esquerdo e direito.

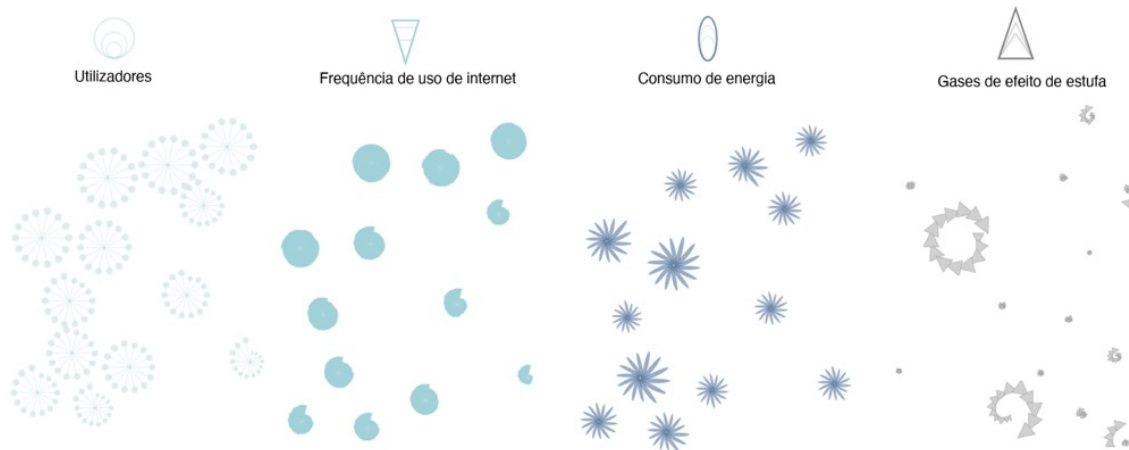


Figura 71. Mapeamento de cada dado da vista geral (fase intermédia).

No separador da vista país, pode-se observar as representações visuais de cada país da UE. Inicialmente, na vista país, preocupamo-nos em traduzir os dados através do comprimento face ao centro do círculo (figura 72). A vista dos restantes países da UE encontra-se respectivamente no anexo A.2.

VISTA PAÍS

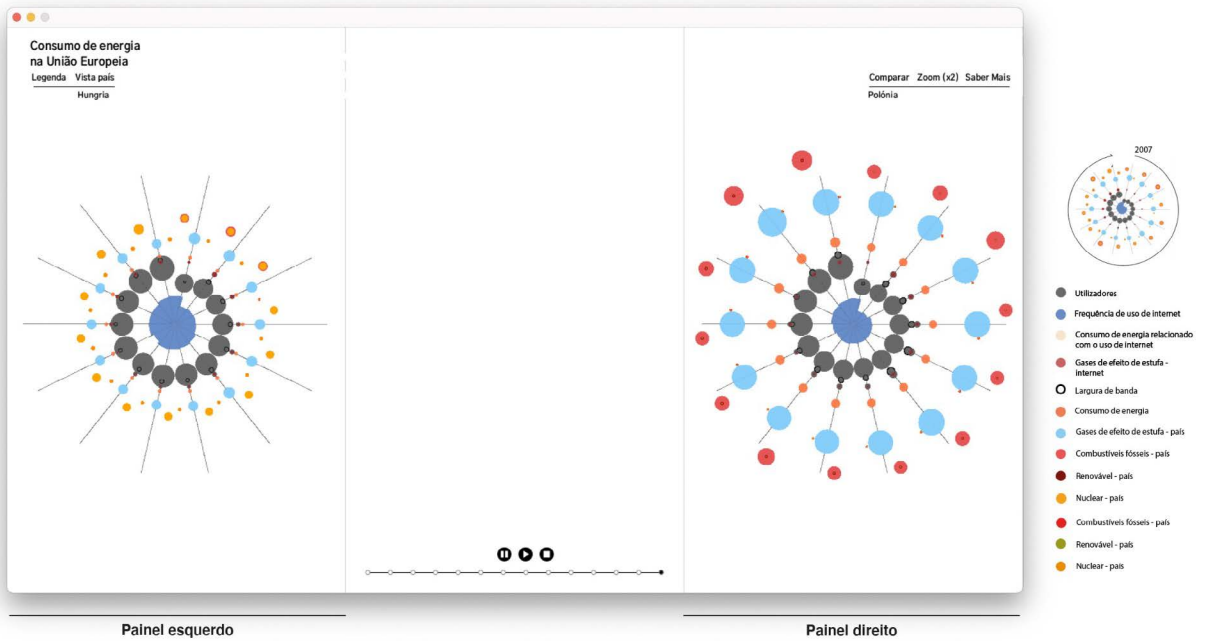


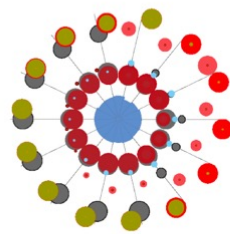
Figura 72. Vista país da Hungria e Polónia na fase inicial.

Detectámos nesta fase inicial os seguintes erros (figura 73): (i) sobreposições de cor, (ii) tamanho e escala e (iii) mapeamento visual (comprimento). De forma a colmatar os problemas de sobreposição da cor usamos a opacidade, alteramos as cores e aplicamos a mesma cor para a vista global dos países e para a vista do país. Para resolver o problema do tamanho e escala diminuámos o valor máximo do mapeamento de todos os dados. Para os problemas no mapeamento visual diminuámos o comprimento máximo de forma a limitar a representação ao espaço disponível.

VISTA PAÍS

Principais problemas e potenciais soluções

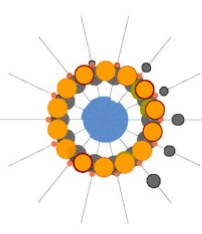
Sobreposições de cor



Luxemburgo

! Opacidade;
! Alteração da cor representativa da energia renovável do país;
! Usar a mesma cor da vista overview para a vista do país (utilizadores e frequência de uso de internet).

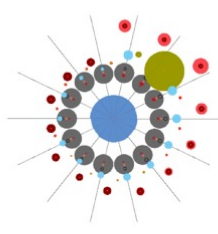
Tamanho e escala



Suécia

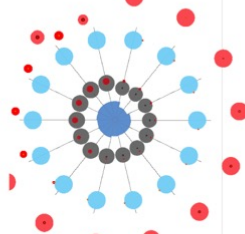
! Diminuir o valor máximo de tamanho no mapeamento face a todos os dados.

Mapeamento



Dinamarca

Mapeamento



Estónia

! Diminuir o comprimento máximo de forma a limitar o mapeamento ao espaço da visualização.

Figura 73. Erros na fase inicial de implementação da vista país.

De forma a contornar esses erros e a melhorar a forma como os dados são apresentados ao utilizador começamos por: (i) procurar a associação entre os dados (figura 74) e (ii) melhorar o mapeamento visual dos dados (cor, forma e comprimento) (figura 75).

APLICAÇÃO DA COR E RELAÇÃO ENTRE CATEGORIAS DE INFORMAÇÃO

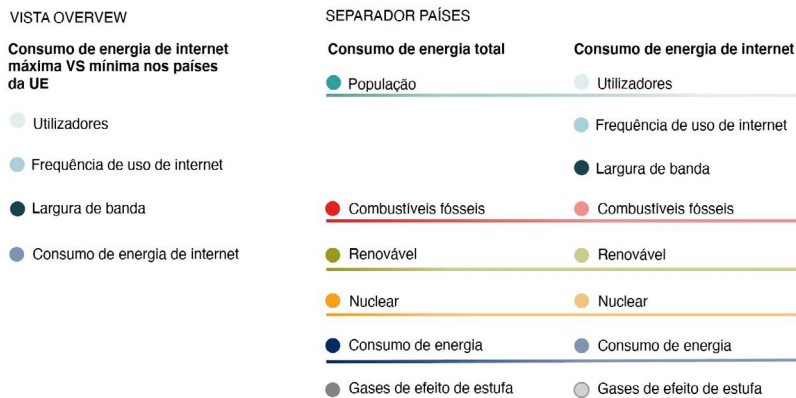


Figura 74. Aplicação da cor e relação entre os dados (fase intermédia da vista geral).

Na fase intermédia da vista país implementámos as mudanças mencionadas de forma a melhorar a percepção das representações visuais dos países da UE (figura 75).

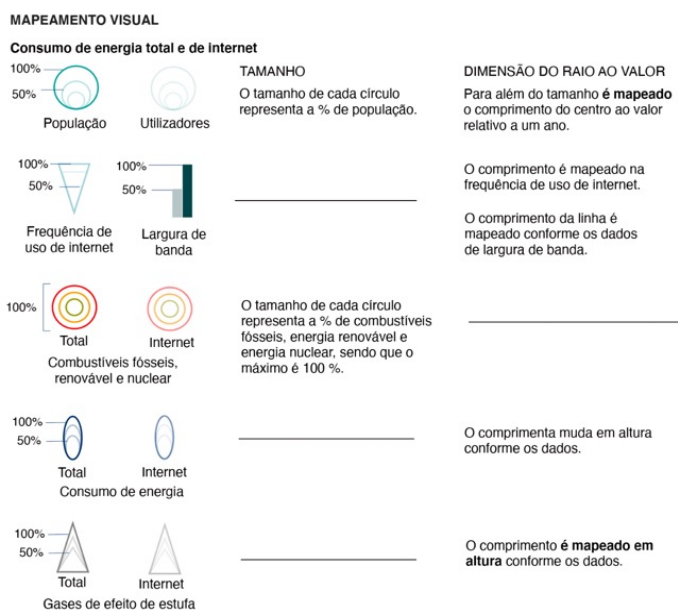


Figura 75. Mapeamento visual (fase intermédia da vista geral).

De seguida, expomos a vista de Malta e Itália na fase intermédia de desenvolvimento (figura 76). A vista dos restantes países da UE encontra-se no anexo A.2.

VISTA PAÍS

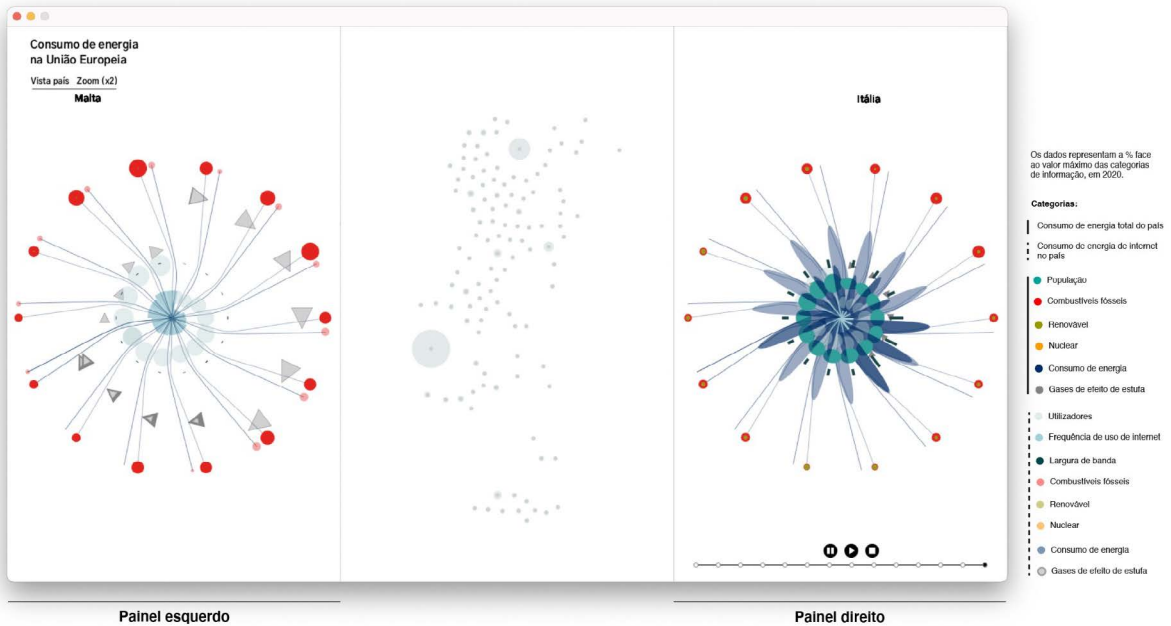


Figura 76. Fase intermédia da vista país.

Painel central

Vista Portugal e ecossistema

O painel central tem como objetivo fazer uma ponte de ligação entre os dados do painel esquerdo e direito e os dados de internet do DEI. O principal objetivo da vista Portugal é criar uma relação entre os dados dos países da UE e os dados do DEI é, assim, um meio de ligação. Na vista Portugal inicialmente analisamos duas variáveis: consumo de energia elétrica por habitante em residência e não residência (figura 77).

Porém, com estes dados não conseguimos tirar grandes conclusões de consumo energético e por isso, optámos por usar os dados de consumo de energia elétrica por habitante (kWh/habitante) em cada cidade portuguesa (figura 78).

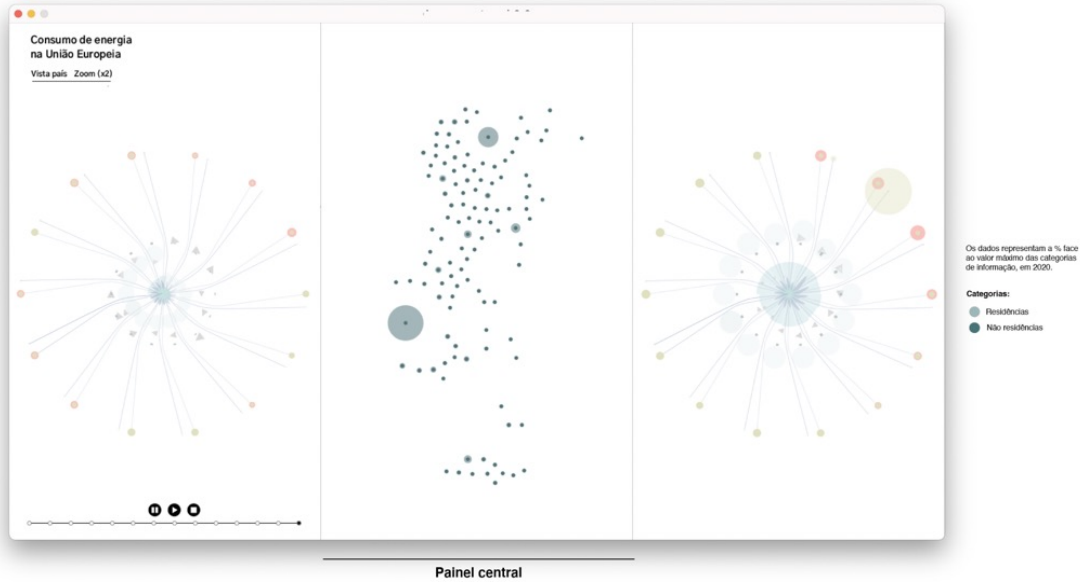


Figura 77. Fase inicial da vista de Portugal (painel central).

VISTA PORTUGAL

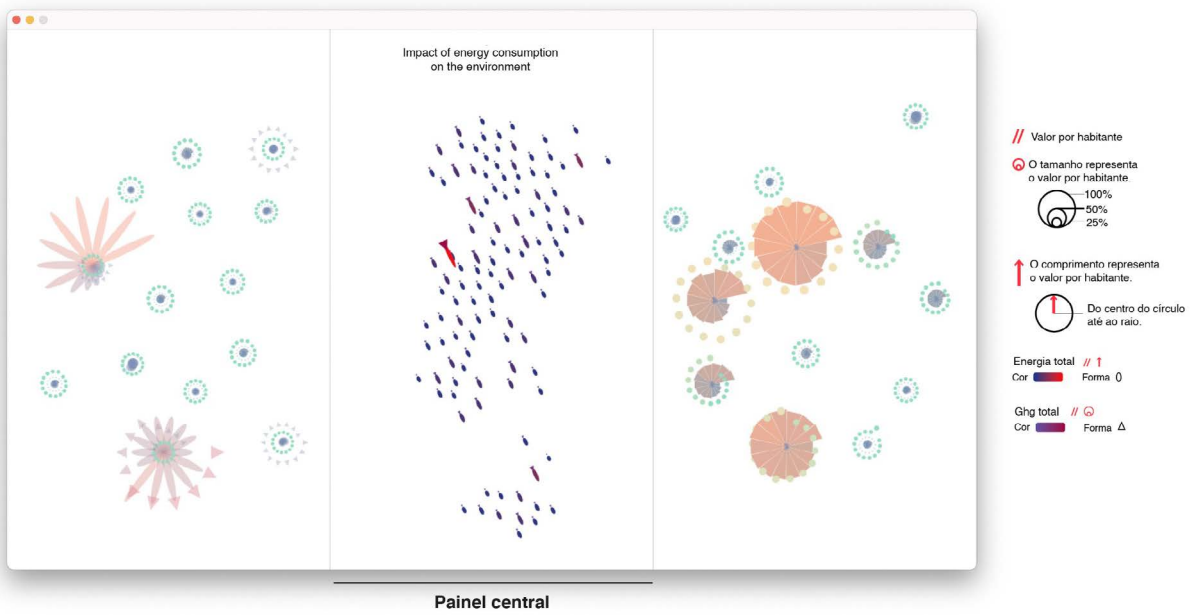


Figura 78. Fase final da vista de Portugal (painel central).

O ecossistema (mais detalhe no capítulo 4.6) tem como principal objetivo envolver o espectador numa visualização exploratória que dá espaço à interpretação individual. O ecossistema explora a metáfora visual e a aplicação da ilustração através do movimento de organismos no ecrã, passando a ideia de acumulação e representando o impacto no ambiente.

Para a representação visual do conceito, inspirámo-nos nas obras de Jackson Pollock e Wassily Kandinsky. Por um lado, pretendíamos criar uma representação abstracta e unificada de cada utilizador das redes de internet que dessem dinamismo ao painel—“Delicate Tension. No 85” (Kandinsky, 1923) (figura x), por outro lado, pretendíamos representar a acumulação através do arrasto dos círculos, obtidos pelos movimentos das composições pictóricas com acumulação e sobreposição de tinta que criam texturas que dão forma e vida à obra—“Autumn Rhythm: No.30” (Pollock, 1950) (figura 80).

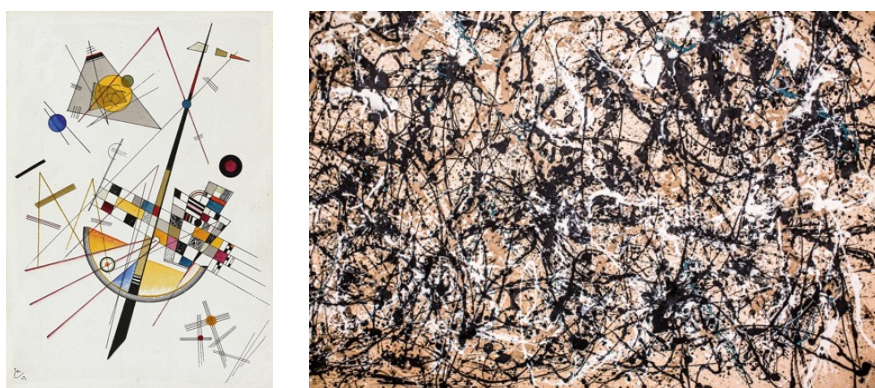


Figura 79 e 80. “Delicate Tension. No 85” (Kandinsky, 1923) e “Autumn Rhythm: No.30” (Pollock, 1950).

A ideia inicial para o desenvolvimento do ecossistema era traduzir todos os dados que pudessem afetar as redes de internet: frequência de uso de internet, largura de banda, consumo de energia de internet, consumo de energia total, ghg total e ghg de internet e fontes energéticas, apenas face a Portugal (figura 81).

Esta ideia considerava as seguintes configurações visuais:

- Contorno - cor da rede;
- Fundo muda de acordo com a rede do DEI com mais utilizadores;
- Mais utilizadores - linha com arrasto;
- Menos utilizadores - círculo sem arrasto;
- Frequência - preenchimento da cor e tamanho do boid;
- Largura de banda - velocidade;
- Consumo de energia de internet - “pegadas” deixadas pelos boids representadas com borrões de tinta;
- Consumo de energia total - lifespan das “pegadas” - duração, tamanho e cor;
- Ghg de internet - forma dos boids (triângulos);
- Ghg total - forma dos boids (triângulos com mais arestas);
- Combustíveis fósseis - adição de pequenas partículas que seguem o percurso dos boids;
- Energias renováveis - Adiciona marcas mais claras.

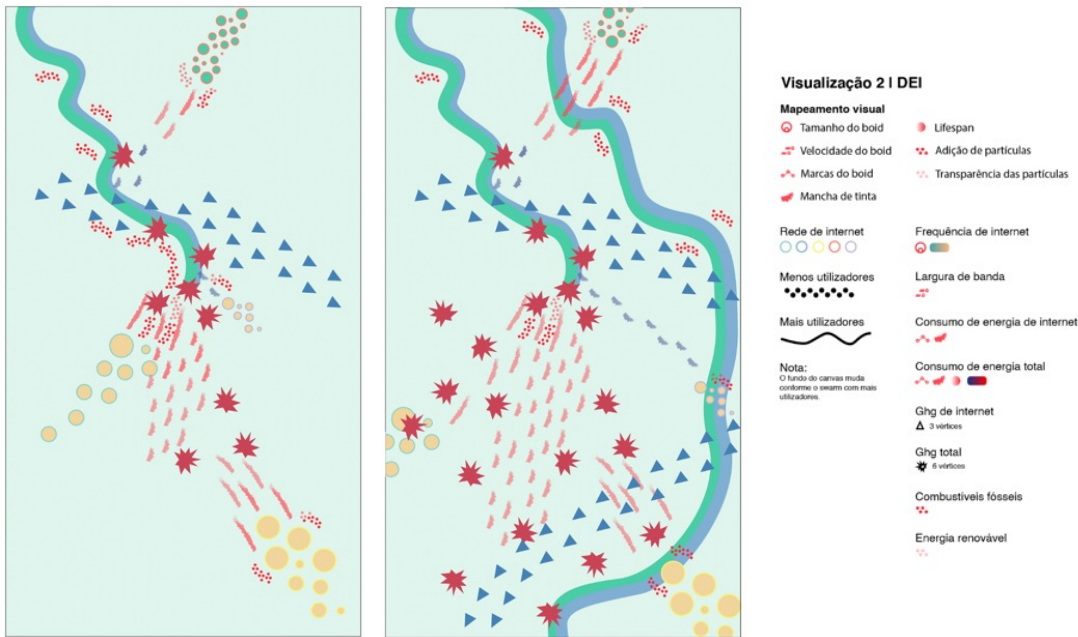


Figura 81. Esboços do ecossistema desenvolvidos em ilustrator.

Os esboços desenvolvidos para o ecossistema acabaram por sofrer alterações a nível de: (i) impacto visual; (ii) redução de dados a serem representados e (iii) impactos dos dados que afetam apenas a forma do ecossistema e não a sua cor representativa da rede de internet do DEI.

4.8.3 Implementação do projeto

Para a implementação dos painéis recorreu-se ao Processing para a interface e o arduino para a interação. Foram desenvolvidos 3 painéis: painel esquerdo e direito com 2 vistas (vista geral e vista país) e painel central (vista de Portugal e ecossistema).

De seguida, expomos a implementação painel esquerdo e direito em conjunto e posteriormente abordamos a implementação do painel central.

Painel esquerdo e direito

Menor e maior impacto do consumo energético no ambiente

Após uma análise detalhada sobre os dados (capítulo 4.4), criámos um ficheiro de texto com toda a informação que queríamos ver representada no artefato. Adicionalmente, para a vista geral foi criado um ficheiro auxiliar com a posição x e y dos países face à resolução do ecrã e o respectivo lado do país (esquerdo/direito) de acordo com os impactos de consumo energético no ambiente.

O painel esquerdo e direito contém os países da UE divididos pelos 2 painéis de acordo com os seus impactos de consumo energético no ambiente. Os países (tabela 20) são posicionados conforme a média de impactos de consumos energéticos no ambiente. Para o posicionamento analisamos os rankings dos países e fizemos a análise global dos rankings de acordo com os dados.

Painel esquerdo	Painel direito
França	Alemanha
Espanha	Itália
Suécia	Polónia
Bélgica	Holanda
Finlândia	República Checa
Áustria	Grécia
Roménia	Portugal
Hungria	Bulgária
Dinamarca	Irlanda
Eslováquia	Estónia
Croácia	Luxemburgo
Eslovénia	Chipre
Lituânia	Malta
Letónia	

Tabela 20. Países pertencentes ao painel esquerdo e direito conforme os seus rankings.

Para mapear os valores dos dados para valores que pudessem ser representados nos painéis, seguimos a seguinte lógica:

- (i) Calculamos o valor mínimo e máximo de um determinado campo e com estes valores calculamos a percentagem de um determinado valor naquela escala;
- (ii) De seguida, fizemos um mapeamento linear para os valores da representação visual, sendo que limitamos o valor mínimo do mapeamento visual a 5. O valor máximo varia consoante a variável visual para a qual o dados é mapeado.

De forma a que os países na vista geral não ficassem sobrepostos usámos um algoritmo de separação (figura 82). Este algoritmo consiste na separação de países sobrepostos conforme o raio e uma margem previamente estipulada.

SEPARAÇÃO PAÍSES I VISTA GERAL



Figura 82. Círculos pretos correspondentes ao diâmetro de cada país da UE.

O mapeamento visual dos consumos de cada país diverge de acordo com os dados (figura 83). Todos os valores mapeados no painel esquerdo e direito dizem respeito ao valor médio por habitante. O mapeamento visual é realizado de igual forma na vista geral e na vista país.

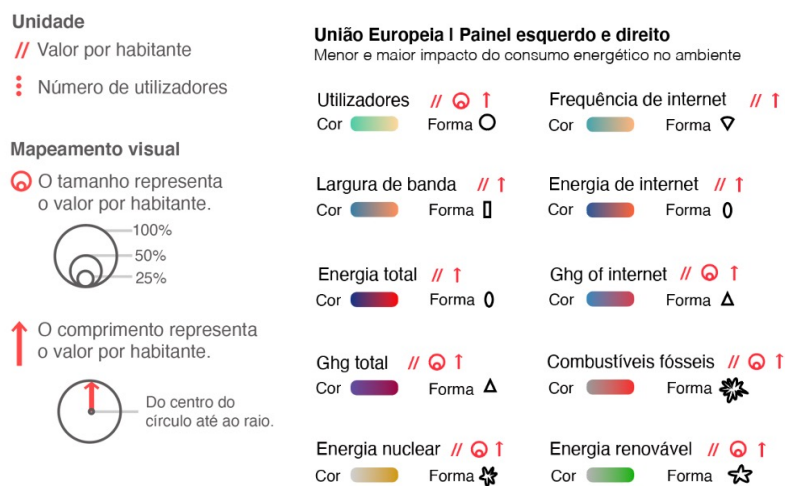


Figura 83. Mapeamento visual do painel esquerdo e direito.

A vista geral apenas contempla quatro dados: (i) utilizadores; (ii) frequência de uso de internet; (iii) consumo de energia de internet; e (iv) ghg de internet. Já a vista país contempla

os seguintes dados: utilizadores, frequência de uso de internet, largura de banda, consumo de energia de internet, consumo de energia total do país, ghg total, ghg de internet e fontes energéticas (combustíveis fósseis, energia nuclear e energia renovável).

Na vista geral (figura 84), os utilizadores são representados pelo comprimento do círculo, quanto maior é o valor médio maior será o círculo e maior será a distância ao centro da forma. A frequência de uso de internet é mapeada através do comprimento, quanto maior é o comprimento do arco, maior é o valor médio por habitante, quanto menor é o arco menor é o valor por habitante. O consumo de energia de internet e os ghg de internet são mapeados também através do comprimento. O consumo de energia de internet é mapeado através de uma elipse achatada verticalmente, que é maior ou menor em comprimento de acordo com os valores por habitante. O ghg de internet é mapeado com o triângulo que diverge em comprimento dependendo dos valores.

VISTA GERAL

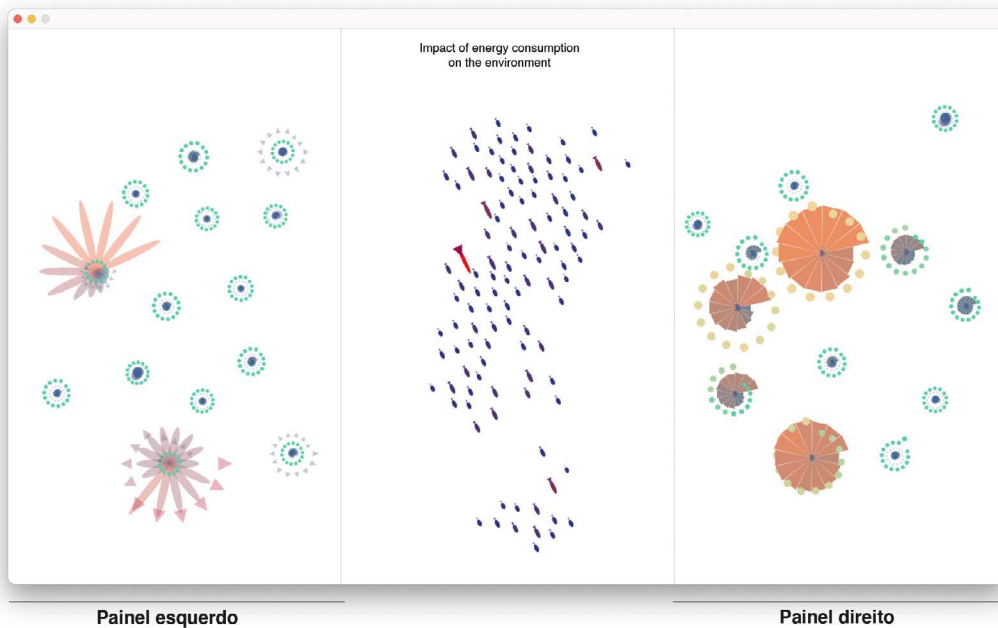


Figura 84. Resultado final da vista geral.

Para a vista país, e após a selecção de um país em específico (mais detalhe na secção no capítulo 4.9.4), o país seleccionado é apresentado no painel a que pertence (esquerdo/ direito).

Para a representação dos dados seguimos a mesma abordagem de mapeamento visual dos quatro dados que apresentamos na vista geral. A vista país dos restantes países da UE encontra-se no anexo A.2.

Em relação aos restantes dados extra da vista país, a representação visual é a seguinte:

- O consumo de energia total é mapeado da mesma forma que a energia de internet por estarem associadas, ou seja é mapeado através do comprimento da elipse achatada verticalmente.
- Os ghg totais do país também são mapeados de igual forma aos ghg de internet, ou seja através do comprimento do triângulo.
- A largura de banda é mapeada apenas através do comprimento.
- A energia nuclear, energia renovável e combustíveis fósseis é mapeada através do comprimento.

O resultado final da vista país da Croácia e Finlândia encontra-se na figura 85. Podemos observar as diferenças de impactos de consumo energético nos dois países. Visualmente, podemos distinguir as seguintes informações:

- A Finlândia possui maior largura de banda por habitante;
- A Finlândia possui maior consumo de energia por habitante;
- A Croácia possui maior energia de internet por habitante.

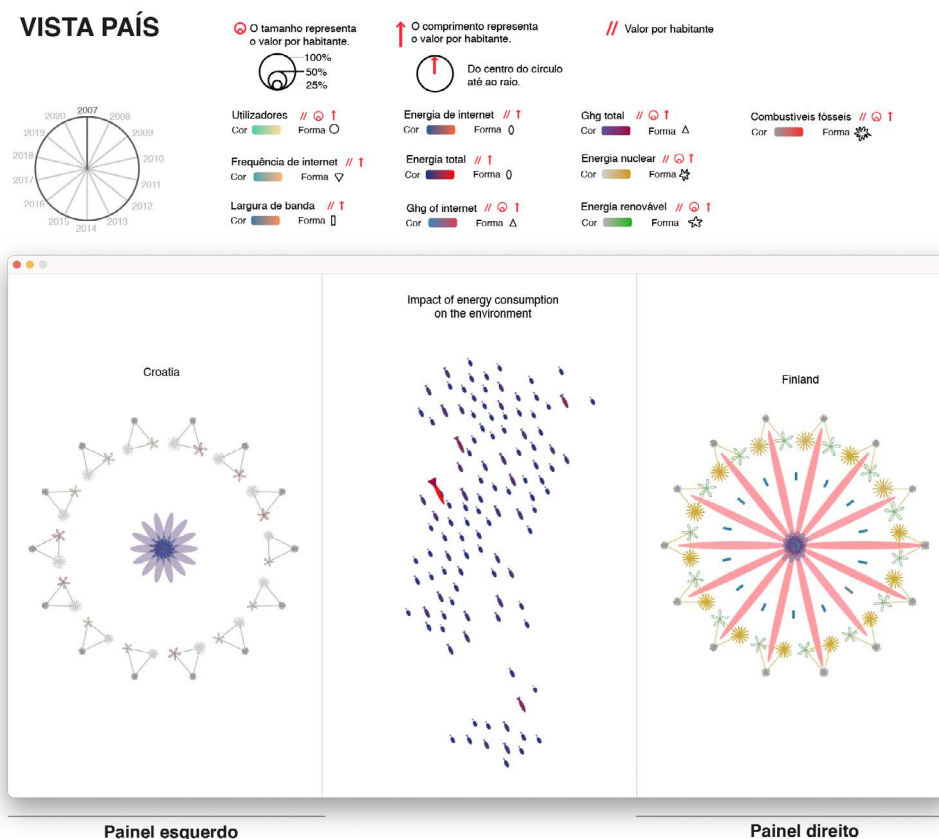


Figura 85. Resultado final da vista país.

Painel central

Vista de Portugal e ecossistema

O painel central tem como principal objetivo fazer uma ponte conceptual entre os dados da UE e os dados do DEI. Por isso, pensou-se que a melhor forma era mostrar também dados de Portugal. De seguida, expomos a vista de Portugal e o ecossistema exploratório.

Vista de Portugal

A vista de Portugal mostra os dados de consumo energético e ghg das cidades portuguesas em 2020. Estes dados são representados visualmente da mesma forma como são apresentados na vista país do painel esquerdo e direito.

O consumo energético é mapeado visualmente através do comprimento por valor por habitante que parte do ponto central (neste caso a localização da cidade portuguesa no ecrã). O ghg é representado por um triângulo na extremidade do consumo energético .

Como só é representado um ano (2020), optámos por deixar esta representação no mesmo ângulo que a haste de 2020 nas representações visuais do painel esquerdo e direito.

Para dispor a representação dos dados de acordo com a localização das cidades portuguesas aplicámos também o algoritmo de separação referido anteriormente.

A figura 86 mostra o resultado final da vista de Portugal com os dados de consumo energético e ghg total das cidades portuguesas em 2020.

VISTA PORTUGAL

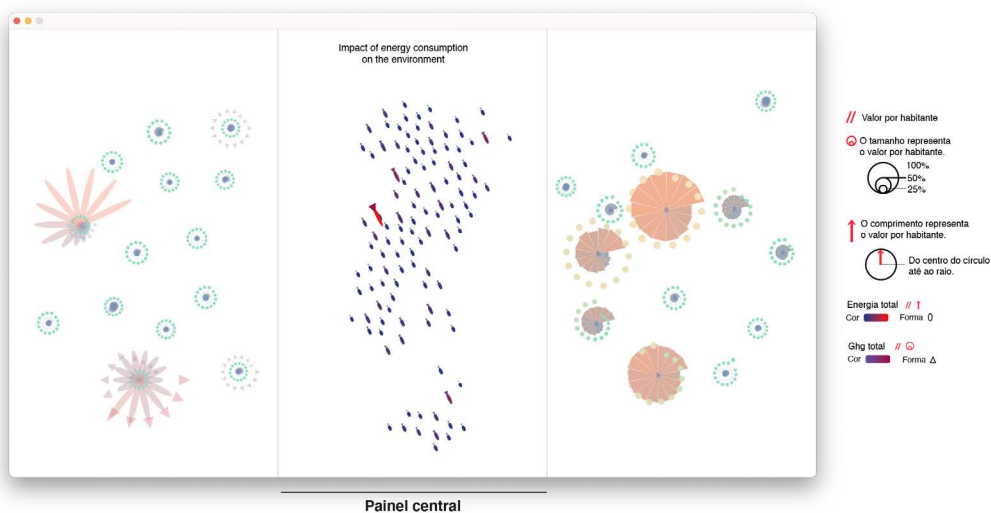


Figura 86. Resultado final da vista de Portugal.

Ecosystema

Para o ecossistema, baseámo-nos no algoritmo de “swarm”, criado por Kennedy e Eberhart (1995). Cada partícula do enxame (swarm) possui uma posição inicial e comporta-se de maneira distribuída usando ou o seu conhecimento ou o conhecimento coletivo/ social do grupo. A velocidade de cada partícula é atualizada em relação à própria partícula e aos elementos que a rodeiam.

Por norma, o enxame de partículas tem a seguinte estrutura lógica (Reddy & Kumar, 2020):

1. Começo;
2. Inicialização da população: posição e velocidade a 0;
3. É avaliado cada indivíduo da população;
4. É inicializado uma iteração com counter a 0;
5. Sempre que o critério não for satisfeito executa as seguintes funções:
6. Encontra o melhor em cada partícula;
7. Encontra o melhor global face a todas as partículas;
8. Adiciona velocidade à posição;
9. Restringe as posições às pré-definidas;
10. Avaliação da performance da população.
11. Fim da interação;
12. Fim da estrutura.

Com base na implementação de Craig Reynold (Reynolds, 1987) foi desenvolvido um ecossistema exploratório que mostra o número de utilizadores das 5 redes de internet do DEI: eduroam, eduroam 5 ghz, DEI, DEI 5 ghz e guest. O comportamento dos organismos baseia-se em 3 regras fundamentais (figura 87): separação, alinhamento e coesão. Cada organismo tenta chegar perto do seu tipo de rede de internet.

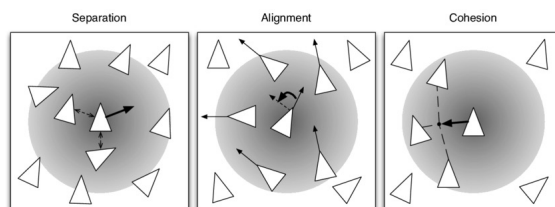


Figura 87. Regras comportamentais dos organismos.

Separação

A separação evita que os organismos colidam. A força da direção é calculada através da média do vetor da diferença entre a posição atual do organismo e a do vizinho.

Alinhamento

Os organismos alinham-se para responder à direção média dos organismos ao seu redor.

Coesão

Os organismos na direção ao centro dos organismos da sua vizinhança. A força de direção é calculada para mover o organismo na posição média dos organismos vizinhos.

De forma ao utilizador conseguir criar uma relação entre painéis (esquerdo/direito e central) criámos um conjunto de probabilidades que afetam os organismos do ecossistema de forma a que estes tenham comportamentos—e por isso, representações— ajustados a um país seleccionado ou à média dos países da UE (quando nenhum país é seleccionado).

As probabilidades referem-se à possibilidade de ocorrência dos impactos de consumo energético no ambiente. Para fundamentarmos estas probabilidades baseamos-nos nos dados dos países da UE. Optámos por analisar três dados do painel esquerdo e direito: frequência de uso de internet, consumo de energia de internet e ghg de internet. A escolha dos dados que alteram os organismos deve-se ao facto de serem representados também na vista geral do painel esquerdo e direito.

Para calcular as probabilidades de cada país, realizamos a média de todos os anos referentes aos indicadores (frequência de uso de internet, energia de internet e ghg de internet). Posteriormente, dividimos pelo valor máximo (do país e indicador entre 2007 e 2020) de forma a obter o valor percentual. Este valor determina o comportamento/representação de cada organismo, sendo que o organismo tem ou não um determinado comportamento/representação mediante um valor probabilístico. Assim, o comportamento/representação do organismo é definido e redefinido à medida que o utilizador interage com o painel e selecciona diferentes países. Na tabela 21 mostramos os valores percentuais consoante o país e o indicador em análise.

País da UE	Frequência de uso de internet	Energia de internet	Ghg de Internet
Portugal	0,64	0,76	0,38
Áustria	0,85	0,83	0,57
Bélgica	0,72	0,6	0,24
Bulgária	0,84	0,31	0,28
Chipre	0,87	0,31	0,32
República Checa	0,85	0,17	0,93
Alemanha	0,87	0,67	100
Dinamarca	0,8	0,74	0,16
Espanha	0,7	0,44	0,52
Estónia	0,75	0,7	0,69
Finlândia	0,85	0,64	0,05
França	0,75	0,73	0,8
Grécia	0,77	0,32	0,37
Croácia	0,82	0,68	0,55
Hungria	0,76	0,68	0,75
Irlanda	0,91	0,88	0,04
Itália	0,87	0,49	0,64
Lituânia	0,87	0,86	0,59
Luxemburgo	0,71	0,6	0,74
Letónia	0,98	0,71	0,56
Malta	0,77	0,9	0,52
Holanda	0,75	0,75	0,61
Polónia	0,77	0,36	0,43
Roménia	0,83	0,35	0,46
Eslováquia	0,83	0,34	0,41
Eslovénia	0,9	0,8	0,53
Suécia	0,88	0,34	0,25
Média de todos os países da UE	0,81	0,59	0,48

Tabela 21. Probabilidades face a todos os países da UE (2007—2020).

As redes de internet do DEI são representadas pela cor associada a cada organismo, a forma representa cada um dos dados que aparecem ou não consoante uma probabilidade binária dos dados aumentarem ou diminuir no país que o utilizador selecciona. O comprimento é influenciado pelo impacto dos dados no próprio ecossistema.

Nas figuras 88—93 mostramos o ecossistema e o seu comportamento mediante as probabilidades médias de todos os países da UE. Através das figuras, é possível verificar o impacto no próprio ecossistema (i.e., através da adição de partículas). Nas figuras testamos a mudança de fundo, o rasto para dar continuidade às posições dos organismos. Porém, optamos por um ecossistema mais limpo e organizado de forma a facilitar a percepção das probabilidades de cada dado representado através da forma dos organismos. O resultado final do ecossistema pode ser observado no seguinte url: <https://vimeo.com/739940337>.

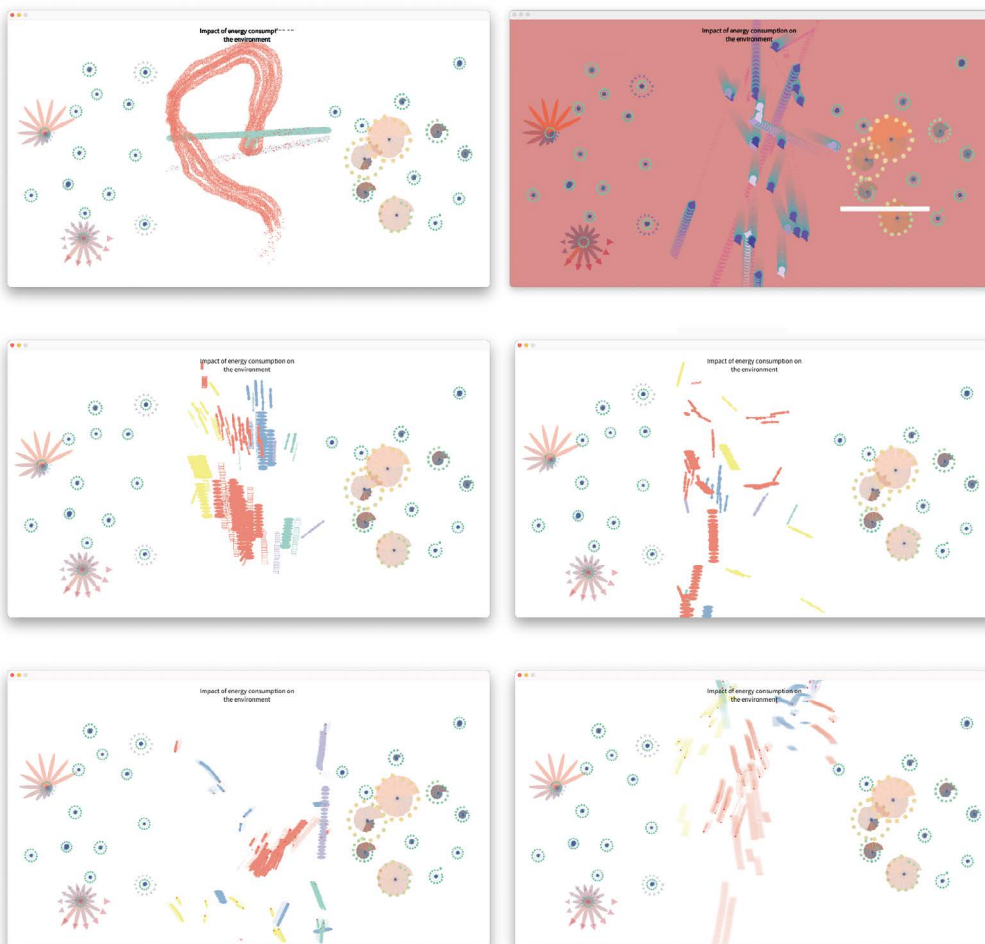


Figura 88—93. Desenvolvimento do ecossistema em Processing.

Suporte para a percepção do painel interativo

Para a compreensão do painel foi desenvolvido um folheto informativo (figura 94) que contém toda a informação que o utilizador precisa de saber para conseguir interagir e perceber o artefato.

A divisão do folheto em três componentes surge da relação com o painel interativo dividido também em três painéis. Cada componente contém o seguinte conteúdo: (i) a legenda (com as unidades, o mapeamento visual e outras informações adicionais); (ii) a informação sobre os painéis esquerdo e direito referente aos países da UE; e (iii) o painel central com os dados de Portugal e o ecossistema.

A parte exterior do folheto é meramente informativa. Contém o nome do projeto e âmbito, como é que a interação é despoletada e o QR code para o questionário empírico (teste de usabilidade interativo). Foram realizadas duas versões: uma em português e outra em inglês.

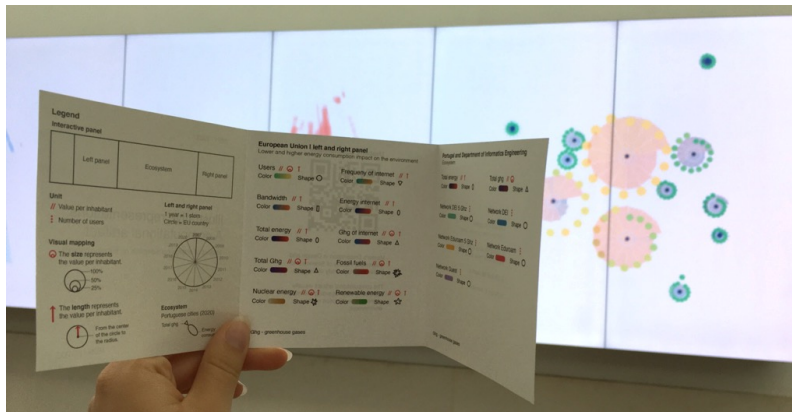


Figura 94. Folheto informativo.

4.8.4 Interação

Para o desenvolvimento da interação no artefato começámos por delinear as funcionalidades que o sistema teria de ter para conseguir corresponder aos objetivos de interação. De forma a despoletar ações do utilizador sobre os painéis usamos o Arduino e outros dispositivos considerados necessários para testar a abordagem que pretendemos seguir.

Como queríamos criar uma forma de filtrar de dados, procurámos as seguintes soluções:

- Uso de um *joystick* para alterar o país selecionado pelo utilizador. Mais tarde, chegamos à conclusão que seria mais útil trabalhar com o *rotary encoder*;
- Botões on/off para accionar eventos específicos no sistema.

Pretendíamos ainda, criar uma interação wireless, e por isso, implementamos e testamos o nodeMCU³⁷ esp8266 e o protocolo MQTT³⁸. No entanto, devido a problemas com o alimentador do controlador, não foi possível. É importante referir que os testes de usabilidade não foram influenciados por este problema.

Previamente à implementação da experiência com o artefato, foi definido um fluxo de ações entre o utilizador e o sistema (figura 95), que consiste em estudar os passos que o utilizador tem de realizar para interagir com o painel interativo (Dubberly, 2004).

Fluxo de ações entre visualizações e separadores de informação

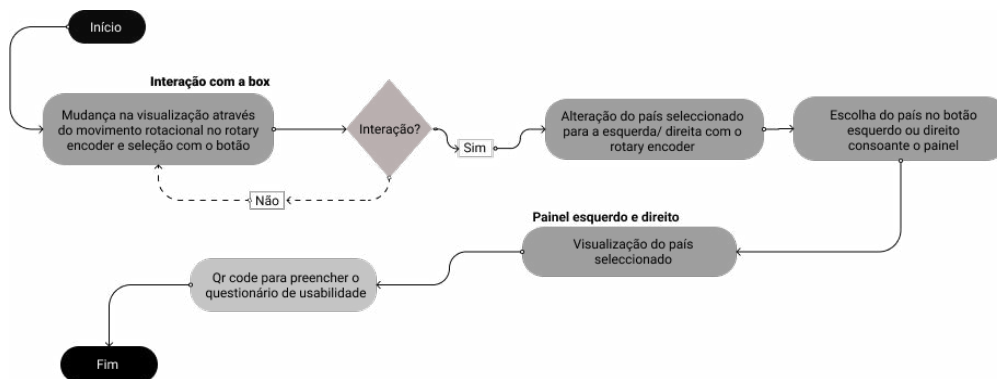


Figura 95. Fluxo de interação com o artefato.

Ferramentas de auxílio à interação

Processing

O processing³⁹ é uma ferramenta open-source desenvolvida por artistas e designers que usa uma linguagem simplificada construída com base na linguagem Java. O software tem como principal foco a criação de media visual e interativa.

Neste projeto, o Processing é utilizado não só para gerar as representações visuais dos dados e o ecossistema como também para mostrar as alterações da interação com o artefato. A biblioteca Serial⁴⁰ permitiu a comunicação entre o Processing e o Arduino.

Arduino IDE (plataforma de desenvolvimento)

O arduino IDE⁴¹ é uma plataforma eletrónica open-source capaz de ler entradas (por exemplo de um sensor) e transformar em saída (por exemplo, ligar um led). Para além disso, o arduino é multiplataforma (opera nos sistemas operativos MacOS, windows e linux) e tem um ambiente de programação fácil de usar baseado na linguagem de Processing. Usámos ainda as funcionalidades de duas bibliotecas. A biblioteca EspRotary⁴² permitiu a leitura dos valores do rotary encoder e a biblioteca Button 2⁴³ permitiu a leitura de cliques simples, duplos, triplos e longos.

39 <https://processing.org>

40 <https://processing.org/reference/libraries/serial/index.html>

41 <https://www.arduino.cc>

42 <https://github.com/LennartHennigs/ESPRotary>

43 <https://github.com/LennartHennigs/Button2>

A interação entre o painel interativo e o utilizador tem como objetivo principal criar níveis de granularidade baseados na filtragem e organização de informação. Mais concretamente, a interação permite ao utilizador seleccionar um país para ver com mais detalhe.

A interação entre o utilizador e o artefato é conseguida através do sensor rotativo *rotary encoder* e de botões. O sensor rotativo serve para alterar o país e os botões se forem clicados uma vez mostram a vista país e se forem pressionados duas vezes voltam para a vista geral.

Existem dois tipos de sensores rotativos: absoluto ou incremental. Neste caso, usamos o sensor rotativo incremental com pushbutton. O sensor rotativo incremental possui um disco com zonas de contacto espaçadas e conectadas a um pino comum (pino A) e outros pinos de contacto — B e C (ver figura 96). Quando o disco gira, os pinos B e C fazem contacto com o pino comum, incrementando a posição face ao eixo rotativo. Os pinos B e C giram em dois sentidos: sentido dos ponteiros do relógio (esquerda para a direita) ou sentido contrário aos ponteiros do relógio (direita para a esquerda).

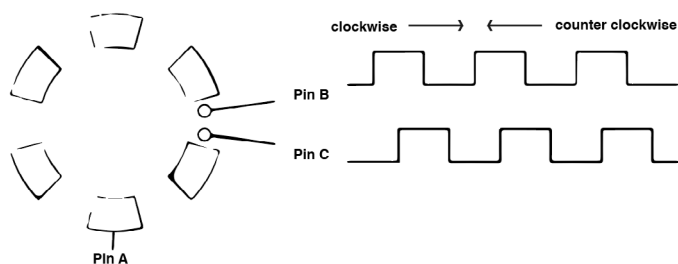


Figura 96. Funcionamento e leitura do *rotary*.

Estrutura no Arduino (plataforma de desenvolvimento)

O primeiro passo para o desenvolvimento da interação foi conectar todos os cabos aos pins do microcontrolador esp8266 e fazer debug. Para isso, bastou conectarmos o circuito montado ao computador via usb.

Primeiramente, procuramos estabelecer a ligação do rotary encoder com o microcontrolador esp8266. Para o funcionamento correto no arduino IDE seguimos algumas etapas elementares: (i) de preferência ter a versão mais recente do arduino IDE (usamos a versão 1.8.18); (ii) obter o package do esp8266 (http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json); (iii) seleccionar a placa NodeMCU no arduino; (iv) verificar se a porta usada é a correta; (v) verificar se todos o circuito está conectado corretamente e (vi) por fim, fazer upload do sketch.

Para o envio de mensagens do rotary encoder para o processing via comunicação série fizemos prints com uma string identificativa da informação que queríamos ler no processing e a posição (valores float) e direção (esquerda/direita). Para saber se o botão esquerdo/direito foi pressionado usamos o mesmo raciocínio.

Suporte de interação

Visto que a interação com o painel esquerdo e direito resulta do toque e manuseamento de sensores surgiu a necessidade de criar uma caixa (figura 97) que possibilita a interação em qualquer local com vista para o painel interativo.

Para o desenvolvimento da caixa primeiramente preocupamos-nos em ter todas as dimensões das componentes que íamos precisar que ficassem na parte exterior da caixa o que ia exigir obrigatoriamente um corte: (i) abertura para os 2 botões; (ii) espaço para o *rotary encoder*; (iii) abertura para 2 cabos (cabo multi-usb com ligação usb e cabo usb). Tendo isso em vista, optamos pelo corte a laser. Para a informação que queríamos deixar na caixa (título, painéis e identificação para a alteração do país) usamos a impressão a laser.

A caixa desenvolvida foi construída para dois botões e um rotary encoder. Para facilitar a interação do utilizador com a caixa foi pensada a posição destes elementos de forma a não criar constrangimentos no momento de interação.

Deste modo, pensamos que o mais conveniente para o utilizador, seria ter dois botões lado a lado que indicassem claramente o seu intuito (interagir com o respectivo painel) e uma informação indicativa para o utilizador perceber onde deve alterar o país com o rotary encoder. Achamos melhor não colocar o rotary encoder ao mesmo nível dos botões porque o dispositivo não iria ficar preso à caixa (como estão os botões) o que iria dificultar o manuseamento.

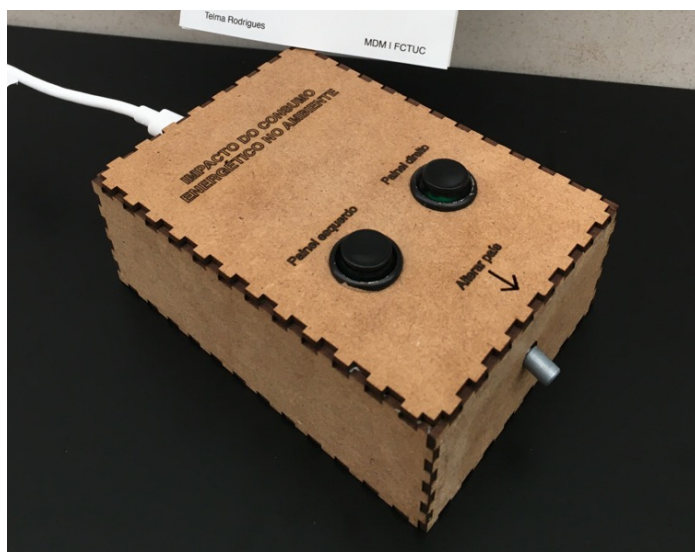


Figura 97. Caixa criada para o painel esquerdo e direito.

5. Testes de usabilidade

Com o objetivo de avaliar a interpretação visual e interação dos painéis realizámos um conjunto de testes de usabilidade. A realização de testes de usabilidade visa a análise e compreensão dos comportamentos dos participantes face ao artefato, a detecção dos principais erros, melhorias e sugestões.

Os principais objetivos dos testes de usabilidade centram-se nos seguintes parâmetros: (ii) identificação de pontos de interesse e falha no artefato, na perspectiva do utilizador; (iii) identificação dos elementos da representação visual de dados e da interação que causam entropia; e (iv) levantamento de sugestões de melhoria.

Para a realização dos testes de usabilidade tivemos em mente os objetivos que queremos ver respondidos no estudo da investigação:

- Perceber a interpretação visual da representação dos dados;
- Comparar e analisar os dados;
- Perceber se a interação é eficiente no artefato;
- Perceber se as cores e formas auxiliam a interpretação visual do artefato;
- Analisar de que forma o ecossistema exploratório do painel central transmite a relação entre painéis de modo a melhor a comunicação com o utilizador;
- Registrar os principais problemas estéticos e interpretativos do painel interativo;
- Identificar os problemas interativos;
- Sugestão de melhorias para o artefato;
- Avaliação da experiência e potencial recomendação para a sensibilização do consumo energético proveniente do uso da internet.

Para a recolha de dados optamos pelas seguintes técnicas: (i) oral (descrição do projeto e tarefas a executar); (ii) observação (das tarefas) e (iii) escrita (questionário).

Após a definição dos objetivos, foi necessário definir os seguintes pontos: (i) tarefas a testar; (ii) equipamento necessário para a compreensão e interação com o artefato; (iii) definição de data e local para marcação prévia com os participantes e concepção atempada do material de avaliação para os testes de usabilidade. De seguida detalhamos a importância de cada um destes pontos no projeto.

Definimos como amostra mínima dez testes de usabilidade de modo a assegurar que os participantes se enquadram no público-alvo definido e existe consistência a nível de sessões. Utilizamos os mesmos materiais de apoio e as mesmas métricas para registo dos dados.

Com base nos potenciais participantes e público-alvo definido previamente (capítulo 4.4) podemos distinguir os seguintes grupos da comunidade interna do DEI: os alunos/ estudantes, os investigadores, os docentes e os funcionários. Os alunos possuem diferentes níveis de conhecimento (licenciatura/mestrado) e áreas académicas. Este grupo tem contacto direto com as tecnologias de informação e comunicação e mesmo não tendo contacto directo com os meios de interação ou visualização de dados tem facilidade em aprender a utilizar o artefato. Os investigadores possuem uma importante parcela no estudo. Com um conhecimento alargado em diferentes áreas de atuação, tem capacidade de reflexão e pensamento de revisão de erros e exploração de pontos de vista distintos. Os docentes têm maior conhecimento sobre as necessidades de informação e funcionamento do sistema. Os funcionários, mesmo não ligados às tecnologias de informação, têm o potencial de fornecer pontos de vista diferentes.

Realizamos dois testes de usabilidade: teste interativo, para analisar o artefato como objeto interativo, e o teste de percepção, para analisar o impacto visual das representações dos dados. Nos próximos subcapítulos são apresentados os participantes, metodologia e resultados obtidos em ambos testes de usabilidade.

É de salientar, que a ferramenta resultante do exercício projetual é uma prova de conceito e que as melhorias serão realizadas em trabalho futuro. É de realçar que as opções visuais e interativas foram tomadas ao longo do processo com base em opiniões de participantes.

5.1 Testes de interação

O teste interativo (anexo B.1) foi realizado em contexto institucional, no DEI. A realização dos testes teve lugar no átrio de entrada do departamento, onde se encontra o mais recente painel interativo — FeedNPlay⁴⁴.

5.1.1 Participantes

O teste interativo foi realizado com seis participantes: dois funcionários/as do DEI na área de gestão e administração, um aluno/a de Mestrado em Design e Multimédia direcionado para a vertente de Design generativo e Design gráfico, dois alunos/as de Mestrado em Ciência de Dados e um investigador do CISUC na área de engenharia informática.

A pergunta 1 e 2 são referentes à informação geral do utilizador. A pergunta 1 é relativa às faixas etárias dos participantes. De acordo com análise do gráfico 17 podemos perceber que a predominância de respostas estavam dentro do público-alvo estipulado. Sendo que houve apenas um dos participantes acima da faixa etária, com idade acima dos 41 anos de idade.

44 <https://feednplay.dei.uc.pt>

1. Distribuição da faixa etária dos participantes

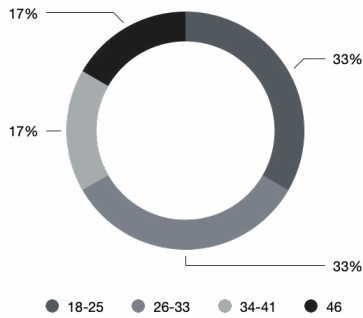


Gráfico 17. Distribuição da faixa etária dos participantes.

A pergunta 2 é referente à área profissional dos participantes (gráfico 18). Esta questão foi analisada à priori no momento de identificação dos participantes e relação com as tarefas realizadas no teste de interação. Cerca de 33% dos participantes são da área de gestão e administração e ciência de dados, 17% é da área de Design Generativo e Design Gráfico e os restantes 17% é da área de engenharia informática.

2. Distribuição da área profissional dos participantes

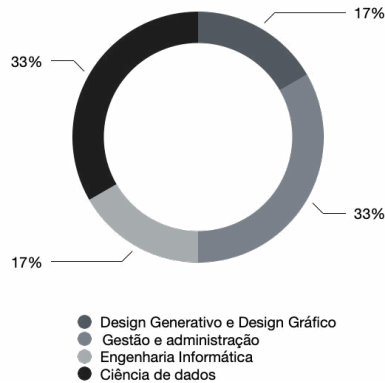


Gráfico 18. Distribuição da área profissional dos participantes.

5.1.2 Metodologia

A metodologia seguida no teste de interação visa estudar a eficiência da interação entre o utilizador e o artefato computacional.

Todos os testes decorreram no mesmo local (átrio do DEI) e seguiram as mesmas etapas: introdução, interação com o painel interativo e questionário final.

O guião de introdução ao teste de usabilidade foi realizado oralmente e tem como objetivo introduzir o teste de usabilidade. Frisou-se que o objetivo era avaliar a eficiência e eficácia do artefato e não o desempenho do utilizador. Pediu-se que o utilizador expusesse oralmente o seu pensamento e raciocínio ao realizar as tarefas.

As tarefas abrangeram o painel esquerdo e direito e tinham como objetivo perceber a eficácia da interação. Os participantes interagiram de forma espontânea com os materiais fornecidos: caixa e folheto informativo. O folheto (figura 98) contém a descrição das visualizações (mapeamento de dados a nível de métricas e interação com o artefato) e a sinopse do projeto (exposição do tema e âmbito). A caixa proporciona a interação com o painel interativo.

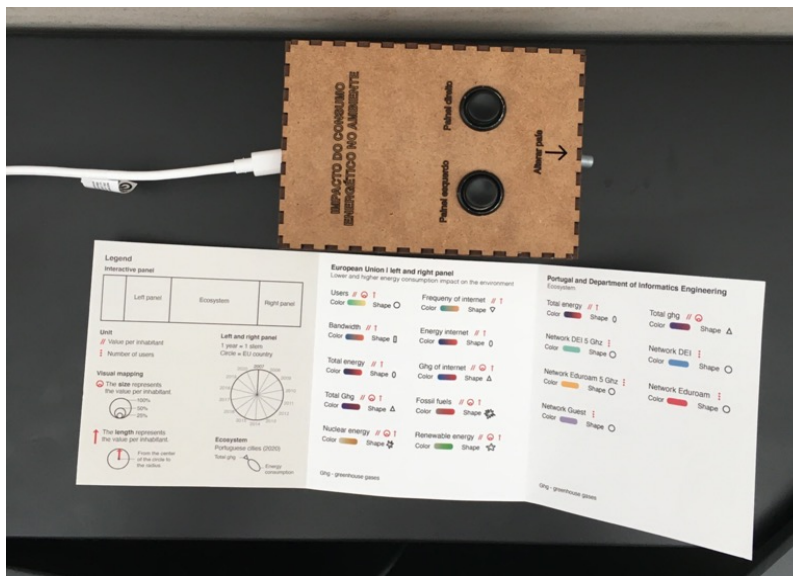
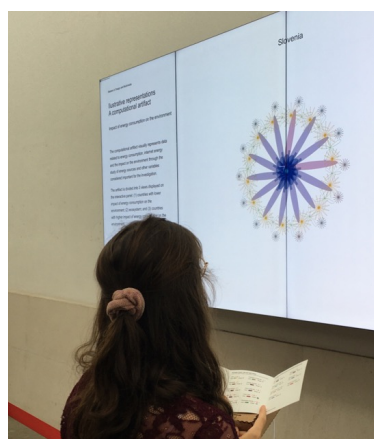
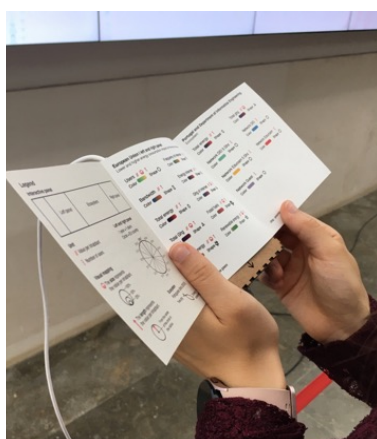


Figura 98. Folheto informativo e caixa entregue ao utilizador no começo da experiência.

Sendo que o local do teste de usabilidade foi o átrio do DEI (figura 99–101), a ausência de ruído e a presença de pessoas externas a passar no decorrer da experiência não foi possível garantir. No entanto, devido ao facto dos testes terem sido realizados no final do mês de julho permitiu que houvesse menos confusão no momento de interação com o artefato.



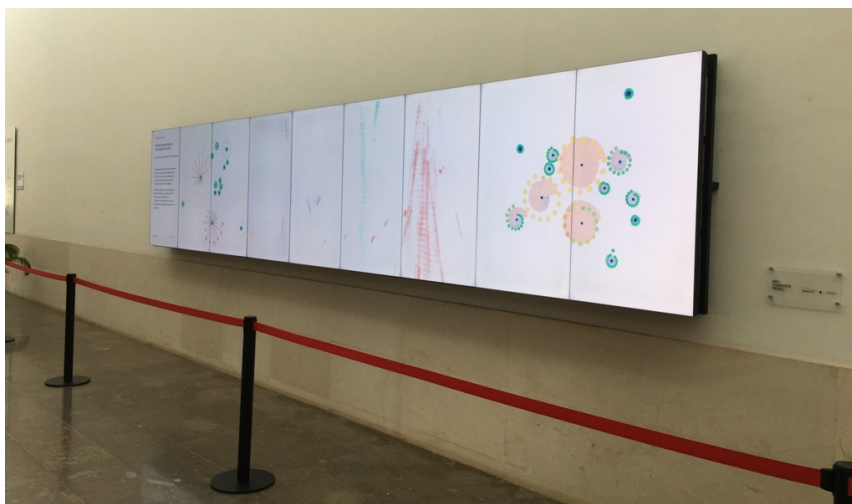


Figura 99—101. Fotos tiradas no decorrer do teste de usabilidade.

Foi pedido ao utilizador para realizar as seguintes tarefas:

1. Explorar a vista geral do painel esquerdo e direito;
2. Explorar os países do painel que se deseja ver;
3. Selecionar o país pretendido.

No decorrer da interação com cada utilizador, foram retiradas notas que fundamentam a análise qualitativa dos resultados obtidos. De forma a anonimizar os resultados, numerámos cada teste. Para cada teste, foi anotado o tipo de perfil do utilizador e a data e hora de início e fim—possibilitando a análise do tempo necessário para cada interação. Foi ainda anotado o número de erros, o sucesso/ insucesso na execução de cada tarefa e algumas observações (por exemplo, pedido de ajuda para executar a tarefa).

Através das observações e anotações é-nos possível fazer uma recolha qualitativa, por observação oral, e quantitativa, por cronometragem de tempo e anotação de respostas do utilizador durante o teste.

No fim, foi ainda pedido ao participante que realizasse um questionário (anexo A.3) composto por 3 secções: a 1.^a secção para conhecer o utilizador, a 2.^a secção para o estudo de usabilidade do artefato e a 3.^a secção a apreciação global do projeto.

5.1.3 Resultados

De forma geral, os participantes não tiveram dificuldades em realizar as tarefas propostas inicialmente e por isso não cometeram erros, conseguindo concluir com facilidade as tarefas propostas. No entanto, alguns participantes sentiram alguma dificuldade inicial em interagir com o artefato devido a, por exemplo, não saberem à partida que a informação sobre a interação com o artefato se encontrava no folheto informativo.

De seguida, analisamos os dados quantitativos recolhidos como o tempo (duração das tarefas) e os dados recolhidos nos testes de interação.

Na tabela 22 encontram-se o tempo total das tarefas e os tópicos das observações feitas pelos participantes. É de salientar que o tempo da tarefa 1, exploração da vista geral, só começou a ser cronometrada após o utilizador ter recebido o folheto informativo, a caixa para a interação e assim que começou a interagir. Para a tarefa 2, o tempo estimado começou a ser cronometrado assim que o utilizador começou a explorar a vista do país. Para a última tarefa (tarefa 3), só foi cronometrado a partir do momento que o utilizador seleccionou pela primeira vez um país do painel esquerdo ou direito.

Participantes	Área profissional	Tempo total	Observações
P1	Ciência de dados	00'12'18	Representações visuais e legenda
P2		00'14'95	Legenda
P3	Design e Multimédia	00'12'29	Representações visuais e legenda
P4	Engenharia Informática	00'18'72	Representações visuais e legenda
P5	Gestão e administração	00'18'29	Representações visuais e legenda
P6		00'21'24	Legenda

Tabela 22. Tempos das tarefas e tópicos de observações dos participantes.

A formação académica dos participantes teve influência no tempo de duração das tarefas. Ao analisar o tempo da tarefa 1 (gráfico 19) podemos perceber que o participante da área de Engenharia Informática (P4) e da área de Gestão e Administração (P5) foram os que se focaram mais na vista geral. Ao observar as observações realizadas por estes dois participantes no momento da tarefa 1 a nível das representações visuais e legenda podemos concluir que os utilizadores tiveram dificuldade em perceber os dados representados nos painéis.

Os participantes de gestão e administração (P5 e P6) e ciência de dados (P1 e P2), demoraram mais tempo na tarefa 2, de escolha do país com o *rotary encoder* (gráfico 19).

A tarefa 3 suscitou algumas dificuldades principalmente por parte de dois participantes (P4 e P6). Ambos os participantes demonstraram maiores dificuldades na leitura dos artefactos visuais, sendo esta a principal causa dos seus tempos de conclusão da tarefa.

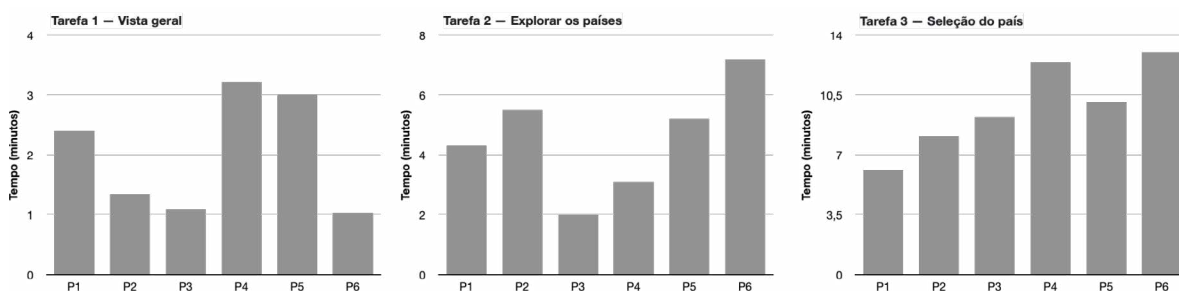


Gráfico 19. Relação entre a formação académica dos participantes e o tempo das tarefas realizadas.

Podemos concluir que, em média, a tarefa mais demorada foi a tarefa 2 (00 ' 04 '55), que consiste na exploração do país.

É de salientar a diferença do tempo mínimo e máximo na tarefa 3, de seleção do país, que deve-se ao facto do participante P1 ter assimilado rapidamente as funções de cada botão,, ao contrário do participante P6.

Como é possível verificar na tabela 22, as observações dadas pelos participantes centraram-se em torno de dois tópicos: as representações visuais de dados e a legenda. Na tabela 23, é possível ver com mais detalhe os comentários feitos sobre cada tópico. Ao analisar a tabela 23 podemos perceber que o tópico das representações visuais foi o mais complicado de entender, principalmente a nível da compreensão dos dados que estavam a ser mostrados. Na legenda, os maiores problemas verificaram-se na ausência de informação necessária como por exemplo consumos por país em texto e percentagem ou através de animações que dessem destaque a determinada informação sobre o país.

Tópico	Observações gerais				
Representações visuais	Não está 100 % perceptível o que é que as representações visuais significam;	Dificuldade em traduzir as representações dos dados para informação;	Os círculos ao lado do nome dos países não estavam alinhados ao país correto;	Criar novas formas de ver os impactos em cada país;	Dificuldade em perceber a informação que se destaca no país;
Legenda	Dificuldade em olhar para o painel e para o flyer informativo;	O painel deveria ter uma legenda de toda a informação necessária;	Legenda para os consumos do país (com texto);	Adicionar animações com elementos de destaque no país;	

Tabela 23. Observações gerais dos participantes no teste interativo.

Após a fase de observação dos testes, os participantes realizaram um breve questionário no google forms, ainda no local de interação. De seguida, expomos o resultado das questões, tendo em conta a formação académica dos participantes, exposta nas perguntas 1 e 2. As perguntas de 3 a 5 são de resposta única e varia numa escala de 0 a 9 em que 0 é discordo totalmente e 9 é concordo totalmente.

A pergunta 3 é referente à compreensão do folheto informativo e teve como objetivo perceber se auxiliou ou não à leitura das representações visuais no painel interativo. Os resultados da questão 3 variam entre 4 e 9 (gráfico 20). A média das respostas é 6.5. Dois participantes avaliaram a questão com um 9; um participante considerou 7; dois participantes consideraram deram um 5; e um dos participantes deu um 4.

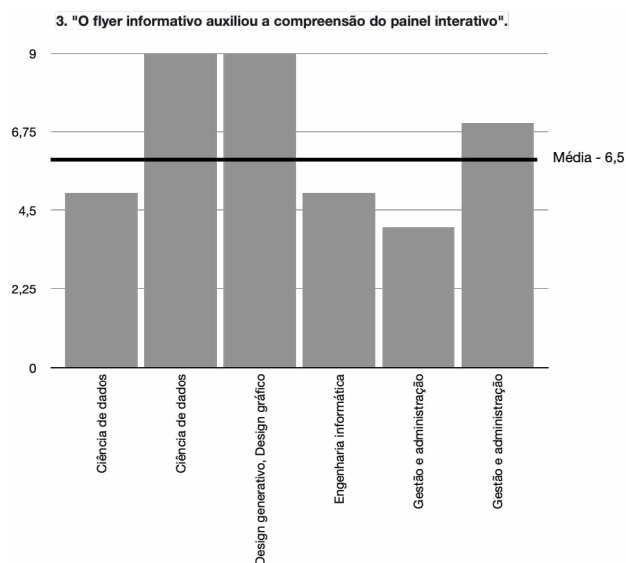


Gráfico 20. Compreensão do folheto informativo (pergunta 3).

A pergunta 4 é referente à percepção e associação dos países à localização geográfica na UE. A média das respostas à questão 4 (gráfico 21) é 6. Os resultados divergiram entre 3 e 9.

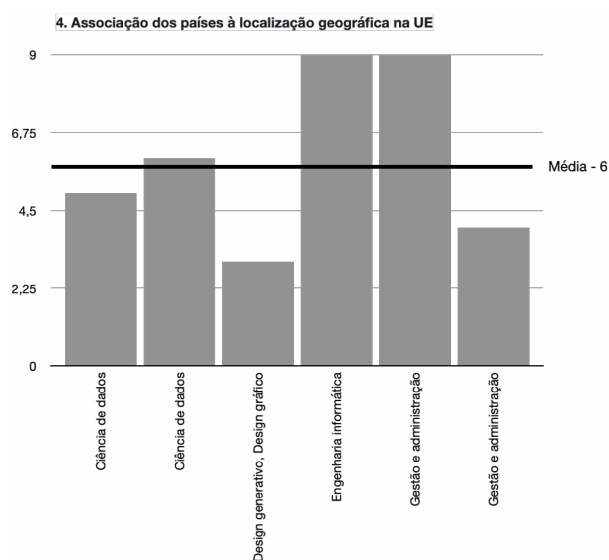


Gráfico 21. Associação dos países à localização geográfica da UE.

A pergunta 5 teve como objetivo perceber se o ecossistema ajudou na compreensão do impacto do uso de internet no DEI. Os resultados obtidos nesta questão foram positivos, divergindo entre 6 e 9 (gráfico 22) com uma média de 7.7.

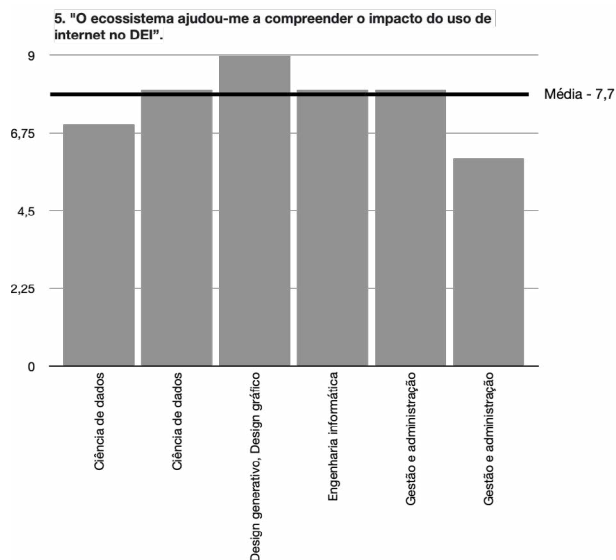


Gráfico 22. Compreensão do ecossistema (pergunta 5).

A pergunta 6 e 7 do questionário do teste de interação tiveram como objetivo perceber os problemas interativos e as mudanças sugeridas pelos participantes. Os resultados da pergunta 6 encontram-se na tabela 24. As principais dificuldades relatadas pelos participantes são na percepção da informação tanto na legenda como nas representações visuais.

Participantes	Área profissional	6. Problemas interativos
P1	Ciência de dados	Dificuldade em perceber quais os países pertencentes ao painel esquerdo / direito; Dificuldade em perceber o que representa em termos específicos.
P2	Ciência de dados	Acho que deveria ter uma borda leve à volta dos países da União Europeia
P3	Design generativo e gráfico	Dificuldade em perceber quais os países pertencentes ao painel esquerdo / direito
P4	Engenharia informática	Dificuldade em perceber o que cada dado significa.
P5	Gestão e administração	Deveria ter lido o flyer antes
P6	Gestão e administração	Dificuldade em perceber quais os países pertencentes ao painel esquerdo / direito, Acredito que seria de grande ajuda uma mini legenda no painel com informações mais intuitivas. Breve e simples!

Tabela 24. Problemas interativos descritos pelos participantes nos testes de interação (pergunta 6).

Os resultados da pergunta 7 revelam as principais mudanças na interação. Podemos observar na tabela 25 que as principais mudanças são: interação wireless (50%), opção de ter legenda ou percentagem dos valores nas representações visuais (16%), animação com legenda (16%) e nada (16%).

Participantes	Área profissional	7. Mudanças na interação
P1	Ciência de dados	Nada
P2	Ciência de dados	Ter a opção de ter a legenda ou até a percentagem dos valores
P3	Design generativo e gráfico	Interação wireless
P4	Engenharia informática	Animação com a legenda quando se mostra a vista de país
P5	Gestão e administração	Interação wireless
P6	Gestão e administração	Interação wireless

Tabela 25. Mudanças na interação (pergunta 7).

As últimas 2 questões (perguntas 8 e 9) foram direcionadas para a apreciação global do projeto. As respostas à pergunta 8 (gráfico 23) mostram que 4 dos participantes concordam totalmente com a afirmação. Os outros 2 resultados divergiram entre 7 e 8).

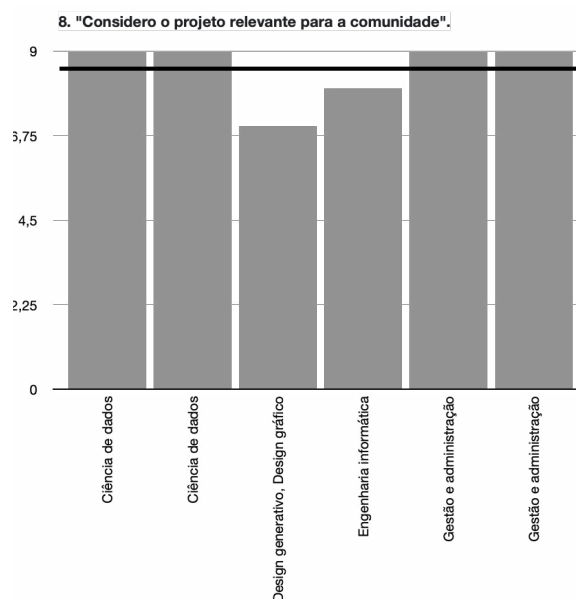


Gráfico 23. Relevância do projeto para a comunidade (pergunta 8).

As respostas à última pergunta (9) do questionário revelam os mesmos resultados da pergunta anterior (gráfico 24). Esta pergunta é referente à apreciação global do projeto e podemos concluir que de modo geral, os participantes consideraram o projeto positivo, sendo que a média de resposta é 8.5.

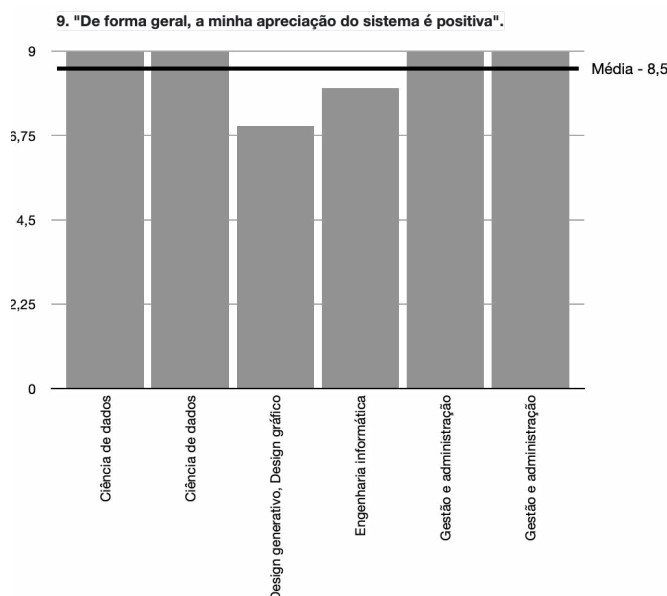


Gráfico 24. Apreciação global do projeto.

Podemos concluir com os resultados obtidos nos testes de interação que a interação escolhida mostrou-se complexa para quem tem menor contacto com artefactos visuais interativos. No entanto, através da análise feita à reação dos participantes ao longo do teste, podemos referir que, na generalidade, o artefato gerou curiosidade nos participantes, levando-os a explorar as suas funcionalidades e a fazer sugestões de melhoria: mais informação sobre os dados através de gráficos, estatísticas, rankings ou outro método de destaque de informação por exemplo textual através de indicação das percentagens.

De acordo com os tempos na realização das tarefas podemos perceber que participantes com maior conhecimento sobre Visualização de Informação tiveram uma participação mais ativa e fizeram mais comentários sobre o que poderia ser alterado nos painéis para serem melhor percebidos pelos participantes (por exemplo, adicionar legenda com a percentagem de um dado relevante a destacar no país).

Um participante da área de Engenharia Informática destacou potenciais soluções e comentários construtivos a pensar no futuro, como por exemplo, animar informações relevantes sobre determinado país, de forma a não ter a informação permanentemente presente nos painéis e não dificultar o impacto visual das representações.. Esta informação pode ser um dado importante destacado em percentagem, rankings de forma a comparar com outros países ou mesmo um facto ou curiosidade.

Podemos concluir com o estudo de eficiência do artefato computacional que para a otimização da interação, o artefato deve ser wireless e deve conter animações ou informações adicionais que apoiem as representações visuais de dados. Para além disso, o utilizador não deve precisar de um folheto informativo para perceber as representações dos dados. O próprio artefato deve conseguir mostrar essa informação. Um artefato eficiente deve diminuir o esforço cognitivo do participante. No teste de interação, foi também possível perceber a dificuldade na leitura das representações. No próximo subcapítulo abordaremos este tópico com mais detalhe.

5.2 Testes de percepção

O teste de percepção (anexo B.2) está dividido em quatro secções. Na primeira secção fez-se a contextualização do projeto e do questionário. Posteriormente, seguiu-se a secção de perguntas relacionadas com o perfil do utilizador para perceber qual a sua atividade, experiência e conhecimento na área em estudo. Na terceira secção, as perguntas foram direcionadas para a analisar a percepção do utilizador face à experiência com o artefato através de premissas na 1.ª pessoa e respostas de seleção. Por último, foi pedido uma apreciação visual e global do artefato.

O questionário empírico teve como objetivo perceber a eficácia das representações visuais. Foram realizados testes de percepção a 31 participantes com diferentes experiências, opiniões e em diferentes áreas de atuação profissional.

5.2.1 Participantes

A grande maioria dos participantes (77%) têm entre 18-25 anos, cerca de 9% dos participantes têm entre 26 e 33 anos; 9% dos participantes têm entre 34 e 41 anos e apenas 3% dos participantes têm mais de 41 anos de idade (gráfico 25). Dos 31 participantes, 52% são do sexo masculino e os restantes 48% são do sexo feminino (gráfico 26).

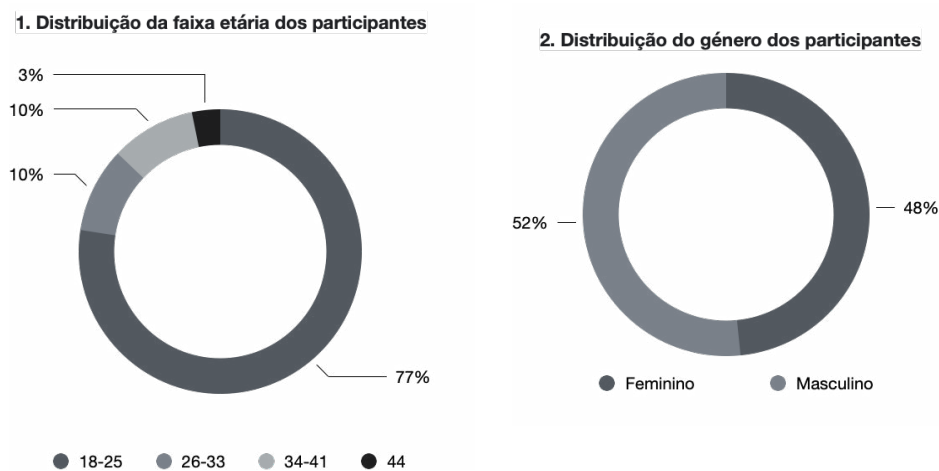


Gráfico 25. Distribuição da faixa etária dos participantes e **Gráfico 26.** Distribuição do género dos participantes.

A área profissional dos participantes (gráfico 27) diverge na sua maioria, porém destacam-se 3 grandes áreas de atuação: design gráfico (29%), gestão e administração (16%) e marketing e publicidade (16%).

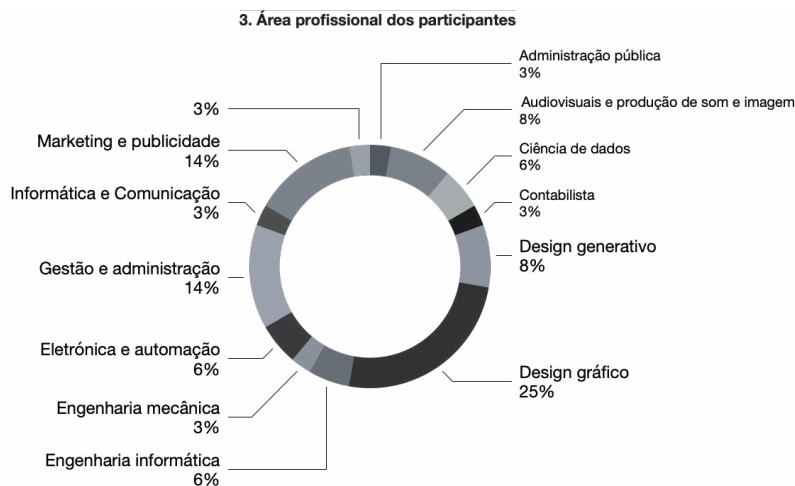


Gráfico 26. Distribuição da área profissional dos participantes.

Através da pergunta 4 do questionário (anexo B.2), podemos perceber que os participantes possuem bastante contacto com as tecnologias de informação e comunicação. Cerca de 55% dos participantes possuem o máximo de contacto (nível 9), 19% possuem o nível 8, cerca de 9% dos participantes o nível 7. Os restantes participantes (18%) possuem um nível entre 5 e 6, excepto um participante que possui um nível mais baixo de contacto diário com as tecnologias, com o nível 3.

Os participantes na área de Design Gráfico, Design Generativo, Engenharia Informática, Ciência de Dados e Marketing e Publicidade possuem um uso diário de tecnologias. Os contactos menos acentuados de tecnologia pertencem a participantes de eletrotécnica e automação (3 em 9) e gestão de administração (5 em 9).

5.2.2 Metodologia

Para o teste de percepção tirámos partido do google forms⁴⁵ de forma a podermos fazer uma análise quantitativa das respostas. Os testes de usabilidade não foram supervisionados e foram enviados aos participantes, sendo que cada um dos participantes realizou no ambiente que lhe foi mais conveniente.

Optámos pelo inquérito como instrumento de recolha de dados porque oferece a possibilidade de inquirir muitas pessoas em simultâneo, economizando o tempo e recursos humanos, e por garantir o anonimato dos participantes. Para além disto, este método permite uma maior liberdade de resposta e uma maior facilidade de tratamento dos resultados obtidos por parte do requerente.

⁴⁵ <https://www.google.com/forms/about/>

5.2.3 Resultados

Segundo o teste de percepção realizado a 31 participantes com formação académica na área de administração e gestão, engenharia e comunicação e multimédia, a melhor forma de consciencializar a comunidade para os problemas ambientais (gráfico 28) é através de divulgação na comunicação social (38%), exposição de dados sobre o consumo e pegada ecológica (25%) ou através de manifestações ambientais (16%).

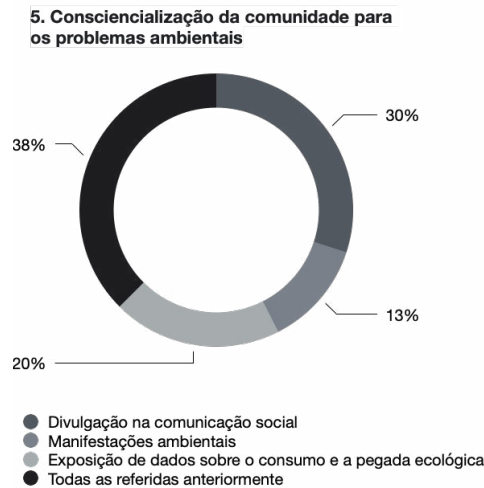


Gráfico 28. Consciencialização da comunidade para os problemas ambientais.

Os participantes consideram que os fatores que têm maior influência (gráfico 29) positiva sobre o ambiente são: o estilo de vida saudável (93%), a eficiência energética (90%), a monitorização de emissões (87%), a automatização de serviços (77%), os data centers (16%) e por fim, o e-waste (desperdício eletrónico) (12,9 %).

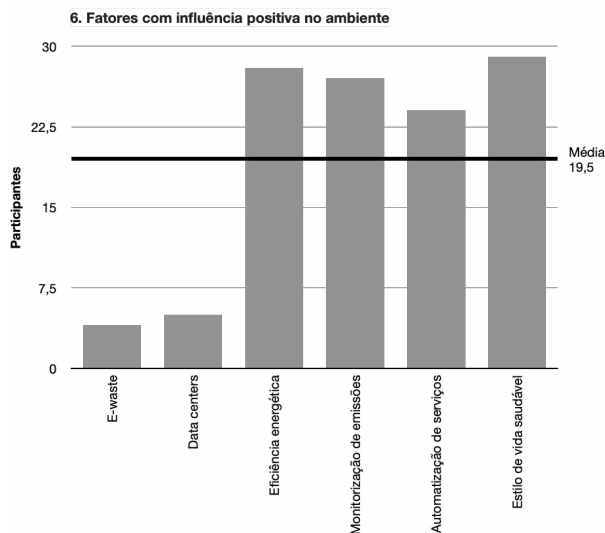


Gráfico 29. Fatores com influência positiva no ambiente.

Face aos fatores referidos anteriormente, destacamos a seguinte ordem de fatores negativos considerados pelos participantes (gráfico 30): e-waste (77%), data centers (67%), automatização de serviços (12,9%), monitorização de emissões (6%) e eficiência energética (3%).

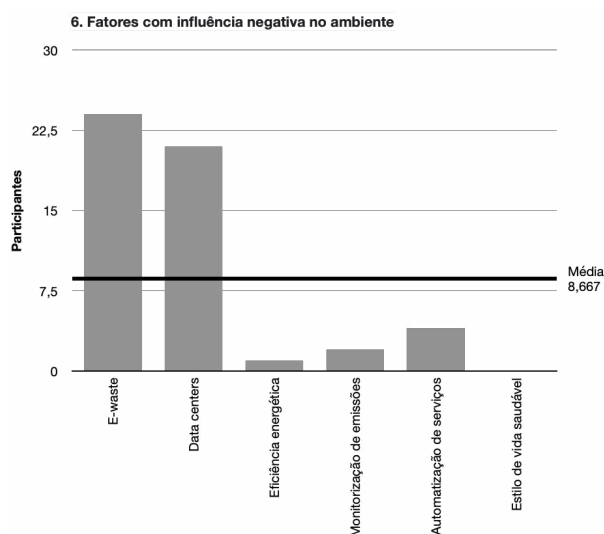


Gráfico 30. Fatores com influência negativa no ambiente.

Na secção de análise perceptiva do artefato iremos analisar primeiro as perguntas de escolha única para perceber de que forma o leitor percebe os dados apresentados nas representações visuais. De seguida, expomos as perguntas e os resultados (perguntas 7, 8 e 9 do questionário).

Na pergunta 7, os participantes conseguiram distinguir e selecionar os países da UE, no painel esquerdo ou direito conforme a sua posição geográfica (gráfico 31). Sendo as respostas corretas as seguintes: Portugal, Malta e Luxemburgo pertencem ao painel esquerdo. Já a Alemanha e a Itália pertencem ao painel direito. De modo geral, ao analisar os dados obtidos face aos 5 países, o que apresenta mais dúvidas é o Luxemburgo, cerca de 22% dos participantes considerou que o país pertence ao painel direito.

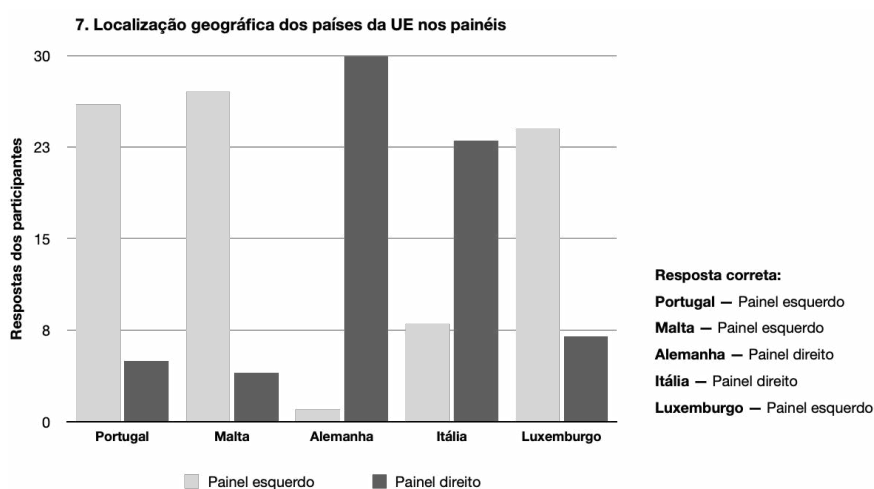


Gráfico 31. Distinção dos painéis consoante a posição geográfica dos países da UE (pergunta 7).

Ao analisar a pergunta 7, podemos verificar que em média, 83% dos participantes respondeu correctamente (tabela 26).

Pergunta 7	Resposta correta	Percentagem de respostas corretas	
7. Observe a vista overview do artefacto. Seleccione dos seguintes países quais os que se encontram no: painel esquerdo/direito, consoante a sua posição geográfica na União Europeia?	Portugal	Painel esquerdo	83%
	Malta	Painel esquerdo	87%
	Alemanha	Painel direito	96%
	Itália	Painel direito	74%
	Luxemburgo	Painel esquerdo	77%

Tabela 26. Análise da pergunta 7 relativa à formação académica dos participantes.

Na pergunta 8 do questionário observámos que, no geral, os participantes não sentiram dificuldade em comparar as representações visuais dos dados da Finlândia e Croácia pois a maioria acertou na resposta (gráfico 32). Podemos destacar as dúvidas face aos dados de menor percentagem de energia de internet, com 19% dos participantes a seleccionar a resposta errada.

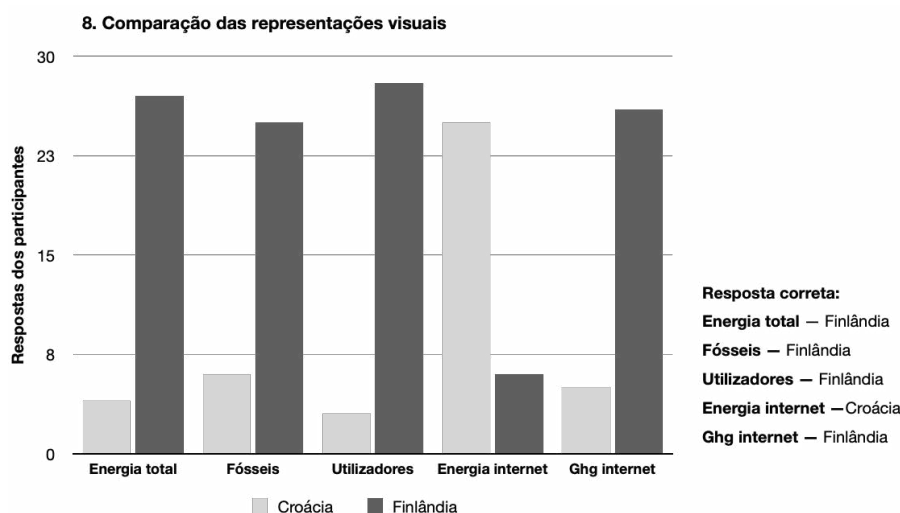


Gráfico 32. Comparação entre representações visuais dos países (pergunta 8).

A percentagem de respostas corretas (tabela 27) varia entre 81% e 90%. As respostas corretas com percentagem mais elevada foram relativas aos dados sobre utilizadores e ghg de internet.

Pergunta 8	Resposta correta	Percentagem de respostas corretas	
8. De seguida, compare a representação visual de dados da Finlândia e Croácia entre 2007 e 2020 (figura 2). Seleccione o país que considera ter:	Maior % de consumo de energia total	Finlândia	87%
	Maior % de combustíveis fósseis	Finlândia	84%
	Maior % de utilizadores	Finlândia	90%
	Maior % de energia de internet	Croácia	81%
	Maior % de ghg de internet	Finlândia	90%

Tabela 27. Análise da pergunta 8.

Já na pergunta 9 (gráfico 33), conseguimos perceber que houve alguma dificuldade em analisar os valores de consumo de energia total por habitante relativos a Portugal e à Eslovénia. Em Portugal, as respostas divergiram entre: 40-60% (51% dos participantes), 20-40% (38% dos participantes), 60-80% (38% dos participantes) e 0-20% (3% dos participantes). Na Eslovénia, as respostas também divergiram: 20-40% (54% dos participantes), 40-60% (32% dos participantes), 60-80% (9% dos participantes) e 80-100% (3% dos participantes).

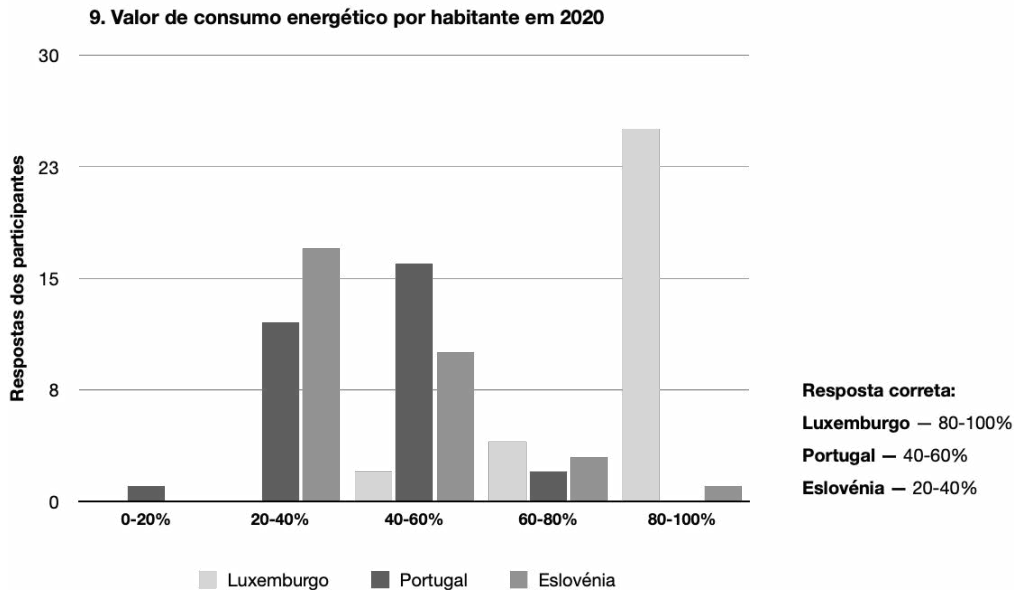


Gráfico 33. Valores de consumo de energia total por habitante nos países da UE (pergunta 9).

De forma a analisar em pormenor as respostas da questão 9 elaborámos a tabela 28 que contém a resposta correta e a percentagem de respostas corretas. É possível perceber que a resposta com melhor percentagem de respostas corretas é relativa ao Luxemburgo. A resposta onde houve mais dificuldade foi relativa aos dados de Portugal, devido a sobreposições de formas, comparado com os restantes dois países.

Pergunta 9	Resposta correta	Percentagem de respostas corretas
9. Seleccione de acordo com a seguinte figura, o valor de consumo de energia total por habitante em 2020 dos seguintes países:	Luxemburgo	80-100%
	Portugal	40-60%
	Eslovénia	20-40%

Tabela 28. Análise da pergunta 9.

As seguintes perguntas do questionário foram direccionadas para a deteção de problemas no artefato, funcionamento do ecossistema e percepção dos dados.

Na pergunta 10 pretendíamos apurar a distinção dos dados presentes no artefato computacional (gráfico 34).

No qual conseguimos apurar que 51% participantes conseguiram distinguir com facilidade, cerca de 20% dos participantes consideraram que os dados tinham pouca distinção entre si, 17% tiveram dificuldade em perceber devido à sobreposição dos dados, 6% dos participantes consideraram o uso inadequado da forma para os dados e apenas 3% dos participantes considerou que há pouca distinção entre a cor e o dado e 3% tiveram dificuldade em distinguir a energia total da energia de internet.

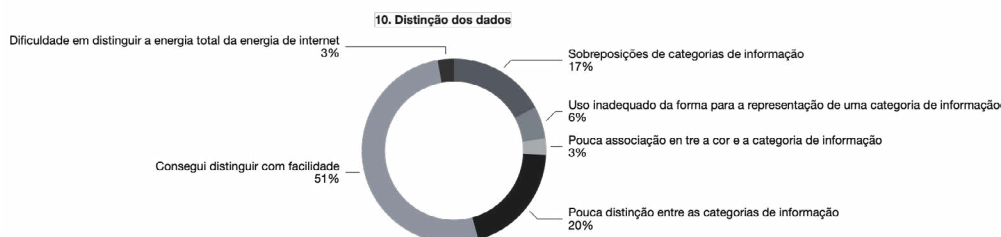


Gráfico 34. Distinção dos dados das representações visuais.

A pergunta 11 teve como objetivo perceber como o ecossistema é percebido pelo utilizador a nível visual. Numa escala de 1 a 9, sendo 1 equivalente a “discordo totalmente” e 9 a “concordo totalmente”. Na questão 11.1, cerca de 61% participantes conseguiram distinguir as redes de internet através da cor. Os restantes resultados divergiram na escala de 3 a 9 como mostra o gráfico 35—37. Para analisarmos o impacto que a área de formação pode ter em relação à leitura dos gráficos, optamos por dividir por áreas de atuação: (i) área de administração e gestão que engloba administração pública, contabilidade e gestão e administração; (ii) área de engenharias que abrange engenharia eletrónica e automação, engenharia mecânica, engenharia informática e ciência de dados e (iii) a área de comunicação e multimédia que engloba a área de audiovisuais e produção de som e imagem, visualização de dados, marketing e publicidade, design gráfico, design generativo e informática e comunicação.

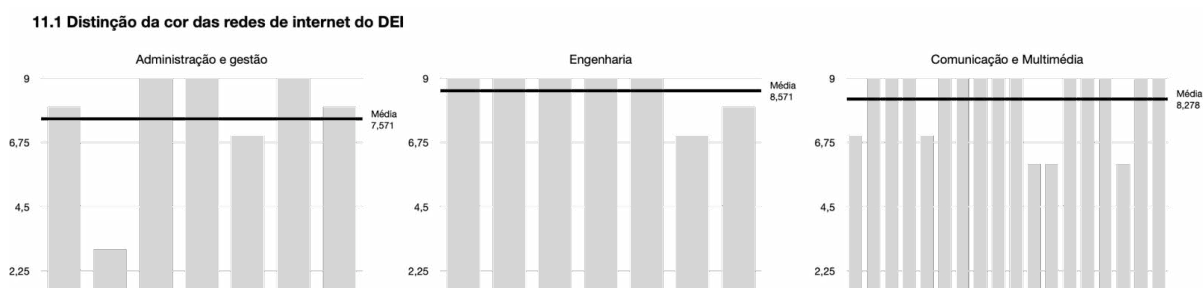


Gráfico 35 —37. Divergência de resultados na pergunta 11.1.

Cerca de 58% dos participantes conseguiram associar a forma das redes de internet aos dados. Tal como na alínea anterior da pergunta 11, nesta questão (11.2) também houve divergências nos resultados (gráfico 38—40). Alguns participantes tiveram dificuldade em associar a forma às probabilidades das redes de internet, sendo que as respostas divergiram entre 4 e 9.

A área dos participantes com melhor média é engenharia (8.57), seguida de comunicação multimédia (8) e por fim, administração e gestão (média de 7.57).

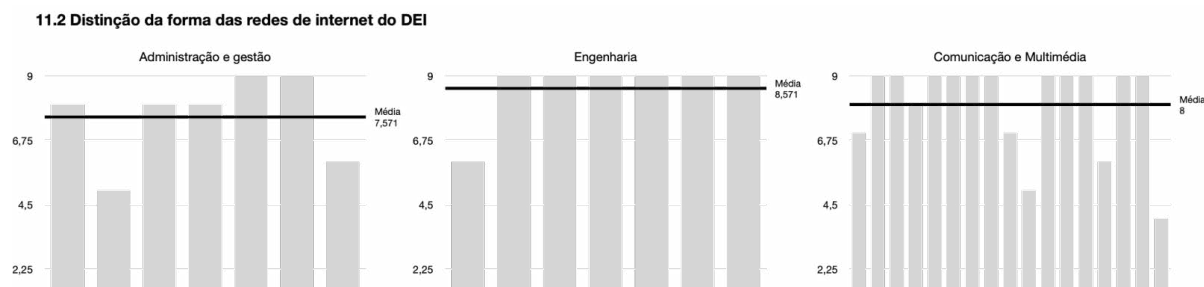


Gráfico 38—40. Resultados da pergunta 11.2.

A alínea 11.3 mostra um vídeo com as probabilidades dos impactos do uso de internet no ambiente dos organismos. A última alínea da pergunta 11 (11.4) é direcionada para a compreensão do impacto do uso de internet no DEI, e podemos observar que 67% dos participantes concordou com a afirmação — “O ecossistema ajudou-me a compreender o impacto do uso de internet no Departamento de Engenharia Informática da FCTUC”. Nos gráficos 41—43 podemos verificar que os participantes cuja área de formação está mais ligada às tecnologias são os que têm menos dificuldades em compreender o funcionamento do ecossistema.

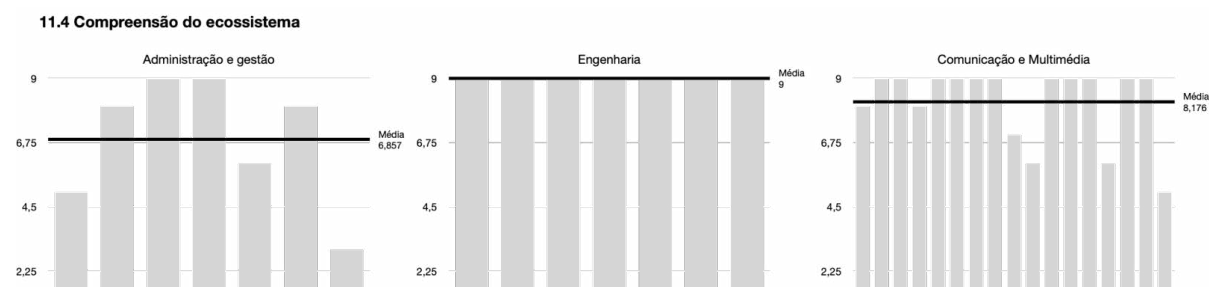


Gráfico 41—43. Compreensão do ecossistema (pergunta 11.4).

Na alínea 12.1, quisemos apurar quais os dados que o participante conseguiu identificar a partir das representações visuais dos dados. O participante poderia selecionar livremente os dados que conseguiu identificar, sendo possível selecionar todos os dez dados. Ao analisar o gráfico 44, que representa a distribuição de todas as respostas selecionadas pelos participantes, podemos verificar que os dados mais identificados foram: consumo de energia de internet, utilizadores e consumo de energia total. Os dados menos identificados foram: intensidades de gases de efeito de estufa, utilizadores ligados às redes de internet do DEI e energia nuclear. Podemos assim concluir que as representações visuais escolhidas para representar a intensidade de gases de efeito de estufa, os utilizadores da rede do DEI e a energia nuclear não foram bem sucedidas.

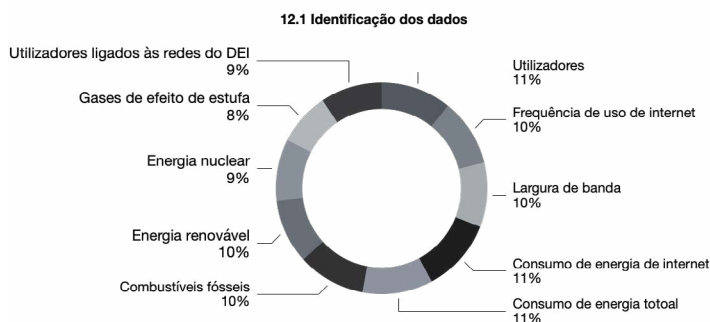


Gráfico 44. Resultados da pergunta 12.1.

Ao analisar esta questão face à formação académica dos participantes (gráfico 45—47) percebemos que os participantes de administração e gestão identificaram menos dados, sendo que a média é de 5.5. Nesta questão verifica-se que os participantes de engenharia e de comunicação e multimédia tiveram médias semelhantes.

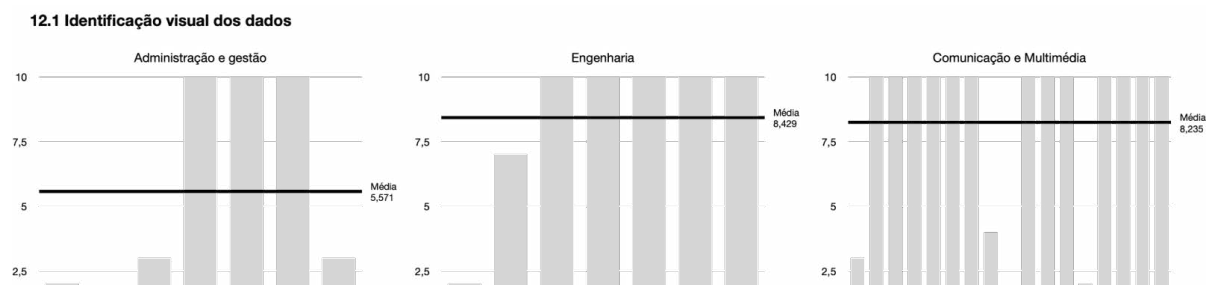


Gráfico 45—47. Identificação visual dos dados.

A pergunta 13 refere-se aos problemas de interpretação identificados no artefato (gráfico 48). Cerca de 38% dos participantes referiram a ausência de legenda; 19% dos participantes não tiveram dificuldades; 19% tiveram algumas dúvidas em relacionar os dados da UE, de Portugal e do DEI; 16% tiveram dificuldade em interpretar as representações visuais; 9% dos participantes não perceberam muito bem o conceito e a forma como é comunicado; e os restantes 6% consideraram que a tipografia deveria ser melhorada.

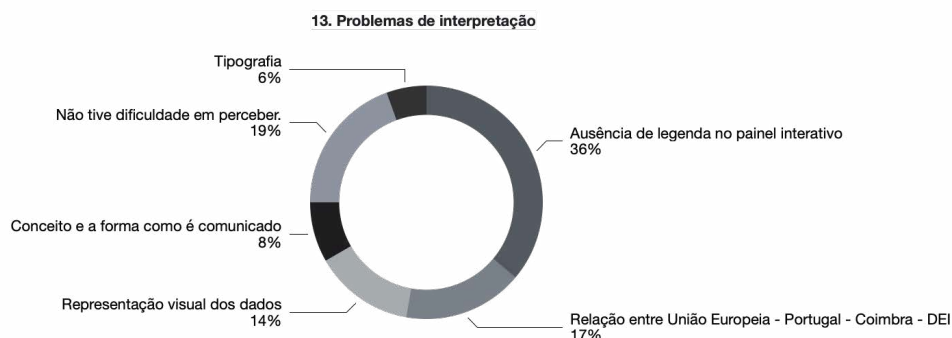


Gráfico 48. Distribuição dos problemas de interpretação identificados pelos participantes.

Na tabela 29 podemos analisar os problemas de interpretação identificados pelos participantes. Com base na formação académica dos participantes, notamos que os participantes da área de administração e gestão tiveram mais dificuldades na interpretação do artefato.

Ao analisar de forma global, os problemas identificados são a representação visual dos dados, conceito e a forma como é comunicado a relação entre a União Europeia - Portugal - Coimbra e DEI.

Área profissional	13. Problemas de interpretação
Administração e gestão	Representação visual dos dados
	Conceito e a forma como é comunicado
	Não tive dificuldade em perceber
	Relação entre União Europeia - Portugal - Coimbra - DEI
	Ausência de legenda no painel interativo
Engenharia	Tipografia
	Relação entre União Europeia - Portugal - Coimbra - DEI
	Não tive dificuldade em perceber
	Interpretação da legenda
	Ausência de legenda no painel interativo
Comunicação e multimédia	Ausência de legenda no painel interativo
	Não tive dificuldade em perceber
	Representação visual dos dados
	Conceito e a forma como é comunicado

Tabela 29. Problemas interpretativos identificados pelos utilizadores no artefato.

A pergunta 14 tem como objetivo descrever o que os participantes mudariam para perceber na íntegra as representações visuais dos dados. Podemos apurar que a grande maioria dos participantes gostava de ter mais informação ou adicionar legenda do painel interativo. Alguns participantes também gostavam de ver melhorada as sobreposições das formas e as cores nas representações visuais.

As mudanças sugeridas no teste de percepção encontram-se resumidas na tabela 30 e centram-se nos seguintes tópicos: representações visuais (sobreposição das formas), legenda (adição de detalhe e informação) e comunicação (comunicação mais direta, melhor relação entre painéis e expor os benefícios).

Tópico	Mudanças sugeridas pelos participantes					
Representações visuais	Menos sobreposição de formas, torna-se um pouco difícil de compreender.					
Legenda	Mais detalhes na legenda.	Breve explicação e identificação detalhada.	Adicionava apenas alguma informação adicional.	Talvez adicionasse um texto com a %	Aumentar a legenda e dar ênfase aos ícones	Legenda clara e simples
Comunicação	Estabelecia uma comunicação mais direta com aquilo que são os dados da Europa e o departamento.		Melhorava a relação entre os painéis.		Meter em prática os benefícios	

Tabela 30. Mudanças sugeridas pelos utilizadores no teste de percepção.

As últimas duas questões (15 e 16) referem-se à apreciação e relevância do projeto. A pergunta 15, é apreciativa e numa escala de 1 a 9 o participante teve que seleccionar se a sua apreciação era positiva entre “discordo totalmente” e/ ou “concordo totalmente”.

O gráfico 49—51 mostra a apreciação das representações visuais das três áreas dos participantes. Os participantes da área de administração pública consideraram uma média de 7.14. Os participantes da vertente de comunicação e multimédia responderam em média em torno de 8.17. E, o melhor resultado verificou-se novamente nos participantes da área de engenharia, com uma média de 8.43.

15. Apreciação positiva das representações visuais

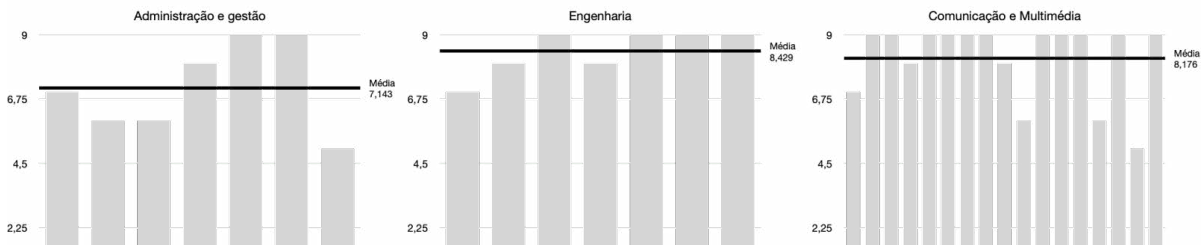


Gráfico 49—51. Apreciação das representações visuais.

A pergunta 16 analisa a relevância do projeto para a comunidade (gráfico 52—54). Com as respostas obtidas podemos concluir que os participantes consideraram o projeto relevante sendo que 24 dos 31 participantes concordaram com a afirmação feita.

16. Relevância do projeto para a comunidade

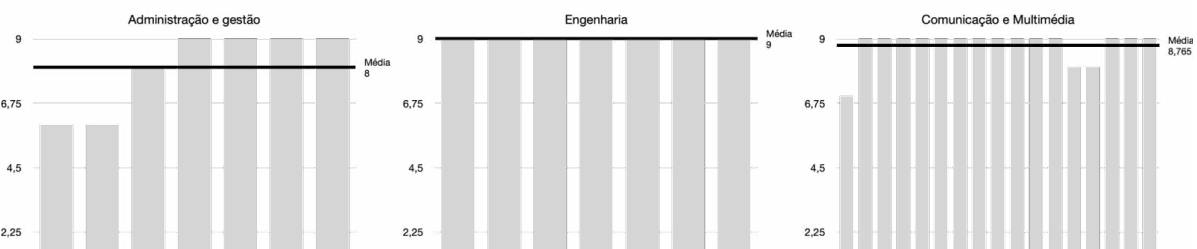


Gráfico 52—54. Relevância do projeto para a comunidade.

Podemos concluir com os resultados obtidos no teste de percepção que no geral a apreciação do projeto foi positiva. No entanto, e tendo em conta o número de dados a representar, a representação visual demonstrou-se complexa, dificultando a sua leitura.

A formação académica dos participantes teve algum impacto na leitura do artefato, sendo que os participantes com maior conhecimento ao nível tecnológico demonstraram ter menores dificuldades. Isto verificou-se, por exemplo, aquando do teste de interação (secção 5.1.3) em que um participante de Ciência de Dados (com conhecimento prévio na área de Visualização de dados) conseguiu com facilidade perceber como os dados eram mapeados e mencionou intervalos dos valores dos dados. No entanto, o artefacto consegue chamar a atenção dos leitores e despertar curiosidade, mesmo sem conhecimento prévio na área de visualização de dados.

A maioria dos participantes deu sugestões de melhoria, relativamente à forma como a legenda era apresentada e à forma como os dados foram mapeados para representações visuais.

Com base nos resultados obtidos entendemos que a falta de literacia visual influenciou a leitura e interpretação do artefato. Realçando a necessidade de melhorar o artefato ao nível da representação visual dos dados. Acreditamos que para agilizar a leitura do artefato para diferentes pessoas com conhecimentos e vivências distintas precisamos, por exemplo, de criar um artefato que incorpore indicações contextuais às representações visuais. Estas indicações podem ser textuais a partir de informação em percentagem ou visuais com a exposição de rankings que ajude as pessoas a contextualizar um país face aos restantes da UE.

5.3 Resultado das questões de investigação

Nesta secção respondemos às questões de investigação apresentadas na contextualização do exercício projetual (secção 4.1). O resultado das questões de investigação é a reflexão dos resultados obtidos nos testes de interação (secção 5.1) e percepção (secção 5.2).

De que modo a metáfora e a representação visual auxiliam a exploração dos dados?

As metáforas visuais contribuem para a promoção de conceitos abstratos (Risch, 2008). As representações de dados usam a metáfora para criar uma relação entre os dados transmitidos e o utilizador. O papel da metáfora é auxiliar a cognição humana, o desempenho da comunicação e o processo de raciocínio abstrato. O ser humano age e percebe com base nos seus conhecimentos passados que permitem dar sentido a acontecimentos/situações que não são compreendidos. A metáfora cria uma espécie de analogia que permite estender o conhecimento à experiência.

Através do exercício projetual, conseguimos perceber que não existe uma fórmula nem uma metáfora ideal para todas as representações de dados. No entanto, é necessário que a metáfora seja apropriada para cada representação de dados, de forma a ajudar a comunicar a mensagem que se pretende transmitir. Com base na mensagem que se pretende transmitir ao leitor, a metáfora pode ser expressiva e explicativa e/ou dar detalhes visuais que aumentam o efeito metafórico.

No contexto da presente dissertação, a metáfora visual envolve o uso simbólico de organismos dispostos espacialmente que, metaforicamente, expressam os conceitos (impacto do uso da internet no ambiente) através das transformações visuais que vão ocorrendo mediante um conjunto de probabilidades. Quando os organismos representam um maior impacto do consumo são adicionados mais organismos que criam uma sensação de impacto cumulativo de consequências para o ambiente.

A metáfora do ecossistema sugere a relação entre as redes de internet do DEI (painel central) e os impactos de consumo energético da UE (painel esquerdo e direito), através da demonstração das consequências nas representações/organismos do ecossistema.

No que concerne à representação visual dos dados e para compreender qual o tipo de representação mais adequada, foi necessário analisar e filtrar os dados e perceber o tipo de variações e indicadores. Optámos por incidir sobre representações radiais, pois estas permitem agrupar grandes quantidades de informação e distinguir parcelas de informação (Draper et al., 2009). Este formato de representação permitiu-nos destacar visualmente os países através do seu tamanho e posição no espaço. Os resultados de eficácia da metáfora e as representações visuais foram analisadas em detalhe no teste de percepção (secção 5.2.3).

É possível consciencializar o público-alvo através de um artefato computacional, meramente visual?

Artefatos computacionais são quaisquer artefactos criados através de um computador e podem ser combinados, modificados e desenvolvidos em simultâneo com outros artefatos (Anderson, 2019, pp.193–225). Os artefatos computacionais podem ser simulações, animações digitais, aplicações, visualizações, entre outros.

O artefato computacional desenvolvido nesta dissertação e que se enquadra na subárea de Visualização de Informação — Data Aesthetics — mostra o potencial das representações visuais de dados. Os dados são apresentados no artefacto de forma visual, tirando partido das capacidades cognitivas e perceptivas do ser humano.

A componente do trabalho que procura consciencializar de forma direta o público alvo para a temática é o ecossistema exploratório (localizado no painel central). Através da representação do número de utilizadores de internet no DEI, procuramos criar uma relação entre o leitor e o espaço em que se encontra.

Nos painéis esquerdo e direito, usamos essencialmente a cor, forma e tamanho que, num todo, criam representações maiores e menores conforme os impactos dos países. Desta forma, pretendemos consciencializar o público para o tema do impacto ambiental e a influência da energia e internet no ambiente.

Com base nos resultados obtidos nos testes de percepção podemos perceber que o artefato computacional suscitou dúvidas e que não é inteiramente explícito que o público-alvo conseguiu perceber na íntegra os dados representados. Pretendemos, por isso, melhorar o contexto e a forma como o conceito é trabalhado de forma a melhorar o artefato visual e auxiliar a percepção dos problemas expostos.

O uso de representações mais abstratas de dados pode afetar a percepção dos dados?

A análise desta questão foi feita repartidamente com os resultados das perguntas do teste de percepção (secção 2.3.2) associadas à análise das representações visuais: questão 8, relativa à comparação entre representações visuais dos países; questão 9, referente ao valor de consumo energético por habitante em 2020; questão 10, relativa à distinção entre dados relacionados com a temática; e questão 12.1, referente à identificação dos dados representados no artefato.

Com os resultados obtidos nas questões percebemos que os participantes tiveram dificuldades em compreender as representações visuais dos países. Uma das razões que dificultou a compreensão de alguns dados das representações foi a legenda não estar totalmente explícita e objetiva.

Houve também algumas dúvidas sobre a forma como os dados foram mapeados, problemas com a distinção entre categorias de informação, sobreposições, pouca associação entre a cor e uso inadequado da forma para a representação de um dado.

Porém, grande parte dos dados foram percebidos pelos participantes no artefato, bem como a sua mensagem principal. Os principais temas de dados que os participantes perceberam foram relacionados os relacionados com a internet.

É de referir que há um espaço para melhoria do artefato principalmente a nível da comunicação, representação visual de dados e legenda do artefato computacional como é descrito em pormenor na secção de análise dos testes de percepção (5.2.3).

De que forma a metáfora demonstra o carácter temático abordado e os dados retratados?

A metáfora mostra o carácter temático através de organismos que representam as redes de internet do DEI e os impactos de consumo energético no ambiente que afeta, por sua vez, o modo como os organismos se apresentam no ecossistema.

Para perceber se a metáfora demonstrou o carácter temático abordado e os dados retratados, analisámos os dados referentes aos resultados das questões do teste de percepção (secção 5.2.3): questão 11 — 11.1, distinção da cor das redes de internet do DEI; questão 11.2, distinção da forma das redes de internet que se alteram conforme as probabilidade de ocorrência nos países da UE; e questão 11.4, direccionada para a compreensão do ecossistema.

Os resultados obtidos revelam que os participantes conseguiram perceber e distinguir visualmente (através da cor e forma) as redes de internet do DEI, porém, a formação académica dos participantes influenciou a percepção e compreensão da metáfora. Podemos analisar esta influência, por exemplo, nos participantes com maior conhecimento tecnológico que demonstraram ter menos dificuldades na compreensão do ecossistema e da metáfora.

Poderá a interação influenciar a compreensão do artefato pelo utilizador?

A interação no artefato computacional foi conduzida de forma a haver a menor probabilidade de conflito entre o sistema e o utilizador e por isso foram reduzidos ao máximo as tarefas de interação com o artefato.

A associação criada entre aquilo que o utilizador vê (no painel interativo) e realiza (com auxílio da caixa) influencia o modo de percepção do artefato. A interação foi conduzida com um artefato físico (caixa) e por isso, a interação foi condicionada pela experiência anterior do utilizador com este tipo de artefatos físicos. No entanto, os resultados dos testes de interação demonstram que a interação não foi condicionada pela experiência anterior do utilizador.

Como o objetivo da interação é filtrar a informação do painel esquerdo e direito do artefacto, a interação ocorre quando o utilizador escolhe um país da UE (na vista global dos países) e selecciona para a vista individual do país. De acordo com a análise de resultados dos testes de interação (secção 5.1.3), a interação revelou-se eficiente e não influenciou negativamente a compreensão do artefato.

Porém, no futuro, pretendemos agilizar a interação entre o utilizador e o artefato através de interação wireless e adição de novos momentos de interação que permitam a filtragem de informação no artefato.

6. Conclusão e projeção futura

A presente dissertação teve como principal foco a análise e representação visual de dados do impacto do consumo energético no ambiente. O projeto foi dividido essencialmente em 3 fases: (i) pesquisa de referências de apoio ao projeto e análise de dados sobre a temática; (ii) implementação do projeto (painéis e interação) e (iii) testes de usabilidade de interação e percepção do artefato desenvolvido.

A primeira fase do processo de trabalho foi direccionada para a investigação do conceito: fatores envolventes da problemática, identificação do problema, potenciais soluções e pesquisa de referências de suporte às escolhas de implementação. Definimos o público-alvo e a metáfora visual e trabalhamos nos protótipos iniciais apresentados na defesa intermédia.

A segunda fase focou-se na parte prática do projeto com o desenvolvimento e implementação em Processing e Arduino. O desenvolvimento foi iterativo por se tratar de representações visuais de dados, o que diverge conforme as percepções dos participantes e a sua experiência/ conhecimento na área como pudemos perceber nos resultados obtidos na secção 5 do documento.

Por fim, na última fase do processo de desenvolvimento realizaram-se testes de usabilidade com o objetivo de compreender como é que o utilizador interage com o artefato computacional (teste de interação) e como interpreta as representações visuais (teste de percepção).

As ilações extraídas dos resultados obtidos nos testes de usabilidade clarificam que existe espaço para melhorar o artefacto, principalmente no que toca à relação entre o folheto informativo e o próprio artefato. No entanto, os participantes consideraram o projeto importante para a comunidade e apreciaram as representações visuais (na sua maioria).

Pudemos ainda perceber através da formação académica dos participantes que, aqueles que deram maior atenção às representações visuais dos dados, foram os participantes da área de engenharia (eletrotécnica e automação, informática, ciência de dados e mecânica). Os participantes que tiveram maior dificuldade em compreender o artefato são da área de administração e gestão (administração pública, contabilidade e gestão e administração).

A investigação realizada no decorrer do desenvolvimento da dissertação permitiu adquirir conhecimentos na área de Visualização de Informação, mais propriamente na sub-área de Data Aesthetics. E no que concerne ao projeto permitiu compreender melhor as implicações e impactos do consumo energético no ambiente nos anos passados e as perspectivas futuras de consumos dos países da UE. Permitiu também perceber a afluência de participantes no DEI.

Os objetivos esperados para a resposta ao problema identificado inicialmente foram cumpridos porém, existem tópicos de implementação que podem ser aprimorados no futuro como é o caso:

- (i) Maior abrangência temporal de dados;
- (ii) Uso de dados mais atuais, de preferência até ao ano corrente;
- (iii) Representações de outras variáveis pertinentes para a investigação tais como impacto do consumo energético no ambiente na perspectiva dos diversos setores da sociedade que usam internet (p.ex., setor industrial) ou mesmo, estudo a nível de data centers;
- (iv) Melhorar a relação entre o painel interativo e o folheto informativo;
- (v) Adicionar rankings e legenda informativa no painel de forma a destacar os países e os dados;
- (vi) Melhorar a interação de forma a tornar-se wireless;
- (vii) Criar meios de divulgação do projeto como nas redes sociais e plataformas de exposição de projetos do DEI.

Como trabalho futuro, pretende-se criar uma experiência personalizada para cada utilizador, através do cálculo e análise de dados da sua pegada de carbono em tempo real. A pegada ecológica e de carbono foi uma das referências principais no estudo, sendo que, no começo da investigação foi um dos pontos fortes do conceito. Ao introduzir e analisar em pormenor estas variáveis acreditamos que estas poderiam ajudar a compreender a pegada humana derivada do consumo energético no meio ambiente.

Pretende-se abrir horizontes de divulgação e comunicação do projeto para os media de forma a que os potenciais interessados possam analisar as representações visuais dos dados e tirar as suas próprias conclusões, assim como a exploração de outras formas de interação.

Por fim, a investigação e desenvolvimento deste projecto permitiu reconhecer os impactos dos países da União Europeia no ambiente, os consumos energéticos e a relação com o uso de internet. Este campo de investigação — impacto do consumo energético e uso de internet no ambiente — é um campo aberto a novas explorações na área de visualização de dados devido à pertinência do tema e dados disponíveis relacionados com o consumo energético e o ambiente.

Referências bibliográficas

- Agência Europeia do Ambiente. (2021). Energia — Agência Europeia do Ambiente. European Environment Agency. Retrieved March 10, 2022, from <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/energy/intro>
- Anderson, N. (2019). Information Processing Artifacts. *Minds & Machines* 29, 193–225. <https://doi.org/10.1007/s11023-019-09491-w>
- Aslan, J., Mayers, K., Koomey, J., & France, C. (2017). Electricity Intensity of internet Data transmission. *Journal of Industrial Ecology*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jiec.12630>
- Banet, C., Pollitt, M., Covatariu, A., & Duma, D. (2021). October 2021 I Data Centres & the Grid – Greening ICT in Europe. CERRE. Retrieved March 22, 2022, from https://cerre.eu/wp-content/uploads/2021/10/211013_CERRE_Report_Data-Centres-Greening-ICT_FINAL.pdf
- Berkhout, F., & Hertin, J. (2001, May 25). Impacts of Information and Communication Technologies on Environmental Sustainability: speculations and evidence. OECD. Retrieved March 22, 2022, from <https://www.oecd.org/sti/inno/1897156.pdf>
- Bertin, J. (2011). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps* (J. Bertin, Trans.). ESRI Press.
- Biocca, F. (2000). New media technology and youth: trends in the evolution of new media. *Journal of Adolescent Health*. [https://doi.org/10.1016/S1054-139X\(00\)00136-1](https://doi.org/10.1016/S1054-139X(00)00136-1)
- Bjørnsten, T. (2016). View of Data aesthetics - between clouds of information and subjective experience. Retrieved dezembro, 2021, from <https://tidsskrift.dk/mediekultur/article/view/20237/20293>
- Brinch, S. (2020). What we talk about when we talk about beautiful data visualizations. In H. Kennedy & M. Engebretsen (Eds.), *Data Visualization in Society* (pp. 259-276). Amsterdam University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvzgb8c7.22>
- Cambridge Dictionary. (n.d.). Narrative. Cambridge Dictionary. Retrieved november, 2021, from <https://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/narrative>
- Cao, N., Lin, Y.-R., Sun, Z., Lazer, D., Liu, S., & Qu, H. (2012). Whisper: Tracing the Spatiotemporal Process of Information Diffusion in Real Time. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol.18(no. 12), pp. 2649 - 2657. https://www.researchgate.net/publication/260582983_Whisper_Tracing_the_Spatiotemporal_Process_of_Information_Diffusion_in_Real_Time
- Cao, Y., Tan, Y., Li, Y., Chen, Y., Shao, X., & Zou, Y. (2017). A comprehensive review of Energy Internet: basic concept, operation and planning methods, and research prospects. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy* volume. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40565-017-0350-8>
- CNN. (2012). Ecosphere: Digital garden visualizes live discussion. CNN. Retrieved dezembro, 2021, from <https://edition.cnn.com/2012/06/15/tech/cnn-ecosphere-rio/index.html>
- Comissão Europeia. (2021). In focus: The digital transformation of our energy system. European Commission. Retrieved March 1, 2022, from https://ec.europa.eu/info/news/focus-digital-transformation-our-energy-system-2021-dec-16_en
- Contour line. (n.d.). Wikipedia. Retrieved December 31, 2021, from https://en.wikipedia.org/wiki/Contour_line
- Cruz, P. (2013). Um ecossistema político-empresarial. Retrieved 2022, from <https://pmcruz.com/eco/>

- Cruz, P. M., & Machado, P. (2011). Visualizing Empires Decline « CDV Lab. CDV Lab. Retrieved May 18, 2022, from <https://cdv.dei.uc.pt/visualizing-the-decline-of-empires/>
- D'Efilippo, V. (2013). Poppy Field. Poppy Field - Visualising War Fatalities. Retrieved november, 2021, from <https://www.poppyfield.org/>
- Donath, J. (2014). The Social Machine: Designs for Living Online. MIT Press.
- DotDotDot. (2021). Earth Bits, Sensing the Planetary. MAAT. Retrieved november, 2021, from <https://www.maat.pt/en/exhibition/earth-bits-sensing-planetary>
- Draper, G., Livnat, Y., & Riesenfeld, R. (2009). A Survey of Radial Methods for Information Visualization. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. [10.1109/TVCG.2009.23](https://doi.org/10.1109/TVCG.2009.23)
- Dubberly, H. (2004). How do you design. A compendium of Models. http://www.dubberly.com/wp-content/uploads/2008/06/ddo_designprocess.pdf
- Eco, U. (2010). On Beauty (A. McEwen, Trans.). MacLehose.
- Eisenberg, H. (2014). Humans Process Visual Data Better. Thermopylae Sciences + Technology. Retrieved August 30, 2022, from <https://www.t-sciences.com/news/humans-process-visual-data-better>
- European Environment Agency. (2021). Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe. European Environment Agency. Retrieved March 16, 2022, from <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>
- Eurostat. (2021). Individuals - frequency of internet use. Eurostat. Retrieved december, 2021, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_CI_IFP_FU_custom_1718320/
- Eurostat. (2021). Share of fossil fuels in gross available energy. Eurostat. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_FFGAE_custom_2258395/default/table?lang=en
- Eurostat. (2021). Supply, transformation and consumption of electricity. Statistics I Eurostat. Retrieved december, 2021, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_e/default/table?lang=en
- EU Science Hub. (2021). ICT sector analysis 2021. EU Science Hub. Retrieved March 6, 2022, from https://joint-research-centre.ec.europa.eu/predict/ict-sector-analysis-2021_en
- Few, S. (2009). Statistical Narrative: Telling Compelling Stories with Numbers. Perceptual Edge. https://www.perceptualedge.com/articles/visual_business_intelligence/statistical_narrative.pdf
- Forlizzi, J., & Battarbee, K. (2004). Understanding experience in interactive systems. DIS '04: Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, pp. 261- 268. <https://doi.org/10.1145/1013115.1013152>
- Fragapane, F. (2015). Carbon Dioxide Emissions on Behance. Behance. Retrieved August 5, 2022, from <https://www.behance.net/gallery/31279439/Carbon-Dioxide-Emission>
- Fragapane, F., & Piacentini, A. (2016). The stories behind a line. The Stories Behind a Line. Retrieved January, 2022, from <http://www.storiesbehindaline.com>
- Friendly, M., Chen, C., Härdle, W. K., & Unwin, A. (2008, Janeiro). A Brief History of Data Visualization. Retrieved november 5, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/226400313_A_Brief_History_of_Data_Visualization

- Friendly, M., & Denis, D. (2000). The roots and branches of statistical graphics. *Journal de la Société française de Statistique*, p. 51 - 60.
- Fry, B. (2005). *Isometric Blocks*. MoMA. Retrieved December 31, 2021, from <https://www.moma.org/collection/works/110353>
- Fry, B. J. (2004, Abril). *Computational Information Design*. Retrieved december 14, 2021, from <https://benfry.com/phd/dissertation-110323c.pdf>
- Funkhouser, G. (n.d.). *Historical Development of the Graphical Representation of Statistical Data: Osiris: Vol 3*. The University of Chicago Press: Journals. Retrieved December 31, 2021, from <https://doi.org/10.1086/368480>
- Gray, J., Bounegru, L., Milan, S., & Ciuccarelli, P. (2016). Ways of Seeing Data: Toward a Critical Literacy for Data Visualizations as Research Objects and Research Devices. In *Innovative Methods in Media and Communication Research* (p.227 - 251). Springer International Publishing. https://www.researchgate.net/publication/312284929_Ways_of_Seeing_Data_Toward_a_Critical_Literacy_for_Data_Visualizations_as_Research_Objects_and_Research_Devices
- Halpern, O. (2014). *Beautiful Data: A History of Vision and Reason Since 1945*. Duke University Press.
- Heinrich, F. (2016). (Big) Data, Diagram Aesthetics and the Question concerning Beauty | *MedieKultur: Journal of media and communication research*. *MedieKultur*. <https://tidsskrift.dk/mediekultur/article/view/20084>
- Holmes, T. (2007). *Eco-visualization: Combining art and technology to reduce energy consumption*. 10.1145/1254960.1254982
- Horn, R. E. (1998). *Visual Language*. Internet Archive. Retrieved janeiro, 2022, from <https://archive.org/details/visuallanguagegl00horn/>
- iF Design Award. (2013). *CNN Ecosphere*. iF Design Award. Retrieved dezembro, 2021, from <https://ifdesign.com/en/winner-ranking/project/cnn-ecosphere/108191>
- International Energy Agency. (2021). *Hydrogen - Fuels & Technologies - IEA*. International Energy Agency. Retrieved novembro, 2021, from <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/hydrogen>
- Jacob, R., Legget, J., Myers, B., & Pausch, R. (1993). Interaction styles and input/output devices. *Behavior and Information Technology*. https://www.researchgate.net/publication/232920197_Interaction_styles_and_inputoutput_devices
- Jacobsen, T. (2006). *Bridging the Arts and Sciences: A Framework for the Psychology of Aesthetics*. 39(2), p.155-162. <https://doi.org/10.1162/leon.2006.39.2.155>
- Jessup, B. (1956). *The Data of Aesthetics*. *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association*. <https://doi.org/10.2307/3129390>
- Johnson, J. (2020). *Designing with the Mind in Mind: Simple Guide to Understanding User Interface Design Guidelines*. Elsevier Science.
- Kander, A., Malanima, P., & Warde, P. (2014). *Power to the People: Energy in Europe Over the Last Five Centuries*. Princeton University Press.
- Kandinsky, W. (1923). *Delicate Tension*. No. 85 - Kandinsky, Wassily. Museo Nacional Thyssen-Bornemisza. Museo Thyssen. Retrieved July 12, 2022, from <https://www.museothyssen.org/en/collection/artists/kandinsky-wassily/delicate-tension-no-85>
- Kosara, R. (2007). *Visualization Criticism – The Missing Link Between Information Visualization and Art*. Retrieved August 28, 2022, from <https://kosara.net/papers/2007/Kosara-IV-2007.pdf>

- Krug, L., Shackleton, M., & Saffre, F. (2014). Understanding the Environmental Costs of Fixed Line Networking. . In Proceedings of the 5th International Conference on Future Energy Systems. New York: ACM., E-energy(14), 87-95. <https://www.cl.cam.ac.uk/research/srg/netos/e-energy2014/docs/p87.pdf>
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2003). Metaphors we live by. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226470993.001.0001>
- Lavergne, F. (2020). Extinct Plants. Retrieved August 5, 2022, from https://www.behance.net/gallery/98304453/Data-Visualization-Extinct-Plants?tracking_source=search_projects%7Cenergy%20data%20visualization
- Lowe, R. (1993). Diagrammatic information: Techniques for exploring its mental representation and processing. *Information Design Journal*, p.3-17.
- Lupi, G., & Posavec, S. (2015). Dear Data. Retrieved outubro, 2021, from <http://www.dear-data.com/theproject>
- Lyon, B. (2003). Opte Project. Retrieved novembro, 2021, from <https://www.opte.org/the-internet>
- Maigret, N. (2010). Pure Data read as pure data. Nicolas Maigret. Retrieved dezembro, 2021, from <http://peripheriques.free.fr/blog/index.php/?past/2010-pure-data-read-as-pure-data/>
- Mann, M. E. (2021). Greenhouse gas | Definition, Emissions, & Greenhouse Effect. *Encyclopedia Britannica*. Retrieved March 28, 2022, from <https://www.britannica.com/science/greenhouse-gas>
- Manovich, L. (2002). Data Visualization as New Abstraction and Anti-Sublime. Lev Manovich. Retrieved dezembro, 2021, from <http://manovich.net/index.php/projects/data-visualization-as-new-abstraction-and-anti-sublime>
- Manovich, L. (2020). *Cultural Analytics*. MIT Press.
- McCrinkle, M. (2014). *The ABC of XYZ: Understanding the Global Generations*. McCrinkle Research Pty Limited.
- Minard, C. (n.d.). "Carte Figurative of the Napoleon's Russian Campaign of 1812. Wikipedia. Retrieved Dezembro 31, 2021, from <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Minard.png>
- Moggridge, B. (2007). *Designing Interactions*. Retrieved 2022, from <https://community.mis.temple.edu/mis3506digitaldesignfall2018/files/2016/12/Moggridge-on-Process.pdf>
- Mortier, R., Haddadi, H., Henderson, T., McAuley, D., & Crowcroft, J. (2014). Human-Data Interaction: The Human Face of the Data-Driven Society. 14. 10.2139/SSRN.250805
- Nielsen, J. (2020). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Nielsen Norman Group. Retrieved novembro, 2021, from <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Norman, D. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books.
- Norman, D. A. (1984). Stages and levels in human-machine interaction. *International Journal of Man-Machine Studies*, p.365-375.
- OECD. (2021). *OECD Going Digital Toolkit*. OECD Going Digital Toolkit. Retrieved March 10, 2022, from <https://goingdigital.oecd.org/indicator/56>

Parlamento Europeu. (2021). Energia nuclear | Fichas temáticas sobre a União Europeia | Parlamento Europeu. Retrieved August 13, 2022, from <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/62/energia-nuclear>

Pelowski, M., & Specher, E. (2020). The General Impact of Context on Aesthetic Experience. In J. Levinson (Ed.), *The Oxford Handbook of Aesthetics*. OUP Oxford.

Periscopic, Citraro, D., & Rees, K. (2013). US Gun Deaths. US Gun Deaths. Retrieved janeiro, 2022, from <https://guns.periscopic.com>

Pitch Interactive, Grubbs, W., & Yahnke, N. (2013). Out of Sight, Out of Mind. Out of Sight, Out of Mind: A visualization of drone strikes in Pakistan since 2004. Retrieved January 22, 2022, from <https://drones.pitchinteractive.com>

Playfair, W. (n.d.). File:1786 Playfair - Exports and Imports of Scotland to and from different parts for one Year from Christmas 1780 to Christmas 1781.jpg. Wikimedia Commons. Retrieved December 31, 2021, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1786_Playfair_-_Exports_and_Imports_of_Scotland_to_and_from_different_parts_for_one_Year_from_Christmas_1780_to_Christmas_1781.jpg

Pollock, J. (1950). Jackson Pollock | Autumn Rhythm (Number 30). The Metropolitan Museum of Art. Retrieved July 12, 2022, from <https://www.metmuseum.org/pt/art/collection/search/488978>

Popova, M. (2009, May 7). Writing Without Words: Visualizing Jack Kerouac's On The Road. Brain Pickings. Retrieved December 31, 2021, from <https://www.themarginalian.org/2009/05/07/writing-without-words/>

Portal do Estado do Ambiente. (2021). Relatório do Estado do Ambiente. Retrieved dezembro, 2021, from <https://rea.apambiente.pt>

Posavec, S. (2008). Writing Without Words. Retrieved outubro, 2021, from <http://www.stefanie-posavec.com/writing-without-words>

Preece, J., Sharp, H., & Rogers, Y. (2015). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. Wiley.

Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, Vol.9(No.5), pp.1 -6. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6091-580-2_12

Reddy, M. J., & Kumar, D. N. (2020). Evolutionary algorithms, swarm intelligence methods, and their applications in water resources engineering: a state-of-the-art review. *H2 Open Journal*. <https://iwaponline.com/h2open/article/3/1/135/74697/Evolutionary-algorithms-swarm-intelligence-methods>

Reynolds, C. (1987). Boids (Flocks, Herds, and Schools: a Distributed Behavioral Model). Red3d.Com. Retrieved July 10, 2022, from <http://www.red3d.com/cwr/boids/>

Risch, J. (2008). On the role of metaphor in information visualization. *Intuitive Data Visualization*. https://www.researchgate.net/publication/1773232_On_the_role_of_metaphor_in_information_visualization

Ritchie, H., & Roser, M. (n.d.). Electricity Mix. *Our World in Data*. Retrieved August 30, 2022, from <https://ourworldindata.org/electricity-mix>

Roberts, C., Wright, M., Kuchera-Morin, J., Putnam, L., & Wakefield, G. (2010). Dynamic Interactivity Inside the AlloSphere. AlloSphere Research Group and Media Arts & Technology Program. <https://w2.mat.ucsb.edu/l.putnam/papers/Rob10-DynamicInteractivity.pdf>

Rosales, R., Castañón-Puga, M., Lara-Rosano, F., Flores-Parra, J., Evans, R., Osuna-Millan, N., & Gaxiola-Pacheco, C. (2018). Modelling the Interaction Levels in HCI Using an Intelligent Hybrid System with Interactive Agents: A Case Study of an Interactive Museum Exhibition Module in Mexico. MDPI. <https://dx.doi.org/10.3390/app8030446>

Sack, W. (2010, janeiro). Aesthetics of information visualization. https://www.researchgate.net/publication/228636081_Aesthetics_of_information_visualization

Saifer, A., & Dancin, M. T. (2021). Data and Organization Studies: Aesthetics, emotions, discourse and our everyday encounters with data. Sage journals. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/01708406211006250>

Schrauf, R., & Periscopic. (n.d.). One Angry Bird. One Angry Bird. Retrieved January, 2022, from <https://emotions.periscopic.com/inauguration/>

SG, A., & Edler, T. (2015). On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030. MDPI. <https://www.mdpi.com/2078-1547/6/1/117>

Shiffman, D., & Reynold's, C. (n.d.). Flocking / Examples. Processing. Retrieved April 7, 2022, from <https://processing.org/examples/flocking.html>

Shneiderman, B. (1983). Direct Manipulation: A Step Beyond Programming Language. Computer, vol.16, pp.57-69. 10.1109/MC.1983.1654471

Staal, C., Clarke, M. C., Nightingale, F., Quixley, J., & Cook, E. T. (n.d.). Florence Nightingale. Wikipedia. Retrieved December 31, 2021, from https://en.wikipedia.org/wiki/Florence_Nightingale#/media/File:Nightingale-mortality.jpg

Sugrue, C., & Stewart, D. (2008). Waves to waves to waves. Retrieved dezembro, 2021, from <https://damianstewart.com/waves>

Tognazzini, B. (2014). First Principles of Interaction Design (Revised & Expanded). Retrieved novembro, 2022, from <https://asktog.com/atc/principles-of-interaction-design/>

Tufte, E. R. (1995). Envisioning information. Graphics Press.

Tufte, E. R. (2001). The Visual Display of Quantitative Information. Graphics Press.

Turner, S., Benyon, D., & Turner, P. (2005). In Designing Interactive Systems: People, Activities, Contexts, Technologies. Addison-Wesley.

União Internacional de Telecomunicações. (n.d.). Statistics. ITU. Retrieved March 22, 2022, from <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>

Ware, C. (2004). Information Visualization: Perception for Design. Elsevier Science.

Wikipedia. (2021). Data center. Wikipedia. Retrieved December, 2021, from https://en.wikipedia.org/wiki/Data_center

Wilke, G., & Portmann, E. (2016). Granular Computing. Granular computing as a basis of human-data interaction: a cognitive cities case of use, (no.1), pp.181-197. <https://link.springer.com/article/10.1007/s41066-016-0015-4#ref-CR39>

The World Bank. (2021). Population, total - European Union I Data. World Bank Data. Retrieved March 16, 2022, from <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=EU>

World Bank Data. (n.d.). Individuals using the Internet (% of population). World Bank Data. Retrieved December, 2021, from <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS>

Wright, P., McCarthy, J., & Meekison, L. (2018). Making Sense of Experience: From Usability to Enjoyment. In *Funology 2* (pp. 315-330). 10.1007/978-3-319-68213-6_20

Yau, N. (2015). A Day in the Life of Americans. FlowingData. Retrieved January 22, 2022, from <https://flowingdata.com/2015/12/15/a-day-in-the-life-of-americans/>

Žižek, S., & Rancière, J. (2004). *The Politics of Aesthetics: The Distribution of the Sensible* (Continuum International Publishing Group, Ed.; G. Rockhill & A. P. o. P. G. Rockhill, Trans.). Continuum. <https://culturemachine.net/reviews/ranciere-the-politics-of-aesthetics-sayers/>

Anexos

A) Resultado do processo de desenvolvimento

A.1 Resultados preliminares

Fluxo de ações projetado no 1.º semestre

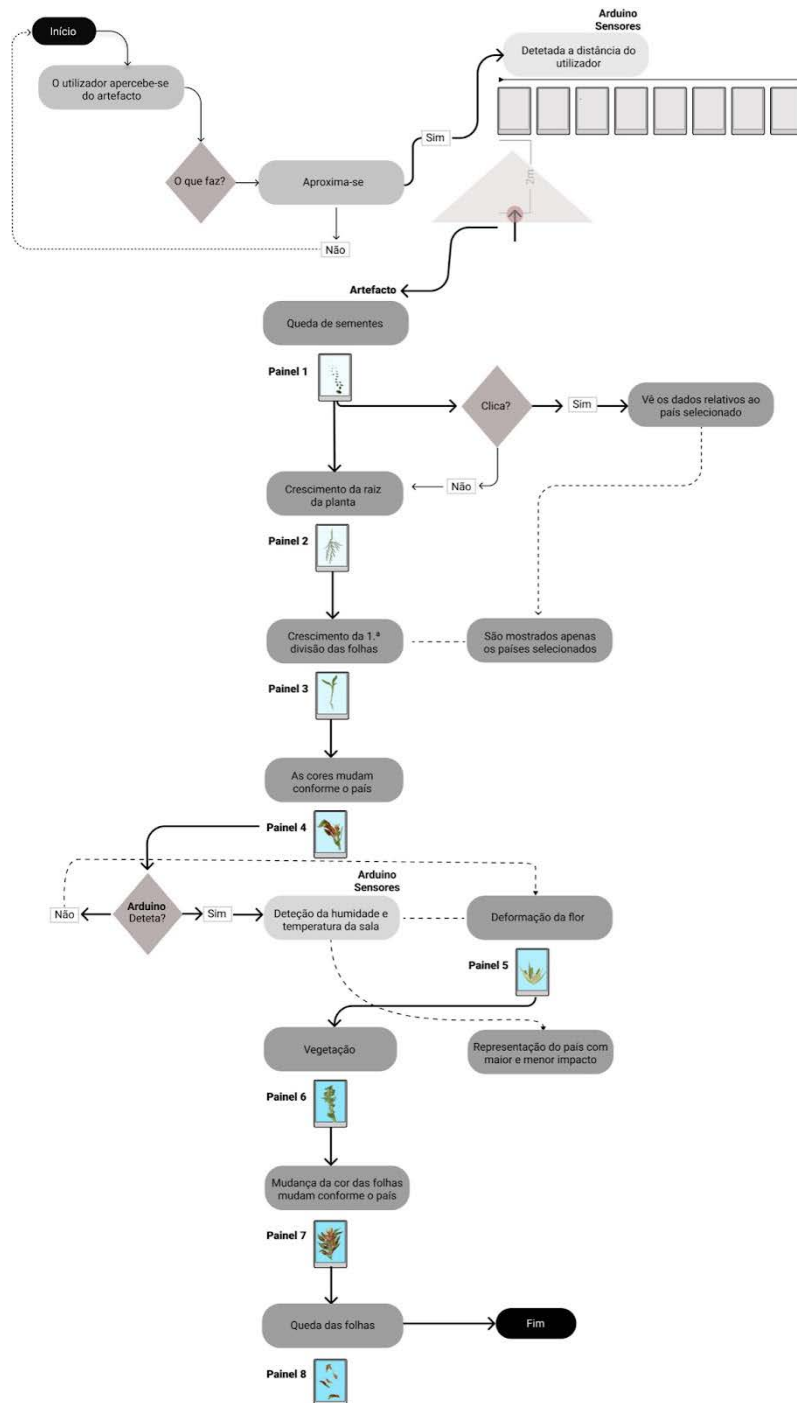
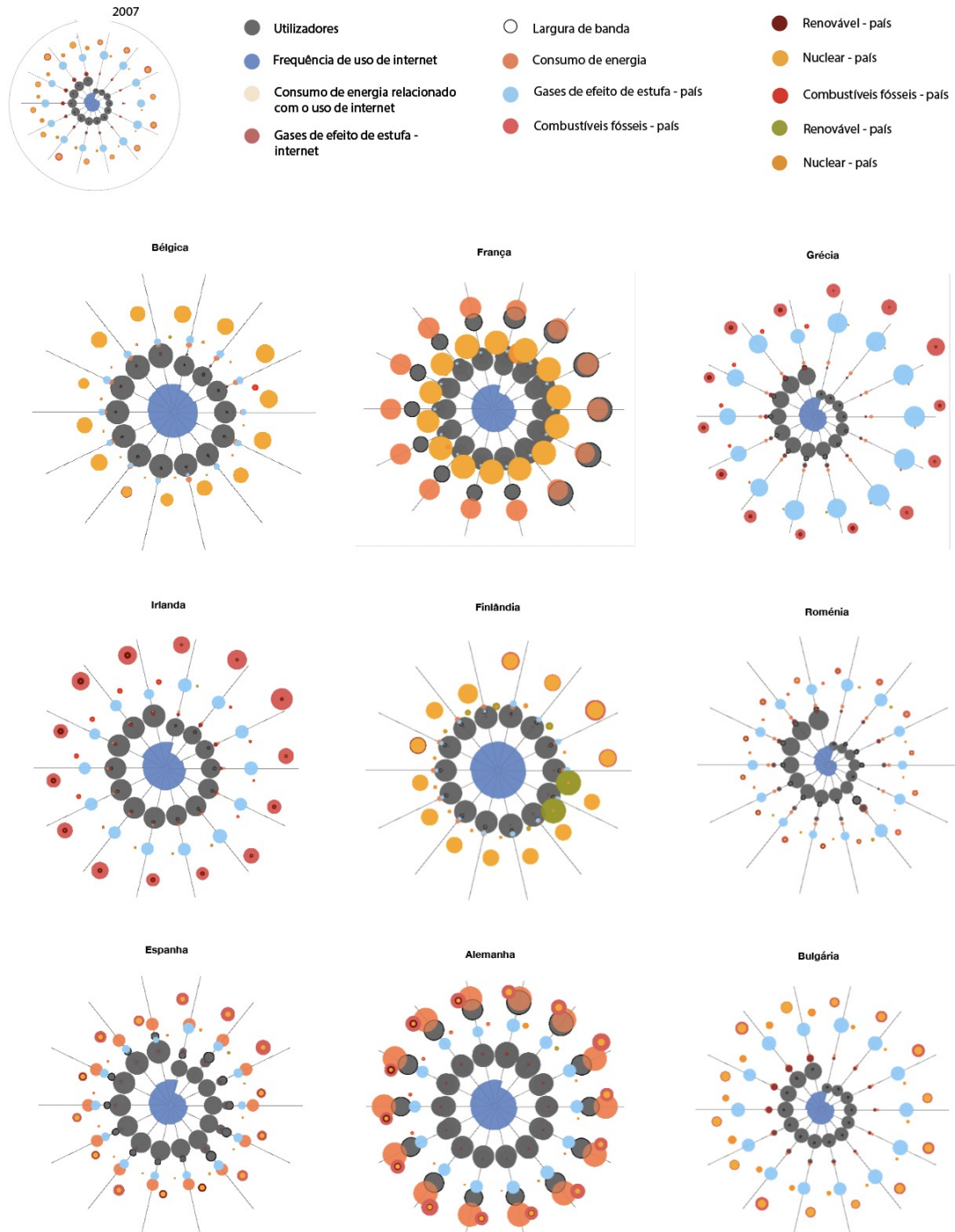


Figura 103. Fluxo de ações projetado no 1.º semestre.

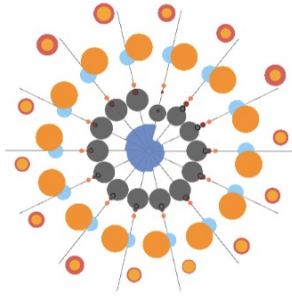
A.2 Resultados finais

Vista país (fase inicial de implementação)

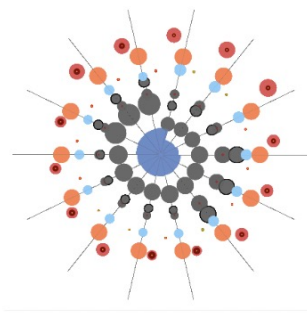
VISTA PAÍS



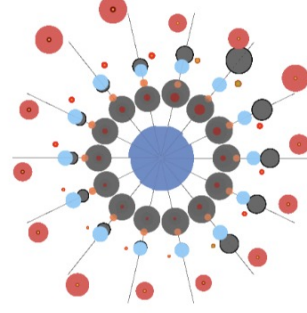
República Checa



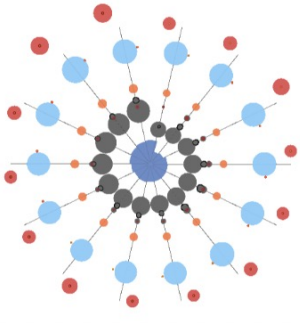
Itália



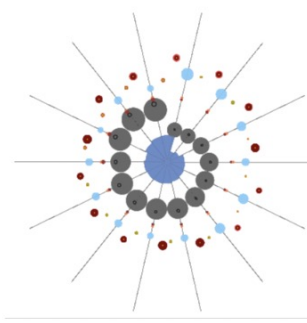
Holanda



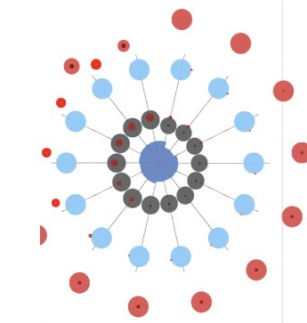
Polónia



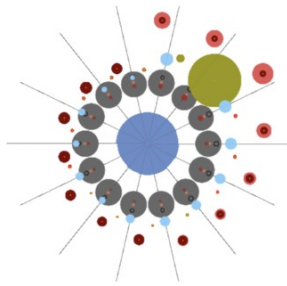
Croácia



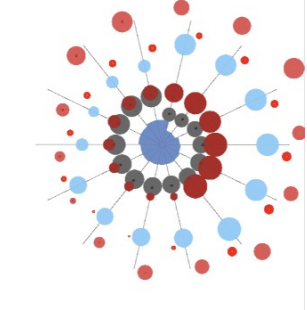
Estónia



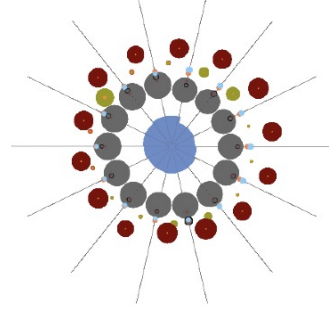
Dinamarca



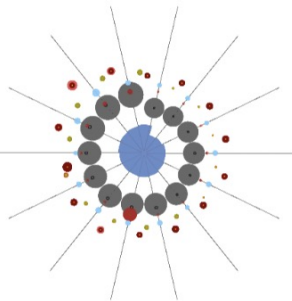
Malta



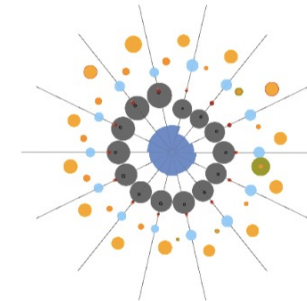
Áustria



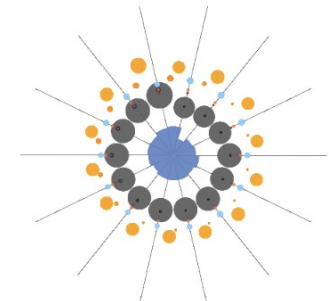
Letónia

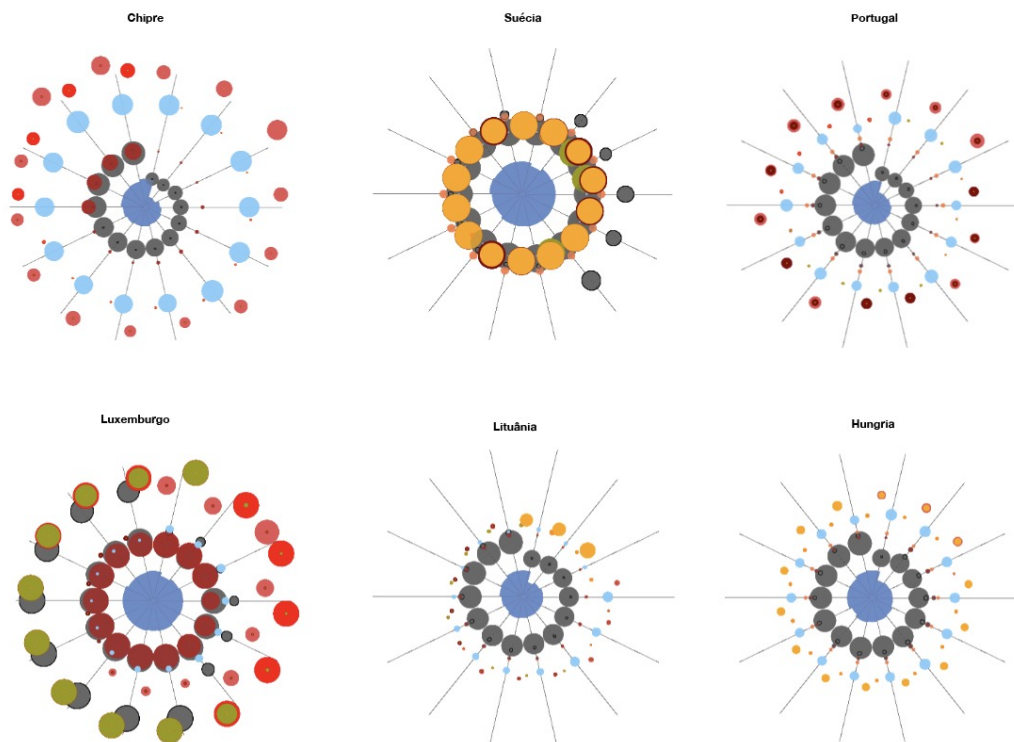


Eslovénia



Eslováquia





REPRESENTAÇÃO VISUAL
POR ANO

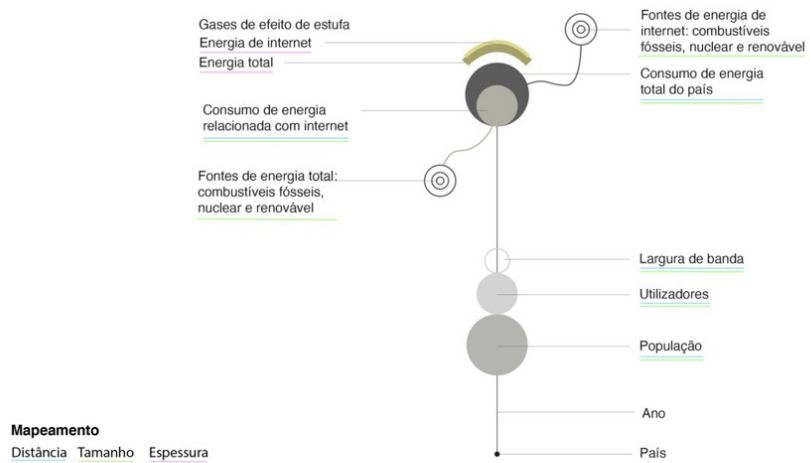
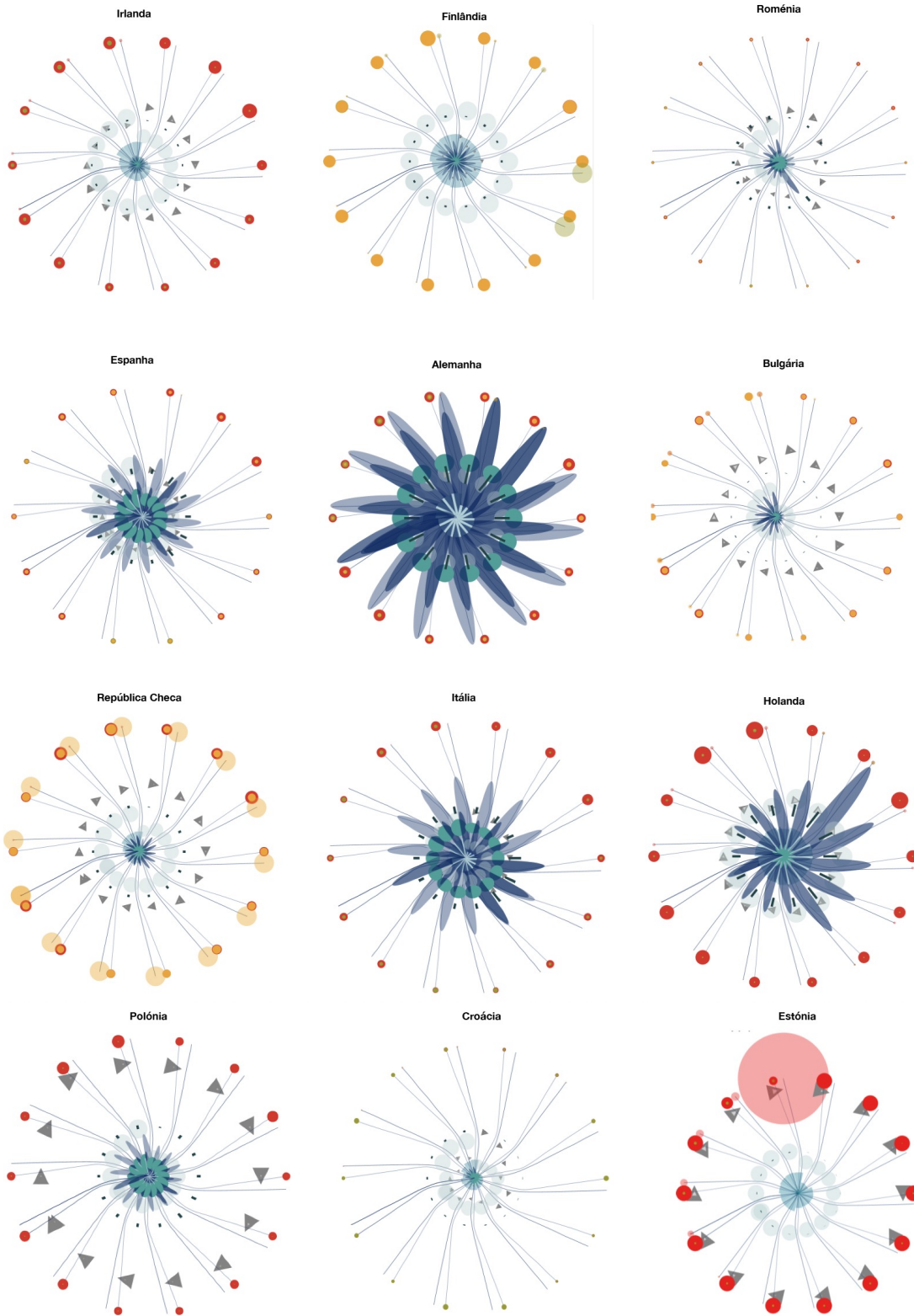


Figura 103. Vista país dos países da UE e ideia de representação visual por ano.

Vista país (fase intermédia de implementação)



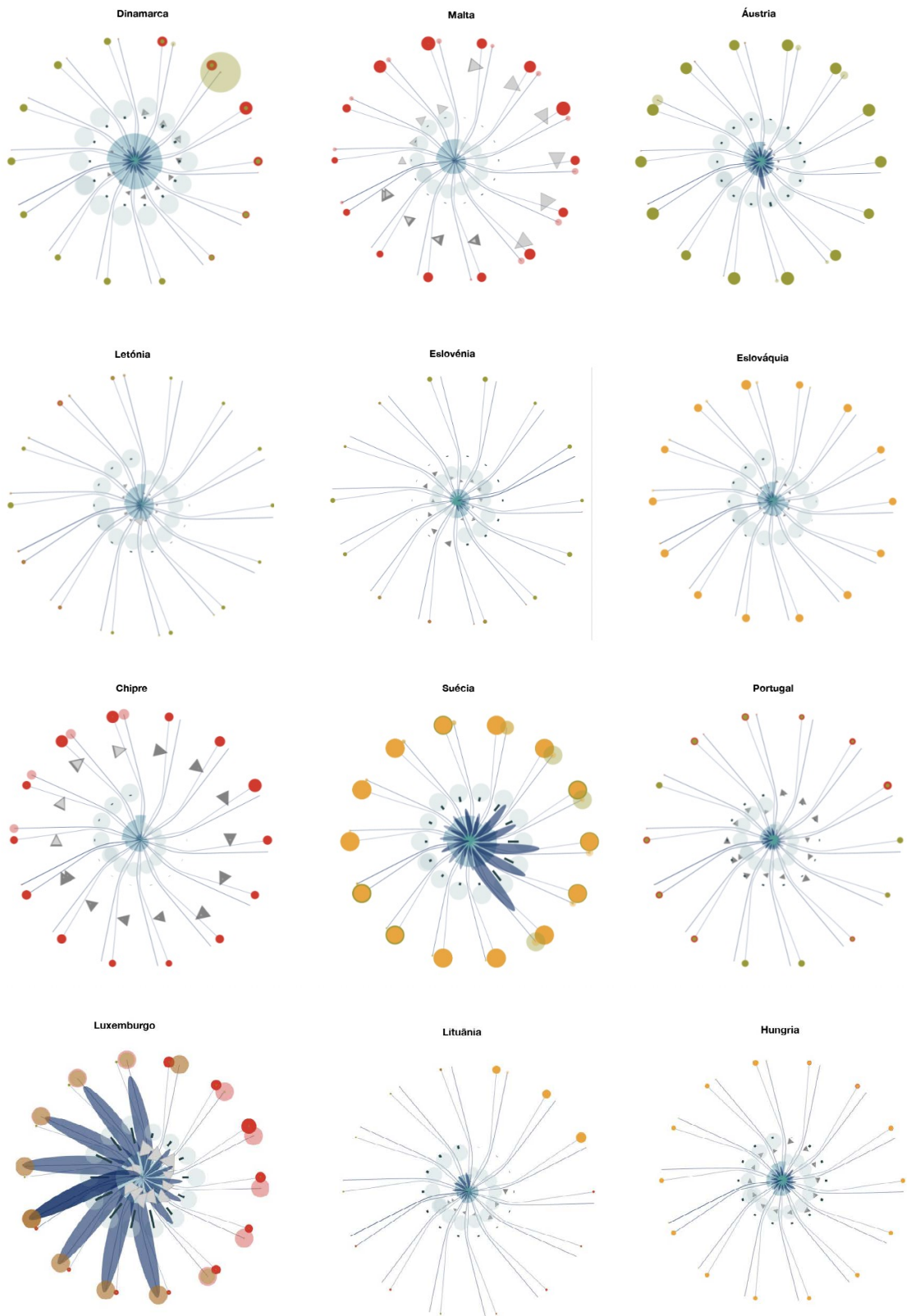


Figura 104. Fase intermédia da vista país (painel esquerdo e direito).

Vista país (fase final de implementação)

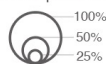
VISTA PAÍS

Unidade

// Valor por habitante
 : Número de utilizadores
 1 ano = 1 haste

Mapeamento visual

O tamanho representa o valor por habitante.



↑ O comprimento representa o valor por habitante.



Utilizadores // ↑
 Cor Forma ○

Frequência de internet // ↑
 Cor Forma ▽

Energia total // ↑
 Cor Forma ○

Ghg total // ↑
 Cor Forma △

Largura de banda // ↑
 Cor Forma □

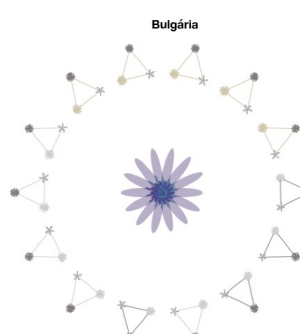
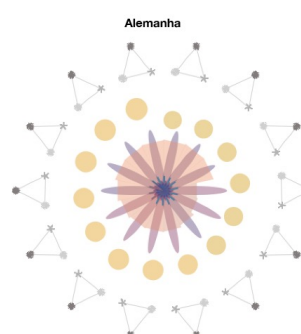
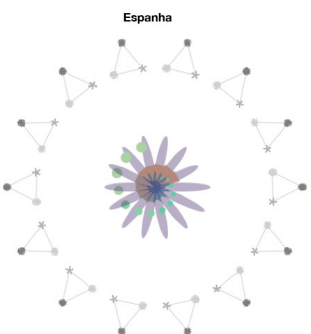
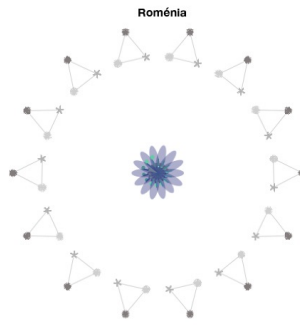
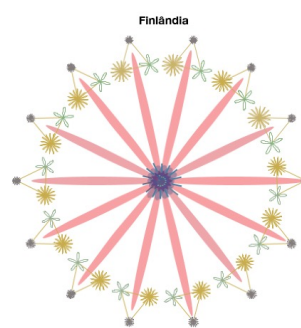
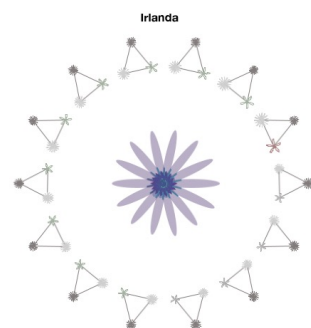
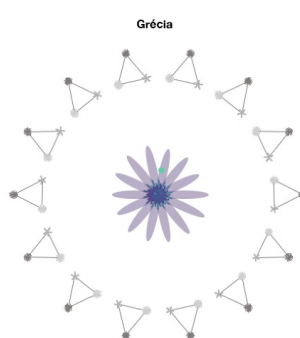
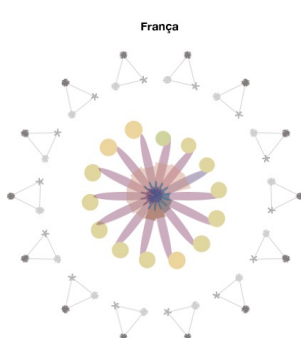
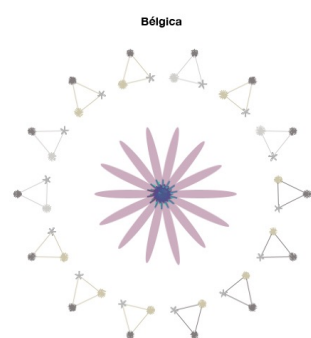
Energia de internet // ↑
 Cor Forma ○

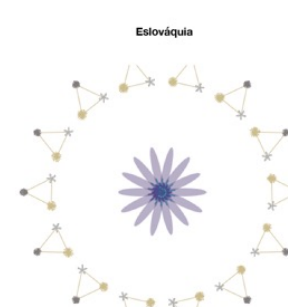
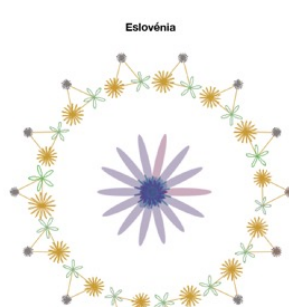
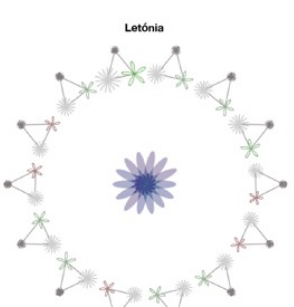
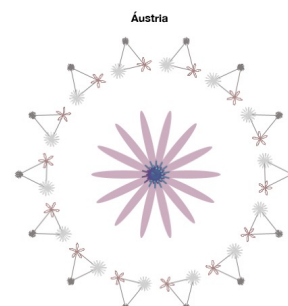
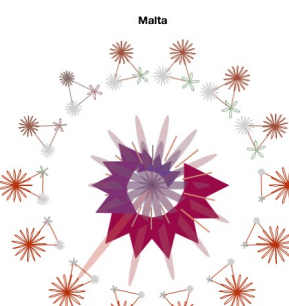
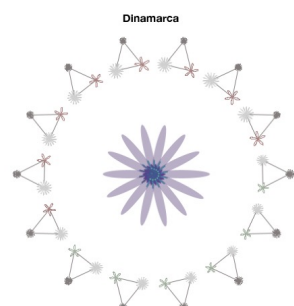
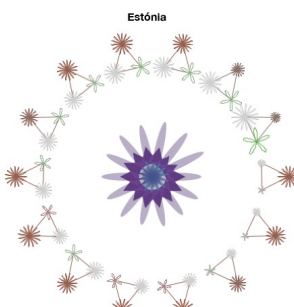
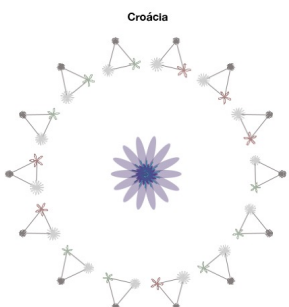
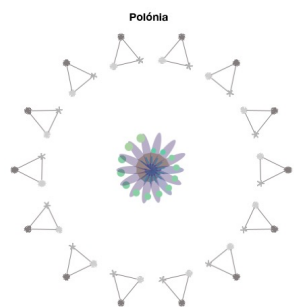
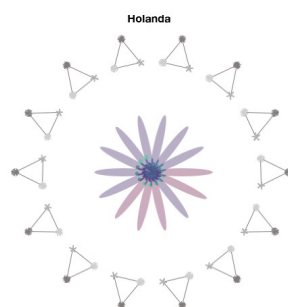
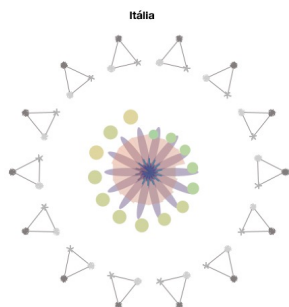
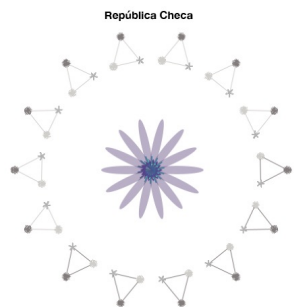
Ghg of internet // ↑
 Cor Forma △

Energia nuclear // ↑
 Cor Forma ⚙️

Energia renovável // ↑
 Cor Forma ⚙️

Combustíveis fósseis // ↑
 Cor Forma ⚙️





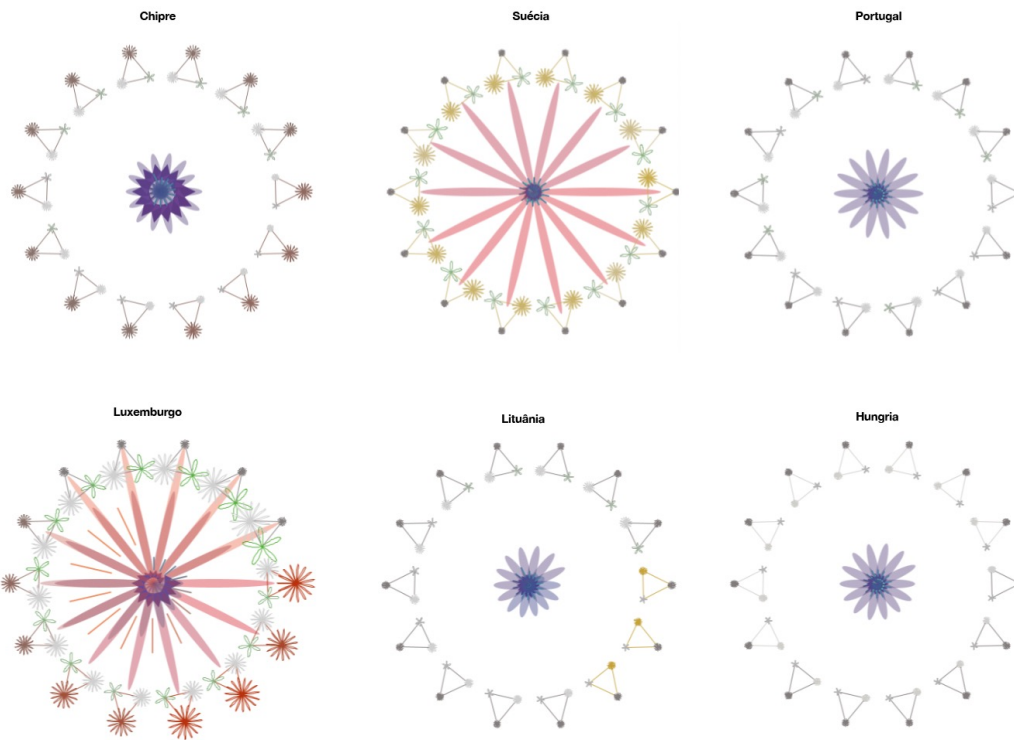


Figura 105. Fase final da vista país (painel esquerdo e direito).

A.3 Painel interativo



Figura 106. Vista geral (painel interativo).



Figura 107. Vista país (painel interativo).

B) Testes de usabilidade

B.1 Teste de interação

Informação geral dos utilizadores

1. Selecione a sua faixa etária. *

- 18-25
- 26-33
- 34-41
- Outra:

2. Qual é a sua área profissional? *

- Audiovisuais e produção de som e imagem
- Ciência de dados
- Design generativo
- Design gráfico
- Engenharia informática
- Engenharia de software
- Eletrónica e automação
- Gestão e administração
- Marketing e publicidade
- Visualização de dados
- Outra:

Estudo de usabilidade do artefacto

3. "O flyer informativo auxiliou a compreensão do painel interativo". *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente Concordo totalmente

4. "Conseguí associar a localização geográfica dos países da União Europeia às posições que apresentam no painel interativo". *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente Concordo totalmente

5. "O ecossistema ajudou-me a compreender o impacto do uso de internet no Departamento de Engenharia Informática da FCTUC". *



1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente Concordo totalmente

6. Seleccione os problemas interativos que detectou na sua experiência com o artefacto. *

- Dificuldade na mudança e escolha do país
- Falta de feedback ao interagir com o artefacto
- Dificuldade em seleccionar/ escolher um país
- Dificuldade em perceber quais os países pertencentes ao painel esquerdo / direito
- Outra:

7. O que mudaria na interação com o artefacto? *

- Dispositivos usados
- Interação wireless
- Fluxo de interação
- Outra:

8. "Considero o projeto relevante para a comunidade". *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente Concordo totalmente

9. "De forma geral, a minha apreciação do sistema é positiva" *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente Concordo totalmente

Agradeço o seu contributo para a investigação.

Anterior Enviar Página 3 de 3 Limpar formulário

Figura 108. Imagens referentes ao teste de interação.

B.2 Teste de percepção

Representações ilustrativas. Um artefacto computacional

No âmbito da dissertação de Mestrado em Design e Multimédia na Universidade de Coimbra, venho apelar à participação do estudo perceptivo do artefacto computacional desenvolvido. A presente dissertação foi elaborada sob orientação das professoras Catarina Maçãs e Ana Cláudia Rodrigues.

O artefacto computacional representa visualmente dados relativos ao consumo de energia, energia de internet e o impacto no ambiente através do estudo das fontes energéticas e outras variáveis consideradas importantes para a investigação.

O artefacto é composto por: (i) o painel esquerdo que representa os países com menor impacto de consumo energético no ambiente, (ii) o ecossistema exploratório e (iii) o painel direito que representa os países com maior impacto no ambiente.

O principal objetivo deste teste de usabilidade é analisar a eficiência e eficácia das representações visuais de dados.

Este estudo destina-se a um público-alvo compreendido entre os 18 e os 41 anos de idade, com forte ligação às novas tecnologias de informação e comunicação.

O questionário tem a duração aproximada de 8 minutos.

Qualquer questão/ sugestão adicional, pode contactar através do seguinte endereço de e-mail: trodriques@student.dei.uc.pt.

Informação geral dos utilizadores

1. Selecione a sua faixa etária. *

- 18-25
- 26-33
- 34-41
- Outra:

2. Selecione o seu género. *

- Feminino
- Masculino

3. Qual é a sua área profissional? *

- Audiovisuais e produção de som e imagem
- Ciência de dados
- Design generativo
- Design gráfico
- Engenharia informática
- Engenharia de software
- Eletrónica e automação
- Gestão e administração
- Marketing e publicidade
- Visualização de dados
- Outra:

4. Qual é o seu contacto com as tecnologias de informação e comunicação? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Nunca ou quase nunca utilizo Contacto diário

5. Qual considera ser a melhor forma de conscientizar a comunidade para os problemas ambientais? *

Ter consciência ambiental é compreender o meio ambiente na sua totalidade e as consequências de certos atos, é entender que a sobrevivência dos ecossistemas depende do coletivo.

- Divulgação na comunicação social
- Manifestações ambientais
- Exposição de dados sobre o consumo e a pegada ecológica
- Todas as referidas anteriormente
- Outra:

6. Por cada um dos fatores indique os que acha que têm influência positiva ou negativa sobre o ambiente.

	Fator positivo	Fator negativo
E-waste (desperdício eletrônico)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Data centers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eficiência energética	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Monitorização de emissões	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Automatização de serviços	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estilo de vida sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Análise perceptiva do artefacto

7. Observe a vista overview do artefacto. Selecione dos seguintes países quais os que se encontram no: painel esquerdo/ direito, consoante a sua posição geográfica na União Europeia? *

Painel esquerdo - países com menor impacto energético no ambiente

Painel direito - países com maior impacto energético no ambiente

VISTA OVERVIEW



Painel esquerdo

Painel direito

Painel esquerdo

Painel direito

Portugal

Malta

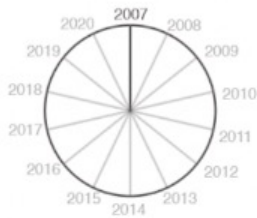
Alemanha

Itália

Luxemburgo

9. Selecione de acordo com a seguinte figura, o valor de consumo de energia total por habitante em 2020 dos seguintes países: *

VISTA PAÍS



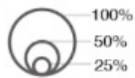
1 ano = 1 haste
Círculo = país da UE

Unidade

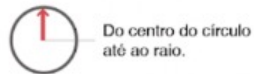
// Valor por habitante

Mapeamento visual

⊗ O tamanho representa o valor por habitante.



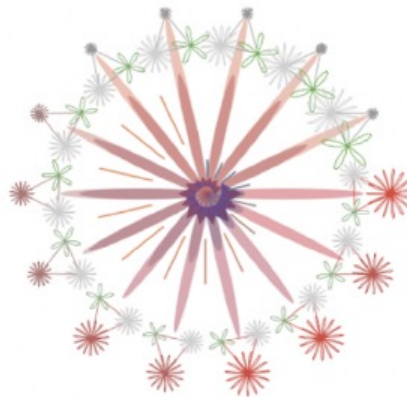
↑ O comprimento representa o valor por habitante.



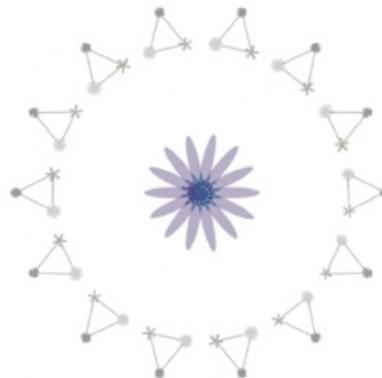
Energia total // ↑

Cor Forma 0

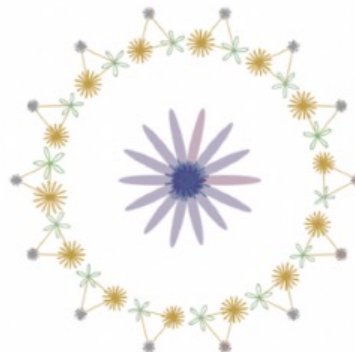
Luxemburgo



Portugal



Eslovénia



	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
Luxemburgo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Portugal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eslovénia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. O seguinte vídeo traduz o comportamento do ecossistema exploratório quando nenhum dos países é seleccionado.



O vídeo mostra o ecossistema exploratório das 5 redes de internet do Departamento de Engenharia Informática. Cada cor representa a rede e a forma é influenciada pela probabilidade de impactos face ao país seleccionado pelo utilizador. No vídeo a probabilidade dos impactos foi realizada face à média de impactos no ambiente de todos os países europeus. O comportamento destas redes foi realizado com um algoritmo de swarm, idêntico ao comportamento de pássaros.

11.1 "Consegui distinguir as redes de internet do DEI através da cor que apresentam". *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente Concordo totalmente

11.2 "Consegui associar a forma das redes de internet às categorias de informação das probabilidades". *

Categorias de informação das probabilidades: frequência de uso de internet, consumo de energia de internet e ghg de internet.

Frequência de internet // ↑

Cor  Forma

Energia de internet // ↑

Cor  Forma

Ghg of internet // ⚙ ↑

Cor  Forma

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente Concordo totalmente

11.3 O seguinte vídeo mostra a forma como as probabilidades dos países afetam o ecossistema de rede de internet do departamento de Engenharia Informática da FCTUC.

Representações ilustrativas | Um artefacto computacional - Ec...



Para a realização das probabilidades foram analisadas as seguintes variáveis: frequência de uso de internet, consumo de energia de internet e ghg de internet.

11.4 "O ecossistema ajudou-me a compreender o impacto do uso de internet no Departamento de Engenharia Informática da FCTUC". *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente Concordo totalmente

12. Considere os seguintes dados da legenda.



12.1 De seguida, seleccione os que conseguiu visualmente identificar nas figuras/ * vídeos anteriores.

- Utilizadores
- Frequência de uso de internet
- Largura de banda
- Consumo de energia de internet
- Consumo de energia total
- Combustíveis fósseis
- Energia renovável
- Energia nuclear
- Intensidade de gases de efeito de estufa da internet
- Utilizadores ligados às redes do DEI

Apreciação global do artefacto

13. Seleccione os problemas interpretativos que identificou no artefacto. *

- Tipografia
- Representação visual dos dados
- Ausência de legenda no painel interativo
- Conceito e a forma como é comunicado
- Relação entre União Europeia - Portugal - Coimbra - DEI
- Outra:

14. Descreva brevemente o que mudaria para conseguir perceber na íntegra as representações visuais?

A sua resposta

15. "De forma geral a minha apreciação das representações visuais é positiva". *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ Concordo totalmente

16. "Considero o projeto relevante para a comunidade". *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Discordo totalmente ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ Concordo totalmente

Agradeço o seu contributo para a investigação.

Figura 109. Imagens referentes ao teste de percepção.

