

# Invisible Health Hazard

Carlos Alves

Departamento de Engenharia Informática, Universidade de Coimbra, Coimbra,  
Portugal [uc2017259822@student.uc.pt](mailto:uc2017259822@student.uc.pt)

**Abstract.** A qualidade do ar é fundamental para a saúde. Este documento tem como propósito analisar o impacto da poluição atmosférica na saúde. O projeto consiste na criação de uma aplicação web que através de uma representação baseada em dados explora a evolução da relação entre a poluição atmosférica e o número de óbitos atribuídos a este tipo de poluição, fornecendo uma demonstração mais tangível do impacto da qualidade do ar na saúde.

**Keywords:** Visualização de Informação · Design · Programação · Dados · Saúde · Qualidade do Ar · Poluição.

## 1 Introdução

Nos últimos anos temos sido expostos a uma tempestade invisível de partículas e moléculas que invadem os nossos corpos, representando uma ameaça para a nossa saúde [12]. As diretrizes mais recentes da Organização Mundial da Saúde revelam que todos os anos morrem sete milhões de pessoas por causas diretamente relacionadas com a poluição do ar e os níveis de contaminação permanecem perigosamente elevados em várias regiões do mundo [9].

Em causa está a poluição com partículas minúsculas que entram profundamente nos pulmões e no sistema cardiovascular, causando doenças potencialmente mortíferas, como derrames cerebrais, ataques de coração, obstruções pulmonares, infeções respiratórias e cancro do pulmão [9].

Atualmente, a quantificação do impacto da poluição atmosférica na saúde pública tornou-se uma componente cada vez mais crítica no debate político, mas há uma coisa que não mudou: todos os anos, a exposição à poluição atmosférica continua a causar milhões de mortes e a perda de anos de vida saudáveis [10]. É necessário adotar ações estratégicas urgentemente, de modo a proteger a saúde e o ambiente, simultaneamente. A saúde tem de estar no centro da reformulação de políticas em vários setores para um planeta saudável com pessoas saudáveis [12].

Assim, este projeto explora a evolução desta ameaça invisível ao longo dos anos através de uma visualização de dados, com o objetivo de transmitir emoções e despertar a consciência. Não pretendo apenas informar, mas também inspirar ação, elevando a consciência pública sobre a urgência de medidas para melhorar a qualidade do ar e proteger a saúde das pessoas.

## 2 Trabalho Relacionado

Nesta secção são apresentadas quatro referências que considero relevantes para o desenvolvimento do projeto: Growing Data, Climate Orb, UN/BIASED e Visualizing Empires Decline. Os dois primeiros abordam temas diretamente relacionados com o deste projeto, assim como o objetivo de elevar a consciência do visualizador. Os dois seguintes são uma referência pela maneira como os dados e os mapas são representados.

O projeto Growing Data [5] é uma visualização que representa os dados relativos à qualidade do ar em algumas das maiores cidades mundiais. O autor representa a alteração dos dados através do crescimento de plantas. O programa baseia-se principalmente numa versão complexa do "agent model" em que vários agentes são controlados pelo "Brownian motion" e são influenciados no seu movimento por várias variáveis, que, por exemplo, são responsáveis pelo tempo de vida, densidade e velocidade de crescimento. Para transmitir a informação mais diretamente e reforçar a sua mensagem, é acrescentado um nível de informação adicional, no qual nomes, palavras e símbolos são gradualmente criados a partir das estruturas em crescimento. A forma como o autor representa os dados e o conceito envolvido revelaram-se referências importantes no desenvolvimento do projeto.

Climate Orb é uma plataforma Web desenvolvida no âmbito da dissertação de mestrado de Pedro Churro [1], com orientação dos docentes Evgheni Polisciuc e Sérgio Rebelo. A plataforma recebe dados relacionados com as causas e consequências das alterações climáticas de um certo país e ano e devolve um artefacto de dados que pode ser analisado e explorado pelos utilizadores. Relaciona-se diretamente com o meu projeto uma vez que o seu objetivo é captar a atenção dos visualizadores e promover a consciencialização climática através da representação dos dados de cada país.

O projeto UN/BIASED [2] é uma instalação que contém quatro mapas. Um deles é um cartograma e utiliza microrganismos para representar a desigualdade salarial em Portugal. Os microrganismos são imaginados como agentes de mudança e à medida que a animação evolui, o mapa revela as assimetrias na distribuição da população em Portugal, com algumas zonas regionais a atribuírem mais salários do que outras. Para além disso, sabendo que o número de homens e mulheres empregados é semelhante, é possível perceber, pelo tamanho de cada círculo, a desigualdade existente entre homens e mulheres. O modo como a evolução dos dados moldam a forma do país de uma maneira tão orgânica e natural é uma referência relevante para o desenvolvimento do projeto.

Visualizing Empires Decline [3] é um projeto de visualização de informação que narra o declínio dos principais impérios marítimos durante os séculos XIX e XX. A dimensão dos impérios varia durante a passagem dos anos, à medida que ganham ou perdem territórios. Esses territórios movem-se e posicionam-se de modo a formar, no final, uma representação do mapa da superfície terrestre com todos os países formados nos últimos séculos. Esta transformação que inicia com quatro formas circulares e acaba com múltiplas formas a representar o mapa da superfície terrestre é uma referência pertinente para a maneira como pretendo representar os dados de cada país no projeto.

### 3 Abordagem

O objetivo conceptual deste projeto é explorar, através de visualização de informação, a relação destes dados ao longo dos anos e mostrar este problema de uma forma mais impactante, longe de estatísticas e gráficos convencionais. Para isso, decidi desenvolver uma aplicação web que contém um modelo de visualização que permite ver a representação dos dados para cada ano, de 1800 a 2020. Com isto, as pessoas terão a possibilidade de explorar e interagir com os dados de forma a poder comparar dados ou analisar cada país individualmente e assim ter uma experiência mais completa.

Antes de iniciar o processo de implementação, realizei alguns estudos preliminares que se centraram principalmente na recolha e análise de conjuntos de dados e na escolha da tecnologia a utilizar.

#### 3.1 Dados

Numa fase inicial do projeto o objetivo passou por encontrar dados relativos às emissões de poluentes atmosféricos e óbitos associados à poluição do ar com uma linha temporal razoável. Encontrei uma limitação nos conjuntos de dados relativos às mortes e emissão de partículas  $PM_{2.5}$ , uma vez que a linha temporal vai de 1990 a 2020, enquanto que o conjunto de dados das emissões de poluentes do ar vai de 1750 a 2020. Considero uma limitação, porque a maior subida de emissões acontece entre 1940 e 1980 e seria valioso ter o número de óbitos anterior a essa subida.

**Emissões de poluentes do ar [6]** O conjunto de dados escolhido contém os valores das emissões de sete poluentes: dióxido de azoto ( $NO_2$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO), carbono orgânico (TOC), *Non-methane volatile organic compound* (NMVOCs), carbono negro (BC) e amoníaco ( $NH_3$ ). Estes dados estão organizados por país e por ano (1750-2020) e contém os valores totais, em toneladas, e *per capita*, em quilogramas. Segundo as normas sanitárias e de qualidade do ar da União Europeia, os principais poluentes incluem partículas (PM), dióxido de azoto ( $NO_2$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) [4]. Com base nesta informação, utilizei apenas os dados relativos a estes poluentes.

Durante o processo de análise deste conjunto de dados, identifiquei mais uma limitação. A maior parte dos países tinha os dados de todos os anos desde 1750, mas alguns tinham apenas dados de dez em dez anos. Para resolver esse problema e com base nos dados dos restantes países, completei o conjunto de dados com recurso a uma interpolação, de modo a conseguir representar visualmente todos os países, mesmo com a possibilidade de haver um erro associado a esta solução.

**Exposição a partículas PM [7]** Entre os vários poluentes, as pequenas partículas  $PM_{2.5}$  (partículas com menos de 2,5 microns de diâmetro) são as que causam maiores problemas de saúde, pois podem entrar na corrente sanguínea. Infelizmente há poucos dados históricos relativos a este poluente, mas consegui

recolher dados anuais (1990-2017) dos níveis de exposição em microgramas de  $PM_{2.5}$  por metro cúbico, organizados por país. Foi feita uma conversão de modo a representar estes dados com as unidades do conjunto de dados anterior.

**Óbitos atribuídos à poluição do ar [11]** Com a necessidade de encontrar um conjunto de dados organizado por país e com um intervalo de tempo razoável, a escolha para representar estes números é da Organização Mundial da Saúde e fornece-nos o número total de mortes atribuídas à poluição do ar. Este número é calculado pela combinação de informações sobre o risco acrescido (ou relativo) de uma doença resultante da exposição, com informações sobre o grau de disseminação da exposição na população (neste caso, a concentração média anual de partículas a que a população está exposta). Isto permite calcular a fração da doença observada numa determinada população que pode ser atribuída à exposição, neste caso a concentração média anual de partículas. Aplicando esta fração ao peso total da doença (por exemplo, doença cardiopulmonar expressa em mortes), obtém-se o número total de mortes que resulta da poluição do ar ambiente [11]. Este conjunto de dados disponibiliza valores de 1990 a 2020.

Posteriormente, agrupei todos os dados no mesmo ficheiro, de modo a facilitar o acesso aos dados durante a fase de implementação.

### 3.2 Tecnologia

O modelo de visualização foi inserido num website desenvolvido em HTML, CSS e Javascript, com o auxílio da biblioteca p5.js, que é baseada nos princípios fundamentais do Processing e é utilizada para a criação de experiências gráficas e interactivas [8]. Esta biblioteca foi utilizada para desenvolver o modelo de visualização, que é composto por vários artefactos baseados nos dados de cada país. Este artefacto é apresentado na próxima subsecção.

### 3.3 Artefacto

Sendo um trabalho centrado nos dados das emissões de poluentes atmosféricos, inspirei-me no *smog*, uma espécie de nevoeiro causado pela poluição atmosférica, para o artefacto visual de cada país. Assim, cada país é um gerador de partículas, como mostra a Figura 1.

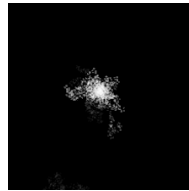


Fig. 1: Artefacto visual dos Estados Unidos (2020).

Esta geração de partículas depende do valor dos dados relativos às emissões de poluentes totais de cada país, por ano. Portanto, um país com um número baixo de emissões totais vai gerar menos partículas, em relação a um país com um número elevado de emissões totais. Assim como, o mesmo país pode ter um valor baixo de emissões num determinado ano, em relação a outro ano, como podemos ver pelas Figuras 2, (a) e (b), respetivamente. A análise das Figuras permite-nos verificar que em 2000, nos Estados Unidos, houve um aumento muito alto de emissões em relação a 1900.

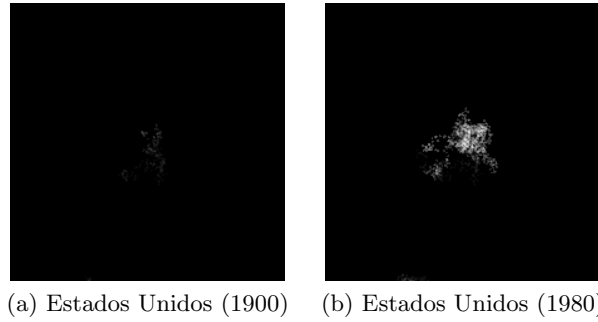


Fig. 2: Comparação visual dos dados de emissões de poluentes em anos diferentes.

A extensão da geração de partículas depende do valor da emissão de poluentes atmosféricos *per capita*. Portanto, a área de cada artefacto depende desses valores. Na aplicação web é possível tornar visível este limite, e este está visível nas Figuras 3, (a) e (b), que representam os níveis de poluição *per capita* referentes ao mesmo país, em anos diferentes. Portanto, analisando as figuras, na Rússia, em 1990, cada pessoa emitia mais do dobro de poluição atmosférica em comparação com os dados de 1890.

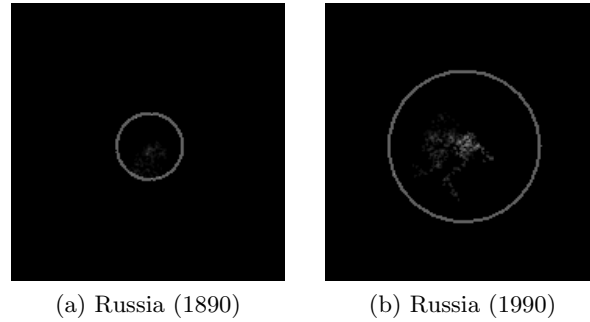


Fig. 3: Comparação visual dos dados de emissões de poluentes *per capita* em anos diferentes.

Os dados relativos às mortes associadas à poluição atmosférica são representados pela cor de cada artefacto. Como este conjunto de dados contém informações apenas desde 1990, defini uma cor para dados não atribuídos, que é representada durante os anos 1800-1990. Depois deste período, defini uma paleta de cores linear que começa na cor branca e termina num tom de verde (ver Figura 4), que é uma representação metafórica da toxicidade dos poluentes. Assim, um país com poucas mortes associadas a este problema vai ser representado com uma cor esbranquiçada, e um país com muitas mortes associadas é representado com uma cor esverdeada, como pode ser observado nas Figuras 5, (a) e (b), respetivamente. Destas Figuras é possível concluir que na China há um número muito superior de óbitos em comparação com Portugal.

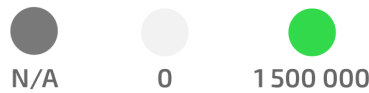


Fig. 4: Paleta utilizada (os valores representam o número de mortes).

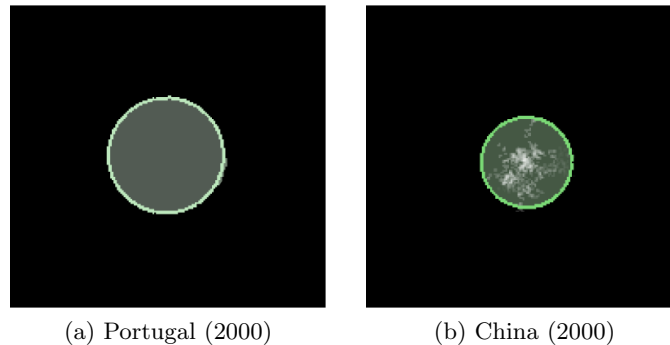


Fig. 5: Comparação visual dos dados de mortes associadas à emissão de poluentes em países diferentes.

### 3.4 Modelo de Visualização

O modelo de visualização está inserido num website e foi desenvolvida uma interface que permite a interação do utilizador com os dados. Nos próximos parágrafos é apresentado o modelo de visualização e as suas funcionalidades.

O modelo de visualização consiste num mapa que representa os dados de todos os países, por ano. Cada país tem o seu artefacto, apresentado anteriormente,

nas suas posições reais de latitude e longitude. Isto permite-nos ter uma visão global da evolução deste problema e das zonas mais problemáticas. A Figura 6 mostra a visão inicial do utilizador ao entrar no website, com a representação dos valores de emissões de poluentes atmosféricos em 1800, enquanto que a Figura 7 apresenta os mesmos dados em 2000. Com a evolução dos dados ao longo dos anos, as posições dos países vão se alterando devido a uma verificação de colisões, isto para garantir que não há sobreposição de países e assim facilitar a análise e interação do utilizador. As Figuras 8 e 9 mostram os mesmos dados das Figuras anteriores, mas com o "edge visibility" ativo, que permite ver os limites de todos os países e assim mostrar o tamanho de cada artefacto e a atualização do seu posicionamento.

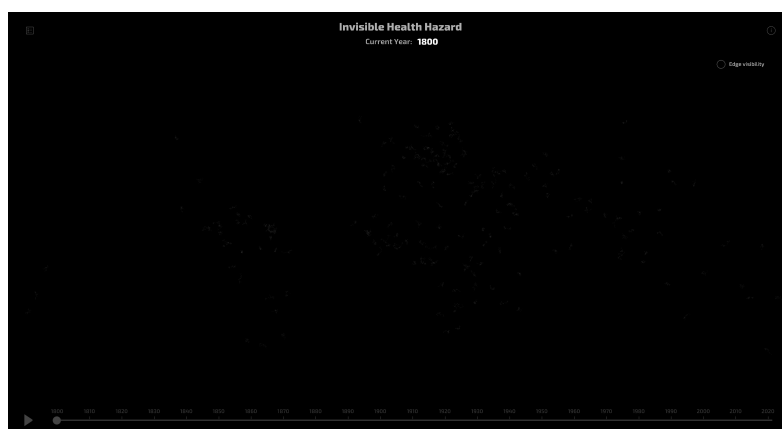


Fig. 6: Modelo de visualização (1800).

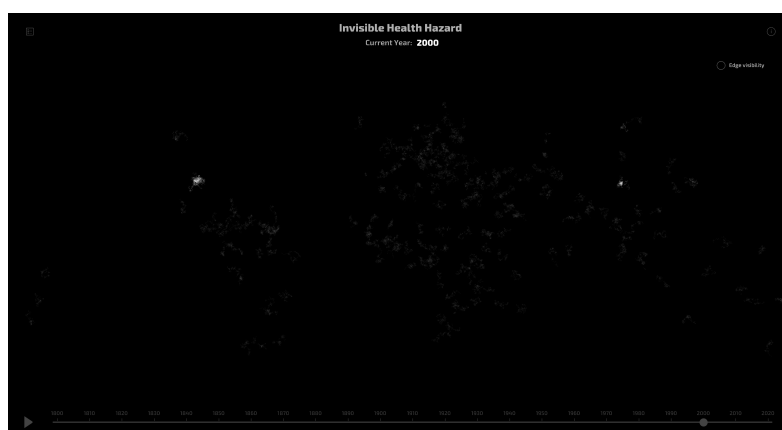


Fig. 7: Modelo de visualização (2000).

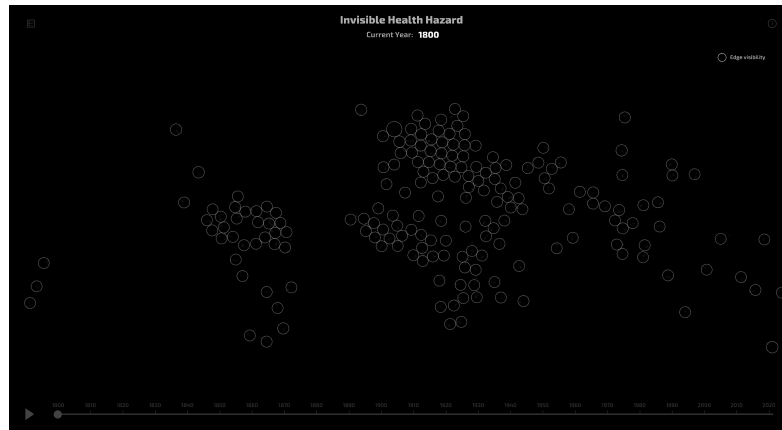


Fig. 8: Modelo de visualização, com *edge visibility* ativo (1800).

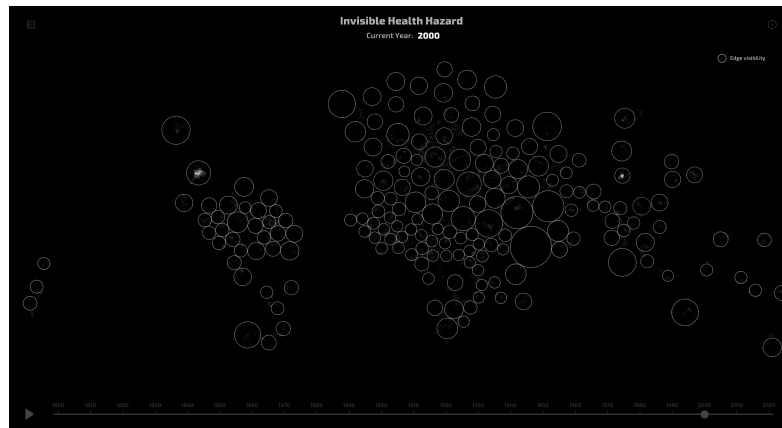


Fig. 9: Modelo de visualização, com *edge visibility* ativo (2000).

Os dados de cada país são mostrados quando o cursor é posicionado sobre o mesmo. Deste modo é possível analisar os valores numéricos associados à representação visual dos dados. Esta funcionalidade pode ser observada na Figura 10, que mostra os valores dos dados recolhidos em Portugal, no ano 2000.



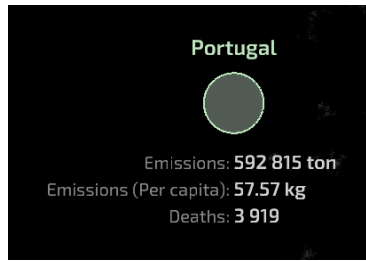


Fig. 10: Valores registados em Portugal (2000).

Para alterar o ano apresentado foi desenvolvida uma linha temporal que permite ao utilizador iniciar ou pausar uma passagem automática, ao clicar no botão play/pause, assim como posicionar o slider manualmente e escolher o ano que deseja verificar.

Outra funcionalidade diretamente relacionada com esta linha temporal é a possibilidade de seleccionar até dois países para observar a sua evolução ao longo do tempo. Ao clicar num ou dois países, é possível observar a representação dos dados ao longo dos anos, sobre a linha temporal. A Figura 11 mostra o resultado da seleção dos países China e Estados Unidos e a respetiva evolução dos seus dados. Esta figura permite-nos observar que os Estados Unidos começaram a emitir um número elevado de poluentes atmosféricos cerca de 60 anos mais cedo que a China, mas já se nota um decréscimo nos últimos 10 anos. Ainda nesta visualização, é possível seleccionar um ano de cada país para compará-los numa nova página. Essa página apresenta os artefactos com dimensões superiores e permite-nos comparar os dados de dois países no mesmo ano ou em anos diferentes, assim como comparar os dados do mesmo país em anos diferentes, tanto visualmente através dos artefactos, como com a informação textual. A Figura 12 apresenta os dados de Portugal e China, em 2010.



Fig. 11: Linha temporal com a evolução dos dados.

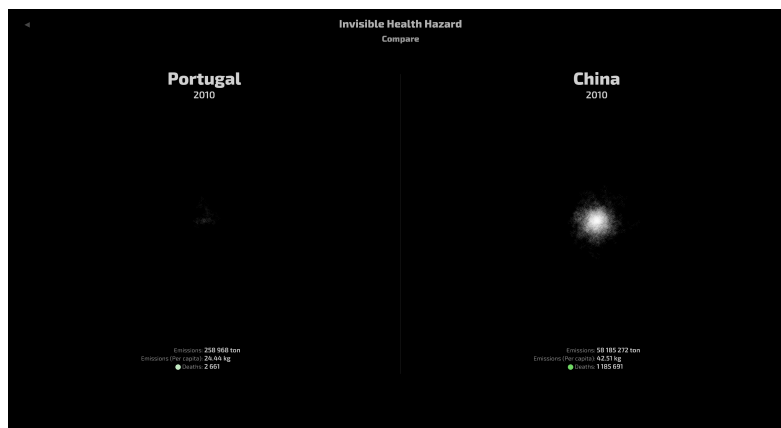


Fig. 12: Página de comparação com os dados de Portugal e China (2010).

## 4 Discussão e Trabalho Futuro

A fase de pesquisa de dados revelou-se mais longa do que o previsto porque era muito importante encontrar dados com um grande período de tempo disponível, afinal a visualização depende do conjunto de dados. Felizmente consegui recolher dados relacionados com as emissões de poluentes atmosféricos desde 1750, ao contrário dos dados relacionados com as mortes associadas a este problema, apenas desde 1990. Considero que com este curto período de tempo não é possível tirar tantas conclusões como seria idealmente com os dados relativos ao período em que não havia tanta poluição atmosférica no mundo, até meados de 1900.

Relativamente ao desenvolvimento técnico do modelo de visualização, este apresenta algumas limitações. A geração de partículas em cada país influencia negativamente a performance do trabalho. Tive de reduzir o número de partículas máximo a ser gerado e isso tem impacto na visualização dos dados. Acredito que este projeto perdeu algum valor com este decréscimo no número de partículas gerado, mas infelizmente, depois de algumas tentativas, ainda não consegui desenvolver uma alternativa para solucionar este problema. A representação dos dados das mortes associadas à poluição atmosférica também não foi implementada da forma desejada, devido a preocupações com outros problemas técnicos inesperados e uma consequente falta de tempo. A ideia seria com base nos valores dos dados surgirem “bolhas” misturadas com as partículas de cada país, como se estivéssemos a observar o desenvolvimento de uma doença tóxica estimulada pelos valores das emissões de poluentes.

Portanto, o meu objetivo futuro é trabalhar no sentido de resolver estes problemas e desenvolver o projeto por completo, porque acredito que pode ser relevante na área da visualização de informação e isso deixa-me motivado.

## 5 Conclusões

Este projeto começou com muita indefinição, tanto na definição do conceito teórico como na representação visual dos dados. Depois de definir o tema a abordar, a sua relevância tornou a importância da visualização dos dados ainda mais evidente. Através da criação deste modelo de visualização, não só cumprimos o objetivo inicial de representar os dados de uma forma visual, como também atingimos um nível em que a visualização se torna uma ferramenta poderosa de consciencialização.

A evolução do projeto ao longo do semestre foi notória e, apesar de tudo o que foi referido na secção anterior, o modelo de visualização criado cumpre o conceito idealizado e as ideias iniciais apresentadas foram superadas.

De um modo geral, este projeto contribuiu muito para o enriquecimento dos meus conhecimentos técnicos, pois utilizei técnicas que nunca tinha experimentado e fui desafiado a resolver problemas inesperados.

Por fim, considero que esta foi uma disciplina valiosa no meu percurso académico.

## References

1. Churro, P.: Creating Climate Awareness through Data-driven Graphic Design and Visualization. <http://hdl.handle.net/10316/102173> (2022), acedido em: 28-10-2023
2. Cruz, P.: UN/BIASED. <http://hdl.handle.net/2047/D20213281> (2016), acedido em: 03-11-2023
3. Cruz, P., Machado, P.: Visualizing Empires Decline. <https://pmcruz.com/works/visualizing-empires-decline.html> (2010), acedido em: 02-11-2023
4. Health and Environment Alliance: Poluição atmosférica, normas sanitárias e de qualidade do ar na União Europeia. <https://bit.ly/3MxviMY> (2022), acedido em: 02-11-2023
5. Onformative: Growing Data. <https://onformative.com/work/growing-data/> (2011), acedido em: 04-11-2023
6. Our World in Data: Emissions of air pollutants. <https://bit.ly/473150g> (2021), acedido em: 27-10-2023
7. Our World in Data: Exposure to air pollution with fine particulate matter. <https://bit.ly/4683oxN> (2021), acedido em: 27-10-2023
8. P5js. <https://p5js.org/>, acedido em: 01-01-2024
9. Serviço Nacional de Saúde: OMS — Poluição atmosférica. <https://www.sns.gov.pt/noticias/2018/05/02/oms-poluicao-atmosferica/> (2018), acedido em: 04-11-2023
10. World Health Organization: WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228> (2021), acedido em: 02-11-2023
11. World Health Organization: Ambient air pollution attributable deaths. <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-deaths> (2022), acedido em: 27-10-2023
12. World Health Organization: Air pollution: The invisible health threat. <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/air-pollution-the-invisible-health-threat> (2023), acedido em: 27-10-2023