

Ampliando perspectivas: decisões de design em visualizações de dados sobre sustentabilidade

Ampliando perspectivas: decisiones de diseño en visualizaciones de datos sobre sostenibilidad

Broadening perspectives: design decisions in data visualizations on Sustainability

Jefferson Carneiro, Claudio Esperança, Doris Kosminsky

Visualizações de dados, sustentabilidade, práticas

Este artigo descreve a criação de uma visualização de dados sobre o índice de sustentabilidade das capitais brasileiras, validada pelo levantamento sistemático de 30 visualizações sobre sustentabilidade ambiental, selecionadas entre mais de 4.500 trabalhos da premiação Information is Beautiful (2013-2023). A análise quantitativa identificou padrões comuns em visualizações de especialistas, destacando práticas convergentes e divergentes entre estáticas e interativas. Os resultados validam o trabalho desenvolvido e oferecem referências para a criação de visualizações, especialmente para estudantes iniciantes.

Visualizaciones de datos, sostenibilidad, prácticas

Este artículo describe la creación de una visualización de datos sobre el índice de sostenibilidad de las capitales brasileñas, validada mediante un levantamiento sistemático de 30 visualizaciones sobre sostenibilidad ambiental, seleccionadas entre más de 4.500 trabajos del premio Information is Beautiful (2013–2023). El análisis cuantitativo identificó patrones comunes en visualizaciones de expertos, destacando prácticas convergentes y divergentes entre las estáticas e interactivas. Los resultados validan el trabajo desarrollado y ofrecen referencias para la creación de visualizaciones, especialmente para estudiantes principiantes.

Data visualizations, sustainability, practices

This article describes the creation of a data visualization on the sustainability index of Brazilian capitals, validated through a systematic survey of 30 visualizations on environmental sustainability, selected from over 4,500 entries in the Information is Beautiful awards (2013–2023). The quantitative analysis identified common patterns in expert visualizations, highlighting convergent and divergent practices between static and interactive ones. The results validate the developed work and provide references for creating visualizations, especially for beginner students.

1 Introdução

No cotidiano, somos envolvidos por dados. Produzimos dados em todas as nossas atividades: quando acordamos, por onde andamos e com quem falamos, tudo é registrado, colaborando para a tomada de decisões pessoais e de grandes empresas (Sarioguz & Miser, 2024). Com o objetivo de facilitar a compreensão e propiciar análises, são criadas visualizações de dados, que os apresentam em representações visuais (Giannella & Medeiros, 2015).

Em busca de expandir suas habilidades como designer, o primeiro autor deste artigo participou de um curso intensivo para aprender os princípios das visualizações de dados e seu desenvolvimento. Ao fim das aulas, em um curto período, foi desenvolvida uma visualização de dados do índice de sustentabilidade das capitais brasileiras. Pelo pouco tempo empregado na atividade, foram levantados questionamentos entre os quais destacam-se a adequação da diagramação, as geometrias selecionadas, a forma de variação dos valores das dimensões, bem como a pertinência e a implementação da interatividade. Sendo assim, foram buscados trabalhos similares desenvolvidos por especialistas, para entender que práticas eram utilizadas por designers mais experientes na criação de visualizações de dados sobre sustentabilidade ambiental, de forma a propiciar uma comparação com o trabalho desenvolvido ao final do curso.

Portanto, este artigo aborda as diversas etapas do desenvolvimento da visualização de dados do autor, desde a escolha dos dados e experimentações por meio de rascunhos até as últimas iterações necessárias. Além disso, o estudo apresenta um levantamento sistemático de visualizações desenvolvidas por especialistas, abordando dados relacionados à sustentabilidade ambiental. Para isso, foram selecionadas 30 visualizações dentre mais de 4.500 trabalhos aprovados na *longlist*¹ da premiação *Information is Beautiful*² entre os anos de 2013 e 2023. Este estudo busca ampliar as perspectivas de um iniciante ao avaliar suas decisões com base em práticas de especialistas, identificando padrões que podem orientar designers em formação a evitar equívocos comuns e a adotar soluções alinhadas a referenciais consolidados na área.

2 Metodologia

Esta seção descreve o processo percorrido durante o desenvolvimento de uma visualização produzida na disciplina de visualização de dados criativa do curso de mestrado em design ofertado pelo PPGD/UFRJ, que ocorreu em formato intensivo ao longo de treze encontros. Ao

¹ A *longlist* é uma lista de trabalhos capazes de concorrer como melhor do ano, aprovados por dois dos três jurados que avaliam a inscrição. O júri é formado por professores, profissionais da área e vencedores de edições passadas da premiação.

² O *information is beautiful awards* é uma premiação, online, que acontece desde 2012 com o objetivo de premiar a excelência na visualização de dados. Recentemente começou a ser apresentada pela *Data Visualization Society*, famosa comunidade de especialistas de visualização de dados na internet.

longo do curso, foram ministradas aulas buscando desenvolver o conhecimento histórico e teórico sobre o campo, além de técnicas para o desenvolvimento prático de visualizações. O projeto final da disciplina foi realizado em cerca de dez dias e seguiu uma metodologia iterativa. Foi iniciado pela busca, seleção e normalização dos dados selecionados. Em seguida, foram produzidos rascunhos, a partir dos quais foram tomadas decisões de design em encontros com os orientadores. Embora tenham sido adquiridos conhecimentos sobre os conceitos essenciais para a criação de visualizações, o curto período para a execução do projeto, somado à falta de experiência, levantou dúvidas quanto à qualidade do trabalho produzido.

Diante disso, acreditamos que uma forma de sanar as inseguranças seria estudar nossos questionamentos em outros trabalhos, ampliando, assim, as perspectivas além do conhecimento atual, que se mostrou insuficiente para esclarecer nossas dúvidas. Portanto, optou-se por realizar um levantamento de visualizações semelhantes.

O primeiro passo foi definir uma base de dados relevante e coerente com nossa pesquisa. Inicialmente, o levantamento de referências seria realizado com base nos gráficos disponíveis no site *Information is Beautiful*. No entanto, observou-se que a maioria das visualizações era desenvolvida por um único designer, o que tende a resultar em uma abordagem homogênea, seguindo um mesmo estilo e linha de pensamento. Isso pode limitar a diversidade de perspectivas e soluções visuais, essenciais para uma validação adequada. Portanto, optou-se por fazer um levantamento entre as submissões da premiação *Information is Beautiful Awards* anualmente desenvolvida pelo site, que abrange inúmeros designers e conta com um júri de especialistas.

Na etapa posterior, definimos o recorte da busca dentro da base de dados, incluindo apenas os trabalhos aprovados para a *longlist*. Em seguida, estabelecemos os critérios de seleção e de exclusão dos trabalhos a serem considerados para a análise, que assim como as outras etapas do levantamento, serão melhor detalhados na seção 4. Por último, foi realizada uma filtragem entre os mais de 4.500 trabalhos disponíveis em 5 etapas: (1) Leitura de todos os títulos (2) Revisão do conteúdo a partir de leitura da descrição dos trabalhos, (3) Possibilidade de acesso à obra, (4) Classificação dos trabalhos entre as categorias: vídeo, scrollytelling, infográfico, dashboard, mapa interativo, visualização estática e visualização interativa e (5) Seleção dos trabalhos identificados como visualizações estática ou interativa. Por fim, chegou-se a uma lista de 30 obras consideradas relacionadas à nossa.

O levantamento por visualizações similares, descrito na seção 4, teve como objetivo realizar uma análise quantitativa de padrões de design presentes em trabalhos de especialistas, submetidos a observação detalhada dos gráficos, figuras, visualizações, textos informativos e legendas, a fim de identificar possíveis melhorias tanto em nosso projeto quanto em visualizações futuras com base em padrões encontrados nos trabalhos analisados. Por fim, são apresentadas as semelhanças e diferenças entre o trabalho apresentado por nós e os dados quantitativos das visualizações de especialistas, bem como as conclusões sobre os resultados obtidos.

3 Desenvolvendo a visualização de dados

Para o desenvolvimento do projeto, foram selecionados os dados do índice de sustentabilidade de limpeza urbana das capitais brasileiras, elaborado pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2024). A composição dos dados utilizados para o projeto é apresentada de forma resumida na Tabela 1. Ao todo, são vinte e sete capitais, que, em termos técnicos, são chamadas de categorias, organizadas nas linhas da tabela. Cada uma das cidades conta com cinco dimensões, termo utilizado para designar o campo que armazena determinada informação da categoria, aqui organizadas nas colunas: População e os índices de sustentabilidade de cada cidade, sendo estes engajamento municipal, sustentabilidade financeira, recuperação dos resíduos coletados e impacto ambiental.

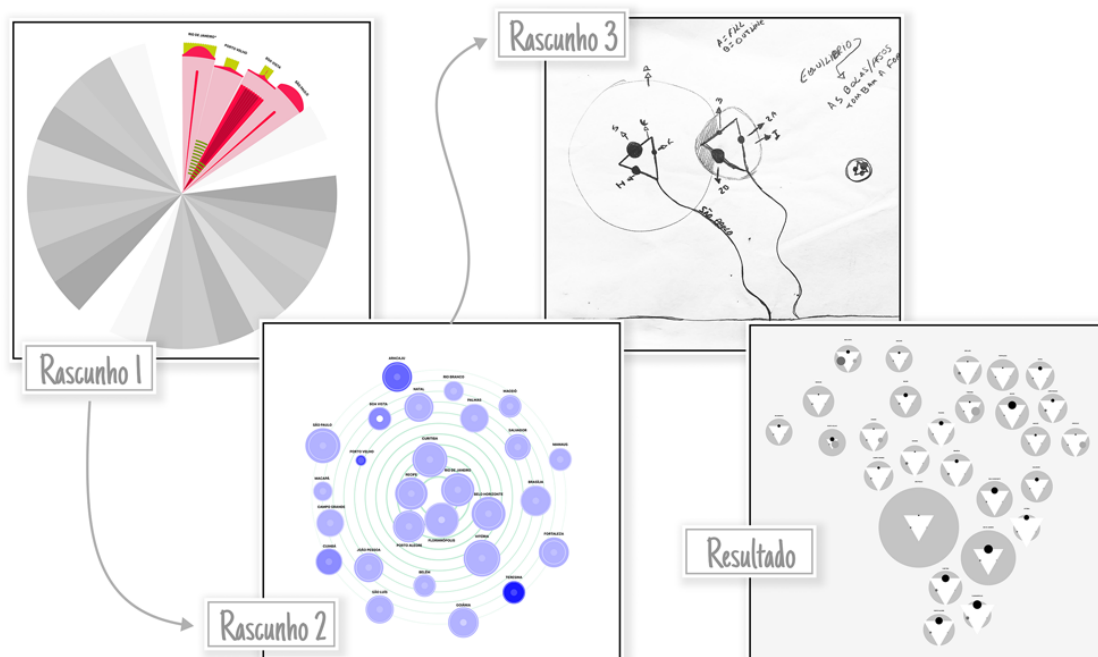
Tabela 1: Exibe os dados de cinco das vinte e sete capitais utilizadas na visualização.

Capital	População	Engajamento Municipal	Sust. Financeira	Recup. dos Resíduos	Impacto Ambiental
Boa Vista	470.169	0.835	0.294	0.162	0.294
Porto Velho	460.434	0.756	0.410	0.001	0.557
Rio de Janeiro	6.211.223	0.874	1.000	0.012	0.000
São Paulo	11.451.999	0.874	0.000	0.009	0.000
Teresina	866.300	0.829	0.050	0.002	0.671

Em uma mesma dimensão, a discrepância entre os valores de categorias diferentes pode dificultar a compreensão dos dados a serem representados. Por isso, a primeira etapa consistiu na normalização dos dados, processo que ajusta os valores a uma escala, geralmente entre 0 e 1, facilitando a comparação e a interpretação das diferenças entre eles (Han et al., 2012).

Em seguida, na etapa de exploração, foram experimentadas formas de representar as dimensões. Buscou-se encontrar uma representação adequada, com um tamanho que permitisse compreender os dados de cada cidade e fazer a comparação entre suas próprias dimensões e as de outras capitais.

Figura 1: Progresso de rascunhos da visualização



No primeiro esboço, que assim como os demais do processo é exibido na figura 1, considerou-se que uma visualização circular seria a mais adequada para a comparação entre as categorias. Além de posicioná-las lado a lado, a borda circular permitiria uma melhor compreensão das cidades que atingissem o índice máximo. Contudo, a quantidade de dimensões analisadas inviabilizou a distribuição de todas elas de forma legível, uma vez que o espaço disponível era insuficiente para acomodar tantas informações. Diante disso, foi necessário buscar alternativas, o que resultou no segundo rascunho.

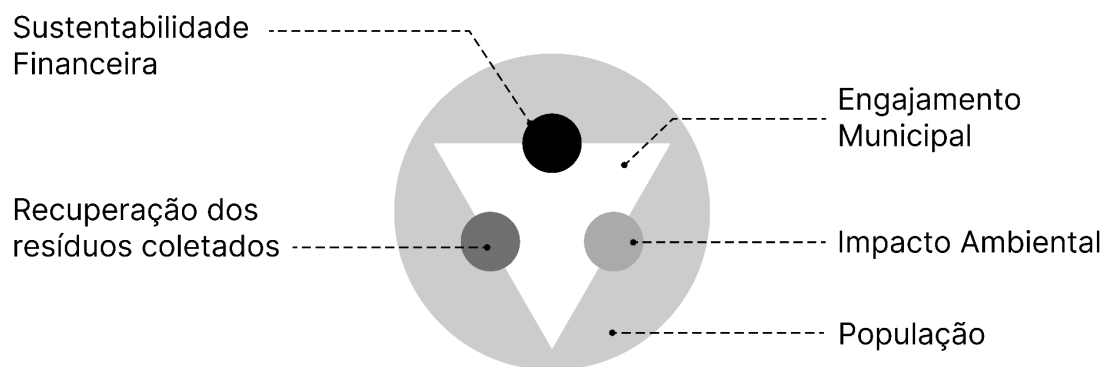
Nessa versão, priorizou-se a disposição das categorias em espaços livres, de modo que pudessem ser explorados tamanhos diferentes para cada uma, sem restrições de espaço. Ainda assim, o objetivo central manteve-se focado na visualização circular, que, dessa vez, utilizava a distância do centro como escala para uma das dimensões. No entanto, como a variação dos valores foi representada por meio da transparência dos círculos, percebeu-se que a compreensão e a comparação das dimensões tornaram-se confusas.

Por acreditar que o computador, enquanto ferramenta, poderia limitar a criatividade, optamos por experimentar uma abordagem diferente: a exploração de rascunhos no papel. Acreditávamos que, ao desenvolver a criatividade de forma mais livre e menos precisa, haveria a possibilidade de surgirem ideias melhores. Assim, chegamos ao rascunho 3, do qual derivaram os principais elementos que guiaram o desenvolvimento da visualização.

Como pode ser visto na figura 2, mantivemos um triângulo e vários círculos para representar as dimensões das categorias. Além disso, as dimensões foram separadas em grupos, aquelas em que havia sentido a comparação direta são representadas por círculos na mesma escala.

Diferentemente do rascunho anterior, neste momento evitamos o uso de cores ou transparências, optando por expressar a variação dos valores por meio do tamanho das formas geométricas.

Figura 2: representação dos dados das capitais a partir do esboço desenvolvido



Outros elementos foram descartados por criarem um excesso de códigos visuais, buscando-se uma simplificação para facilitar a interpretação do leitor. Durante essa etapa, os dados foram representados de acordo com a escala normalizada, e a visualização começou a se formar. Com isso, foram testadas algumas disposições. Optou-se por posicionar as cidades de forma que a composição da visualização remetesse ao mapa do Brasil. O intuito foi facilitar a localização dos estados pelos leitores, devido à semelhança com o mapa real, como sugere Barreto et al. (2018). O resultado dessa etapa é ilustrado pela última imagem da figura 1 (resultado).

A etapa seguinte consistiu em um processo iterativo de melhorias, até que se chegasse à versão final da visualização. A Figura 3 demonstra a maioria das modificações que serão mencionadas ao longo de todo o processo. Foram adicionados elementos para aprimorar a leitura e a compreensão das informações. Os nomes das cidades foram dispostos de maneira legível, conectados a cada uma delas, permitindo que fossem identificadas sem confusão com as demais. Entre quatro combinações experimentadas, optou-se por uma paleta de cores cuja prioridade era distinguir os elementos e manter sua visibilidade, mesmo em variações nos tamanhos menores.

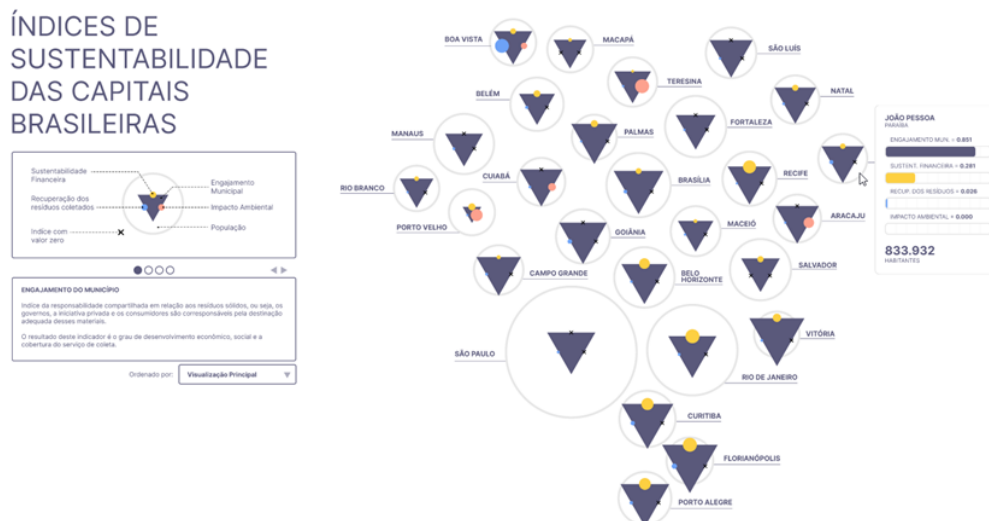
Figura 3: melhorias realizadas durante o processo iterativo



Durante esses processos, percebeu-se que a adição de interatividade contribuiria positivamente para complementar as informações, como sugerido por Shneiderman (2003), aumentando o acesso a dados específicos quando necessário, sem prejudicar a compreensão da visão geral. Portanto, foi incluído um pop-up que se abre ao passar o mouse sobre uma cidade, exibindo detalhes adicionais disponíveis para cada uma, como os valores numéricos de cada dimensão. Outra mudança relevante foi a escolha de uma representação diferente para dimensões com valor nulo, optando-se pela utilização de um símbolo em formato de "X". Dessa forma, é perceptível para o leitor a diferença entre as dimensões com valores muito pequenos e aquelas com valores zerados. Para traduzir essa e outras informações ao leitor, foi adicionada uma legenda que identifica os elementos visuais contidos nas categorias.

Por fim, foram desenvolvidas outras páginas com novas disposições das categorias, permitindo ao leitor a opção de visualizar os dados com base nos valores crescentes de cada dimensão das capitais. Além disso, foram adicionados elementos textuais que explicam o significado de cada uma das dimensões. O protótipo resultante (Figura 4) pode ser acessado através do link: <https://bit.ly/3Qcu0YY>.

Figura 4: resultado após todas as etapas na criação da visualização de dados.



Ao final das etapas apresentadas, foi possível compreender melhor os dados e entender os conceitos necessários para a criação de uma visualização. Porém, ainda havia dúvidas sobre o que poderia ser aprimorado.

4 Levantamento de similares

Em busca de trabalhos semelhantes, que trouxessem informações a respeito das representações gráficas em visualizações desenvolvidas por especialistas, decidiu-se por fazer um levantamento dos projetos presentes na *longlist* do prêmio *Information is Beautiful* com dados relacionados à sustentabilidade, entre os anos de 2013 e 2023. Para tanto, nos baseamos em diretrizes para revisão sistemática (dos Santos, 2018). Este recorte contou com mais de 4.500 trabalhos. Portanto, foi necessária uma filtragem para determinar os trabalhos que seriam considerados. Foram utilizados os critérios presentes na tabela 2.

Tabela 2: Critérios de Inclusão

Critérios de Inclusão	Exemplos	Exceções
Práticas sustentáveis ou insustentáveis ambientalmente.	Emissão de Gases, Reciclagem, Desperdício de Comida, Descarte de Resíduos, Incêndios Florestais, Consumo de Energia e Índice de adoção de energias renováveis.	Descarte de resíduos que entram em órbita, são feitos no espaço ou correm o risco de retorno na atmosfera posteriormente.

Indicadores de sustentabilidade de cidades ou práticas.	Lista de cidades mais sustentáveis, indicadores de uso de energias de cidades, etc.	
Indicadores de Recursos Finitos	Água potável, minérios, combustíveis fósseis, etc.	Exceto em contexto de guerra ou eventos e situações particulares num período ou parte da sociedade. Por exemplo: disponibilidade de água na universidade.

Porém, a sustentabilidade ambiental é um tema que muitas vezes se relaciona com outros assuntos com grandes dimensões e impactos, gerando visualizações e materiais focados em suas consequências e não propriamente nas práticas sustentáveis, por isso foram criados também critérios de exclusão, com o intuito de manter o foco apenas em assuntos de relevância para o tema. Dessa forma, os critérios de exclusão adotados estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Critérios de exclusão

Critérios de Exclusão	Exemplos	Exceções
Consequências das práticas	Mudanças climáticas, aumento de temperatura, medições de poluição, extinção ou preservação de animais, reflorestamento ou desmatamento.	Poluição das águas derivadas de plástico, onde há uma intersecção de recurso finito, material insustentável e descarte de resíduo irregular.
Relatórios econômicos ou relacionados a custo de instalação, manutenção ou utilização de tecnologia e valores de mercado.	Histórico de cotação de créditos de carbono.	
Conteúdo em idiomas não fluentes pelo pesquisador (português e inglês).	Alemão, mandarim, russo, etc.	Obras da Federica Fragapane, artista italiana, referência inicial para a visualização desenvolvida.
Fisicalizações de Dados	Obras físicas, que devido ao prêmio ser online, só dispõem de fotos.	

Uma vez com os critérios adotados, foi possível aplicar filtros na lista de entradas³ coletadas, entre 13/12/2024 e 17/12/2024, com o intuito de alcançar aquelas enquadradas nos critérios supracitados. Aqui, todo e qualquer material que consta na *longlist*, independente de sua classificação, foi considerado uma entrada. Assim sendo, as etapas e os resultados podem ser consultados na tabela 4.

Tabela 4: Etapas e resultados das filtrações

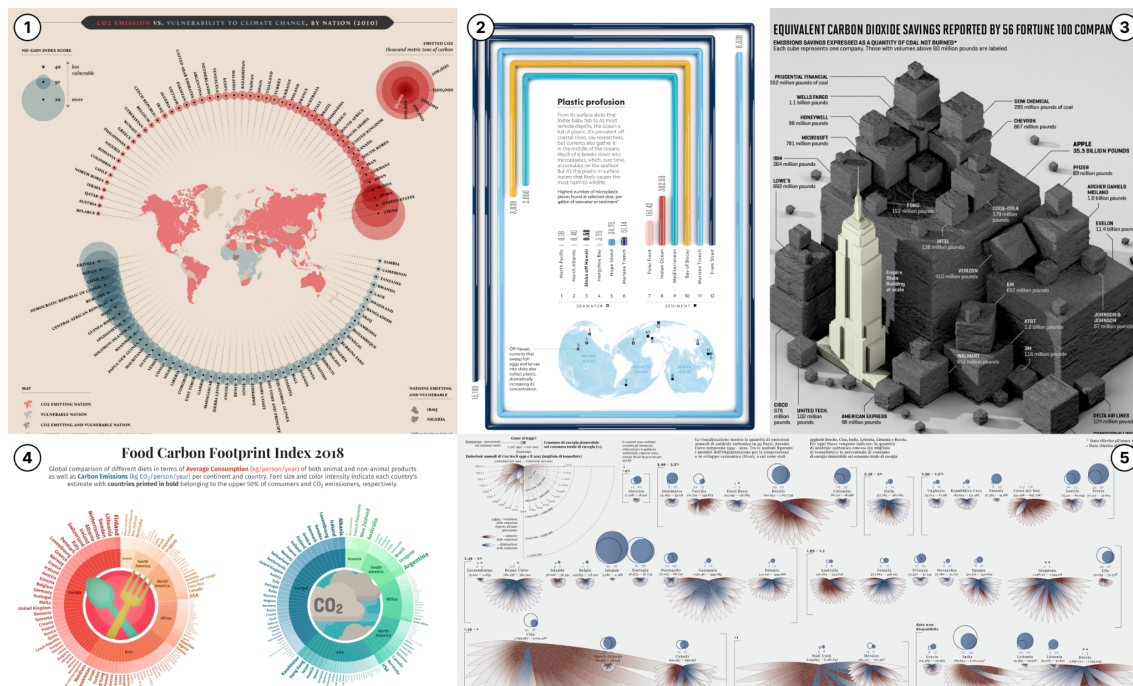
Filtro	Descrição	Entradas
Etapa 1	Foram adicionados todos os trabalhos selecionados.	4547
Etapa 2	Leitura de todos os títulos, buscando coerência com os critérios necessários. As entradas foram marcadas com: sim , o título aborda diretamente os critérios; talvez , o título não é claro e pode abordar os critérios; não , o título aborda assuntos não relacionados. Entradas contendo títulos marcados com sim e talvez avançaram para o próximo filtro.	233
Etapa 3	Revisão de conteúdo, baseada na leitura das descrições de todas as entradas, verificando se, além dos títulos, o material atende realmente aos critérios exigidos.	115
Etapa 4	Análise de disponibilidade, verificando se o material estava disponível em seu estado original e nos idiomas inglês ou português.	91
Etapa 5	Classificação de todas as entradas disponíveis entre as categorias: Vídeo, Scrolltelling, Infográfico, Dashboard, Mapa Interativo, Visualização Estática e Visualização Interativa.	91
Filtro Final	Seleção das entradas identificadas como Visualização Estática ou Visualização Interativa. Definições que mais se assemelham a visualização utilizada como referência para os critérios.	30

A seguir, a Figura 5 exibe algumas das 30 visualizações selecionadas para serem analisadas. (1) *Emissions v. Vulnerability* (Pellegrini & Newhook, 2015), apresenta os países que mais emitem CO2 e os mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas, (2) *Plastic Profusion* (López et al., 2019), representa a quantidade de microplástico encontrado no mar em diferentes lugares do planeta, (3) *Emissions change starts at the top* (Rapp, 2017), compara o tamanho do edifício Empire States com a quantidade de dióxido de carbono que as principais empresas evitaram de emitir, (4) *Food Carbon Index Footprint 2018* (Scherer, 2022), relaciona o consumo médio de comida em várias nações com a quantidade de carbono emitido por cada uma, (5) *Carbon Dioxide Emissions and renewable energy* (Fragapane, 2016), faz um paralelo entre a emissão de CO2 e o uso de energia renovável de diversos países.

³ Plataformas, ferramentas e materiais também são valorizados pela premiação, por isso o termo adotado é *entrada*, tradução do termo utilizado pela premiação para os aprovados pelos jurados a concorrer ao prêmio.

Além disso, todas as entradas iniciais e a visualização de cada filtro podem ser encontradas online através do link <https://bit.ly/4iC36G6>.

Figura 5: Exemplos de Visualizações selecionadas para análise. Fonte: Dados da pesquisa



O próximo passo consistiu na definição dos elementos e características gráficas a serem quantificados. Foram identificados 61 elementos, cujo processo de catalogação ocorreu de forma iterativa: à medida que as visualizações eram examinadas, novos elementos eram reconhecidos, influenciando a observação e análise das demais. Dessa forma, a coleta de dados tornou-se um processo dinâmico e reflexivo, em que a identificação de padrões em uma visualização contribuía para a detecção de elementos nas subseqüentes. As visualizações foram divididas em dois grupos, estáticas e interativas, buscando evidenciar convergências e divergências apresentadas entre os grupos. Os dados coletados de todas as visualizações, junto com os padrões identificados a serem apresentados em seguida, podem ser conferidos por meio das figuras 6, 7 e 8.

Figura 6: Padrões de Visualizações do *Information is Beautiful Awards* - Parte 1

#	Nome	Tipo	Ano	VISUALIZAÇÃO					QUANTIDADE						
				FORMATO											
				PERSONALIZADO	LINHAS	BARRAS	CIRCULAR	MAPA	RETANGULAR	1	2	3	4	5+	
1	Emissions v. Vulnerability	ESTÁTICAS	2015				✓	✓		✓					
2	How Each State Generates Power		2015						✓		✓				
3	Carbon Dioxide Emissions and renewable energy		2016	✓								✓			
4	Emissions change starts at the top		2017	✓							✓				
5	Geothermal Heat		2018			✓	✓					✓			
6	Rivers of Plastic		2018	✓							✓				
7	Can Humans Live Well Without Pillaging the Planet?		2018				✓					✓			
8	Plastic Profusion		2019			✓			✓	✓	✓				
9	Global raw material supply		2022							✓	✓				
10	Water consumption (1)		2022			✓					✓				
11	Food Carbon Footprint Index 2018		2022				✓					✓			
12	Plastic Packaging Waste		2022							✓		✓			
13	How European Countries Generated Electricity in 2018		2022	✓							✓				
14	The world is on fire		2022			✓					✓				
15	Carbon in Context		2022		✓						✓				
16	The Energy Ecosystem		2022	✓								✓			
17	Water consumption (2)		2022			✓					✓				
18	CO2 balance on the planet (2020)		2023				✓							✓	
19	Plastic Carrier Bags		2023							✓	✓				
Soma dos critérios				5	1	5	5	2	5	8	9	1	1	0	
20	Wildfires in California	INTERATIVAS	2018		✓	✓				✓					
21	The UK Energy Landscape		2019						✓	✓	✓				
22	Energy Usage At 10 Downing Street		2019						✓			✓			
23	Britain's Coal Free Record		2019						✓			✓			
24	Primary Energy Consumption		2022						✓			✓			
25	Champions of Renewables Energies		2022	✓					✓			✓			
26	Europe's Electricity Generation in 2020		2022			✓					✓				
27	CO2 emissions in cities		2022				✓					✓			
28	Leading the Charge to a More Sustainable World		2023						✓					✓	
29	Waste World		2023						✓						✓
30	Digging for Clean Water		2023	✓							✓				
Soma dos critérios				2	1	2	1	2	5	3	6	0	1	1	
31	Índice de Sustentabilidade das Capitais Brasileiras		2024	✓						✓					
(Visualização do Autor)															

Figura 7: Padrões de Visualizações do *Information is Beautiful Awards* - Parte 2

#	Tipo	COMPONENTES											DIMENSÕES														
		DISTRIBUIÇÃO					ORDENAÇÃO						POR CATEGORIA						PROPRIEDADES								
		LIVRE	LINEAR	RADIAL	GRADE	GEOLOCALIZAÇÃO	ALFABÉTICA	TEMPORAL	VALORES CRESCENTES	VALORES DECRESCENTES	LIVRE	1	2	3	4	5	6+	LINHAS	PONTOS	BARRAS	CÍRCULOS	QUADRADOS/RETÂNGULOS	TRIÂNGULOS	PARTE DE UM TODO	PICTÓRICO / SIMBÓLICO	ABSTRAÇÕES	
1	ESTÁTICAS			✓		✓			✓						✓												
2					✓		✓										✓	✓	✓	✓							
3		✓		✓				✓			✓		✓									✓			✓		✓
4		✓																									
5		✓	✓						✓			✓															
6					✓						✓												✓				
7				✓				✓														✓					✓
8			✓				✓		✓												✓						
9					✓							✓						✓							✓		
10			✓						✓	✓	✓										✓					✓	
11				✓						✓	✓										✓						
12					✓				✓		✓			✓													✓
13						✓						✓			✓								✓				
14			✓						✓											✓							
15			✓							✓								✓									
16			✓									✓		✓							✓					✓	
17			✓									✓		✓						✓						✓	
18				✓							✓	✓					✓			✓						✓	
19					✓				✓		✓			✓							✓					✓	
		4	6	5	5	3	2	5	3	6	8	11	1	2	1	1	3	1	3	6	5	1	0	3	6	3	
20	INTERATIVAS		✓			✓		✓					✓					✓	✓	✓					✓		
21		✓							✓																✓	✓	
22						✓			✓											✓							
23						✓			✓													✓					
24						✓																		✓			
25		✓									✓		✓							✓							
26			✓							✓					✓										✓		
27				✓								✓								✓							
28					✓						✓								✓				✓		✓		
29						✓		✓					✓													✓	
30					✓	✓						✓								✓	✓					✓	
		2	2	1	5	4	2	4	1	2	2	3	0	1	1	0	6	2	1	3	3	2	0	4	3	0	
31						✓					✓					✓					✓		✓				

#	Tipo	VARIÁVEIS								INFORMAÇÕES						
		POSIÇÃO	TAMANHO	FORMA	CORES	SATURACÃO / COROPLÉTICO	TRANSPARENCIA	ESPESSURA	TEXTURA	QUANTIDADE	TÍTULO	LEGENDA EXTERNA	LEGENDA INTEGRADA	TEXTO INTRODUTÓRIO	TEXTO EXPLICATIVO	
1	ESTÁTICAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
		2	14	0	2	3	0	0	0	0	2	17	12	14	13	2
20	INTERATIVAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>											

Padrões Identificados

A análise dos dados coletados revelou a presença de dez padrões predominantes relacionados aos elementos visuais e estruturais das visualizações de dados, tanto estáticas quanto interativas. Esses padrões destacam características particulares e convergências entre os dois tipos de visualizações. A seguir, são detalhados na tabela 5 cada um desses padrões, ilustrados nas figuras correspondentes, para uma compreensão mais aprofundada das características observadas.

Tabela 5: detalhamento dos padrões encontrados na análise dos dados.

Padrões	Observação
Padrão 1 [figura 6]	O formato retangular está presente em quase metade de todas as visualizações interativas. Neste formato, a diagramação e os elementos gráficos formam retângulos, alinhando elementos que formam linhas retas, evitando curvas e apresentando as informações em blocos. Divergindo da variedade presente nas visualizações estáticas.
Padrão 2 [figura 7]	Cerca de 90% das criações contam com no máximo dois componentes disponíveis para serem comparados.
Padrão 3 [figura 7]	A maioria das visualizações estáticas é ordenada por valores decrescentes ou de forma livre, onde os dados não influenciam no posicionamento das categorias. Divergindo das visualizações interativas, onde essas ordenações estão presentes em menos que a metade das visualizações.
Padrões 4 e 7 [figura 7]	Enquanto a grande maioria das visualizações estáticas conta com no máximo uma dimensão por categoria, por outro lado, na maioria das interativas estão presentes seis ou mais dimensões por categoria.
Padrão 5 [figura 7]	Barras, círculos e elementos pictóricos/simbólicos compõem o grupo que representa um terço das propriedades utilizadas em todas as visualizações estáticas.
Padrão 6 [figura 7]	Aproximadamente dois terços das visualizações interativas são distribuídas em grades ou por geolocalização, diferentemente das estáticas, que não apresentam uma distribuição predominante.
Padrão 8 [figura 8]	Uma ampla maioria das visualizações utiliza o tamanho dos elementos para representar os valores dos dados.
Padrão 9 [figura 8]	Nove das onze visualizações interativas contam com a disponibilidade de <i>PopUp</i> ao passar o mouse sobre elementos para revelar ou detalhar informações.
Padrão 10 [figura 8]	Na maioria das visualizações interativas, é possível destacar uma dimensão ou categoria para analisar de forma isolada das demais.

Discussão

De acordo com os padrões de design identificados pela análise quantitativa, visualizações interativas tendem a representar mais dados, devido à grande quantidade de dimensões presentes nas categorias. Com isso, exploram os recursos de interatividade para disponibilizar mais informações e permitir que o usuário destaque elementos a serem visualizados. Como a maioria delas conta com distribuição de categorias em grades ou geolocalização em mapas, apresentam uma tendência a formatos de diagramação retangulares, nos quais as informações e representações se alinham, formando blocos e linhas retas.

Por sua vez, as visualizações estáticas contam, em sua grande maioria, com apenas uma dimensão por categoria e apresentam uma maior variedade de formatos na diagramação e na distribuição dos elementos gráficos. Suas dimensões são representadas principalmente por barras, círculos e elementos pictóricos, diferentemente da maior variedade de elementos encontrada nas visualizações interativas. Além disso, as estáticas seguem um padrão de ordenação, sendo a maioria organizada por valores decrescentes ou de forma livre, oposto ao que acontece com as interativas, que apresentam um equilíbrio na variedade de ordenações encontradas.

Uma das convergências entre ambos os tipos de visualizações, interativas e estáticas, é a quantidade de componentes, com a presença predominante de no máximo dois por visualização. Outra característica comum é a opção de variar as dimensões para representar os valores a partir do tamanho dos elementos, utilizada em mais de 70% das visualizações analisadas.

5 Conclusão

Após o levantamento dos dados e a análise quantitativa, é possível identificar semelhanças entre as visualizações dos especialistas e a visualização desenvolvida que originou este artigo. Entre elas estão a grande quantidade de dimensões e categorias presentes numa visualização interativa, com a ordenação de forma livre para atender às necessidades da diagramação. A utilização de círculos com variação em tamanhos para representação de valores das dimensões e a disponibilização de informações adicionais através de *pop ups* visíveis ao passar o mouse.

Entre as poucas escolhas que não convergem com os padrões de design utilizados pelos especialistas, a que mais se destaca foi a de representar uma das dimensões

utilizando triângulos, forma geométrica não encontrada em nenhuma das visualizações analisadas. Com isso, a fim de responder o questionamento que deu origem a pesquisa apresentada por este artigo, é possível afirmar que várias escolhas convergem com as práticas de profissionais validados por seus pares. O que leva a compreensão de que sim, foi realizado um trabalho de qualidade, apesar de divergências que podem gerar melhorias ao optar por outras escolhas.

Dessa forma, conclui-se que o processo de criação de uma visualização, conforme apresentado, bem como os padrões de design identificados, podem servir como base para a criação de futuras visualizações sobre sustentabilidade ambiental. Embora o número de visualizações analisadas seja limitado, foram identificados padrões consistentes, capazes de evidenciar tendências na escolha de diagramação, quantidade ideal de dimensões, categorias e propriedades mais utilizadas em cada tipo de visualização. Possibilitando auxílio na tomada de decisões e na compreensão de práticas a serem utilizadas ou evitadas.

Por fim, a metodologia utilizada, que levou ao levantamento sistemático de trabalhos criados por especialistas após a finalização do projeto, pode ser replicada em benefício de estudantes iniciantes no campo da visualização de dados.

Referências

- ABREMA. (2024). *Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana*. ABREMA - Associação brasileira de resíduos e meio ambiente. <https://www.abrema.org.br/islu/>
<https://doi.org/10.1016/B978-155860915-0/50046-9>
- Barreto, M., Kosminsky, D., & Esperança, C. (2018). Hexagonal hierarchical cartogram: Towards a thematic map of Brazil. *InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação*, 15(1), 45–62. <https://doi.org/10.51358/id.v15i1.563>
- dos Santos, A. (2018). *Seleção do método de pesquisa: Guia para pós-graduando em design e áreas afins*. Insight Editora.
- Fragapane, F. (2016). *Carbon Dioxide Emissions and renewable energy* [Visualização de dados]. Information is Beautiful Awards. <https://www.informationisbeautifulawards.com/showcase/1278-carbon-dioxide-emissions-and-renewable-energy>
- Giannella, J. R., & Medeiros, R. P. (2015). Visualização de dados: Avanços por pesquisadores brasileiros. *Proceedings of the 7th Information Design International Conference*, 593–602. https://doi.org/10.5151/designpro-CIDI2015-cidi_17
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed). Elsevier/Morgan Kaufmann.

- López, A. L., Williams, R. T., & Trainor, C. (2019). *Plastic Profusion* [Visualização de dados]. Information is Beautiful Awards.
<https://www.informationisbeautifulawards.com/showcase/4192-plastic-profusion>
- Pelegrini, V., & Newhook, E. (2015). *Emissions v. Vulnerability* [Visualização de dados]. Information is Beautiful Awards.
<https://www.informationisbeautifulawards.com/showcase/645-emissions-v-vulnerability>
- Rapp, N. (2017). *Emissions change starts at the top* [Visualização de dados]. Information is Beautiful Awards.
<https://www.informationisbeautifulawards.com/showcase/1944-emissions-change-starts-at-the-top>
- Sarioguz, O., & Miser, E. (2024). DATA-DRIVEN DECISION-MAKING: TRANSFORMING MANAGEMENT IN THE INFORMATION AGE. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*.
<https://doi.org/10.56726/IRJMETs49577>
- Scherer, C. (2022). *Food Carbon Footprint Index 2018* [Visualização de dados]. Information is Beautiful Awards.
<https://www.informationisbeautifulawards.com/showcase/5796-food-carbon-footprint-index-2018>
- Shneiderman, B. (2003). The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. Em *The Craft of Information Visualization* (p. 364–371). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-155860915-0/50046-9>

Sobre os autores

Jefferson Carneiro, Mestrando, UFRJ, Brasil <jefff@ufrj.br>

Claudio Esperança, Dr, UFRJ, Brasil <esperanc@cos.ufrj.br>

Doris Kosminsky, Dra, UFRJ, Brasil <doriskos@eba.ufrj.br>