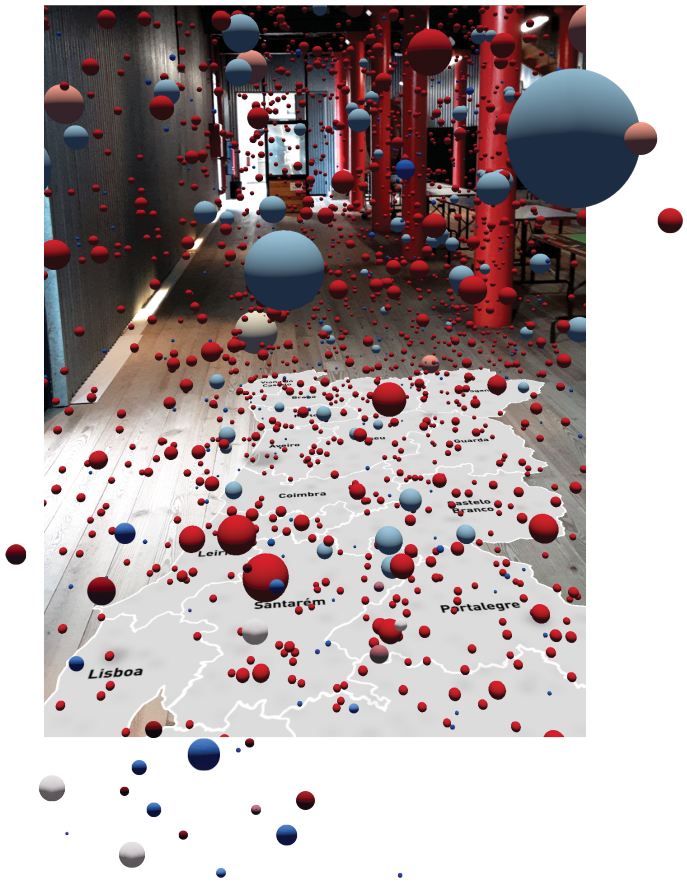
Universidade de Aveiro
2025

Ana Beatriz
Antunes Marques

Narrativa aumentada: contributos da tecnologia da realidade aumentada para o design de informação



Universidade de Aveiro
2025

Ana Beatriz Antunes Marques

Narrativa aumentada: contributos da tecnologia da realidade aumentada para o design de informação

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Design, no Programa Doutoral em Design do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro, realizada sob a orientação científica do Doutor Vasco Afonso da Silva Branco, Professor Catedrático do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro e sob co-orientação do Doutor Rui Carlos Ferreira Cavadas da Costa, Professor Associado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

Apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através da bolsa de doutoramento com a referência SFRH/BD/144937/2019, financiada pelo Programa Operacional do Capital Humano (POCH) – Portugal 2020, comparticipado pelo Fundo Social Europeu (FSE) e pelos Fundos Nacionais do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (MCTES).

O Júri

presidente

Doutora Teresa Maria Fernandes Rodrigues Cabral Monteiro
Professora Catedrática, Universidade de Aveiro

vogais

Doutor Vasco Afonso da Silva Branco (Orientador)
Professor Catedrático Convidado Aposentado, Universidade de Aveiro

Doutora Joana Casteleiro Alves Pitrez Ferreira
Professora Auxiliar, Universidade da Beira Interior

Doutora Ana Raquel de Ponte Figueiras
Professora Auxiliar, Universidade Lusófona

Doutor Ivo Daniel Valente Fonseca
Professor Auxiliar Convidado, Universidade de Aveiro

Doutor Ricardo Manuel Coelho de Melo
Investigador Sénior, Fraunhofer Portugal Aicos

Agradecimentos

Agradeço a todos aqueles que estiveram presentes ao longo deste percurso, contribuindo de alguma forma direta ou indireta para a realização desta investigação. Menciono particularmente algumas pessoas e entidades a quem devo um agradecimento especial, pelo importância do seu contributo.

Aos meus orientadores, ao Prof. Doutor Vasco Branco e ao Prof. Doutor Rui Costa, pela partilha de ideias, pelo apoio, aconselhamento, confiança e empatia ao longo dos últimos quatro anos. À Nina Costa, por todo o apoio e pela enorme generosidade. Ao Francisco Monteiro, pela partilha de conhecimentos de programação.

À FCT e ID+, pelo apoio financeiro e logístico.

Ao Júri, por ter aceitado fazer parte do processo de avaliação desta prova, emprestando o seu conhecimento e experiência para garantir o rigor e a qualidade desta tese.

À minha família, a quem devo tudo.

À Camila, por me mostrar uma nova forma de olhar para o mundo.

Palavras-chave

design de informação, realidade aumentada, narrativa, visualização de dados, espaço híbrido, Design Obs.

Resumo

Com o intuito de transformar dados em informação apropriável, o design de informação tem interpretado e acompanhado a cultura material do seu tempo, utilizando em cada momento os meios tecnológicos ao seu dispor. Desde que se tornou viável tecnologicamente, a realidade aumentada tornou-se relevante enquanto meio expressivo e comunicacional e inaugurou uma forma híbrida de estar no mundo, imiscuindo-se gradualmente na vida quotidiana.

No desenho da informação, a investigação das possibilidades e implicações desta tecnologia, nomeadamente pelo seu potencial imersivo, têm sido abordadas sobretudo do ponto de vista da ciência computacional, e não tanto de um ponto de vista comunicacional e experiencial próprio do design. Assumindo o Design enquanto atividade de mediação cultural da tecnologia, esta investigação explora o potencial da realidade aumentada, na representação de dados, com especial enfoque na construção de narrativas. Assim, procurou-se, por um lado, compreender e qualificar o modo particular como a realidade aumentada conforma o conteúdo, proporcionando uma forma de ver particular, e por outro lado, averiguar eventuais novas possibilidades narrativas introduzidas por esta tecnologia no design de informação.
Esta investigação sobre as possibilidades narrativas assentou metodologicamente na análise comparativa de um conjunto de casos provenientes do jornalismo imersivo – uma área de investigação onde a integração entre narrativa e interatividade é preponderante.

Partindo de uma abordagem metodológica predominantemente baseada na prática, que se traduziu numa sucessão de ensaios práticos, procurou-se estabelecer convergências entre o design de informação e a realidade aumentada, no âmbito específico da representação de dados. Para esse efeito, utilizou-se como campo de aplicação e banco de dados o projeto "Design Obs. – Para um Observatório de Design em Portugal: Modelos, Instrumentos, Representação e Estratégias", iniciado em 2018 com o propósito de desenvolver investigação estratégica sobre o ecossistema do design português.

A criação, implementação e teste de protótipos de aplicações de realidade aumentada, a partir de dados provenientes do Design OBS, permitiu uma reflexão acerca do potencial e das limitações da representação de dados no espaço híbrido, mas sobretudo permitiu explorar estratégias para criação de significado neste meio, tendo em conta as suas qualidades intrínsecas.

Para cumprir o desígnio de facilitar a apropriação da realidade aumentada pelos designers procedeu-se, também, ao mapeamento e ao estudo comparativo de ferramentas de autoria para realidade aumentada que não carecem de conhecimentos prévios em programação computacional, reconhecida como um importante obstáculo à utilização deste "material" como suporte para o design de informação.

Keywords

information design, augmented reality, narrative, data visualization, hybrid space, Design OBS.

Abstract

Information design has consistently interpreted and adapted to the material culture of its time with the goal of transforming data into useable insights, leveraging the available technological tools at each step. As augmented reality became technologically feasible, it emerged as a significant medium for expression and communication. It introduced a hybrid way of interacting with the world, gradually becoming part of everyday life.

When it comes to Information design, theresearch on possibilities and implications of this technology, particularly due to its immersive potential, has primarily been approached from a computer science perspective rather than a communicational and experiential standpoint, customarily addressed by design. Considering design as a cultural mediator of technology, this research investigates the potential of augmented reality in data representation, with a focus on storytelling. Therefore, our aim is both to understand and assess how augmented reality distinctively shapes content by providing a unique mode of perception and to explore the new narrative possibilities it may introduce into information design. This research into narrative possibilities relied methodologically on a comparative analysis of a set of cases from immersive journalism – a field where the integration of narrative and interactivity is paramount.

Adopting a predominantly practice-based methodological approach, expressed through a series of practical trials, this research sought to establish convergences between information design and augmented reality, particularly in the context of data representation. For this purpose, the project “Design OBS. – Towards a Design Observatory: models, instruments, representations and strategies”, which was initiated in 2018 with the aim of developing strategic research on the Portuguese design ecosystem, was used as the application field.

The creation, implementation and testing of augmented reality application prototypes, using data from Design OBS, allowed us to reflect on the potential and limitations of data representation in the hybrid space, but it also mainly allowed us to explore strategies for creating meaning in this medium, taking into account its intrinsic qualities.

To promote the appropriation of augmented reality by designers, this research also includes a mapping and comparative analysis of authoring tools that support augmented reality. These tools are specifically selected for not requiring prior knowledge of computer programming, which has been recognized as a significant obstacle to the use of this “material” as a medium for information design.

reconhecimento do uso de ferramentas IA

Reconheço o uso de *ChatGPT-4* (*Open AI, https://chat.openai.com*) para rever o rascunho final do documento e a utilização do *Office365* (*Microsoft, https://www.office.com*) para a escrita do texto.

Índice

Capítulo 1. Introdução **34**

1.1. O problema e a sua relevância **34**
1.2. Objetivos **43**
1.3. A abordagem metodológica **44**
1.4. Estrutura da dissertação **46**

Capítulo 2. Enquadramento Teórico **48**

2.1. Sobre o Design de Informação **49**
2.1.1. Do Design de Informação à Visualização de Dados **54**
2.1.2. A apropriação tecnológica pelo Design de Informação **58**
2.2. Sobre a Realidade Aumentada **64**
2.2.1. Definição e Taxonomia **64**
2.2.2. A Realidade Aumentada enquanto meio **71**
2.2.3. Breve contextualização histórica da Realidade Aumentada **73**
2.2.4. Alguns campos de aplicação **79**
2.3. Design de Informação e Realidade Aumentada **85**
2.3.1. O panorama da investigação na área da *Immersive Analytics* **90**
2.3.2. O papel do Design 92

Capítulo 3. Um Roteiro de Ensaios e Experiências **96**

3.1. Introdução **96**
3.1.1. Motivação **96**
3.1.2. O carácter exploratório do Design como abordagem à investigação **97**
3.1.3. O projeto Design OBS como banco de ensaio **99**
3.1.4. Os momentos essenciais **100**
3.2. Explorando a Realidade Aumentada no Design de Informação (Ensaio I) **104**
3.2.1. A seleção de *Figurative Map* **104**
3.2.2. Reinterpretações de *Figurative Map* **106**
3.2.3. Relações semânticas entre o Real e o Virtual **114**
3.2.4. Discussão dos Resultados do Ensaio **117**

3.3. A combinação da fisicalização com a Realidade Aumentada (Ensaio II) **118**
3.3.1. Incorporação de dados em objetos físicos **121**
3.3.2. Realidade aumentada para visualização de dados **124**
3.3.3. A relação com o projeto Design OBS **125**
3.3.4. Metodologia **127**
3.3.5. O surgimento de GRAC **128**
3.3.6. Combinando a fisicalização com realidade aumentada **132**
3.3.7. Testes com utilizadores e reflexões sobre o GRAC **139**
3.3.8. Discussão de resultados do ensaio **141**

3.4. A visualização de dados no espaço híbrido (Ensaio III) **142**
3.4.1. Imersividade e espaço híbrido **143**
3.4.2. Metodologia **145**
3.4.3. *Floating Companies* (FLOC) **147**
3.4.4. Síntese **154**
3.4.5. Orientações para o Design **158**
3.4.6. Conclusões **160**

3.5. Discussão dos Resultados **162**

Capítulo 4. A Visualização Narrativa no Espaço Híbrido **166**

4.1. Narrativas para o espaço híbrido **169**
4.1.1. Introdução **169**
4.1.2. Visualização de dados, interatividade e paradoxo narrativo **171**
4.1.3. Metodologia **174**
4.1.4. Resultados **177**
4.1.5. Discussão **196**
4.1.6. Conclusões **198**

4.2. A visualização de dados no espaço híbrido e a narrativa (Ensaio IV) **199**
4.2.1. Introdução **199**
4.2.2. Metodologia **209**
4.2.3. Resultados **212**
4.2.4. Discussão **218**

4.3. Representação de dados com ferramentas
de realidade aumentada *no-code* (Ensaio V) **222**
4.3.1. Introdução **222**
4.3.2. Processo de Desenvolvimento de Floating Companies (FLOC) **224**
4.3.3. Infografia, visualização de dados e ferramentas de autoria para RA **225**
4.3.4. Questão de Investigação **230**
4.3.5. Metodologia **230**
4.3.6. Resultados **233**
4.3.7. Discussão **245**
4.3.8. Conclusões **246**

4.4. Discussão dos resultados **247**

Capítulo 5. Conclusões **254**

5.1. Considerações finais **254**
5.2. Contributos **257**
5.3. Limitações **258**
5.4. Desenvolvimentos futuros **259**

Referências bibliográficas **262**

Lista de figuras

Fig. 1.1 – Evolução da realidade aumentada no *Hype Cycle* da Gartner, de 2005 a 2020. Produzido por *Wikitude*. **36**

Fig. 1.2 – Modelo de sapatilhas virtuais *Gucci Virtual 25* (2021). Fonte: https://www.dezeen.com/2021/03/19/virtual-25-gucci-wanna-digital-sneaker/ **37**

Fig. 1.3 – Performance virtual *The Life*, de Marina Abramovic (2019), na *Serpentine Gallery* em Londres. Fonte: https://www.christies.com/en/stories/marina-abramovic-the-life-40d9fc9474a7439eb8383b298b34f5f2 **38**

Fig. 1.4 – Plataforma online de realidade aumentada da empresa de mobiliário *Tylko*. Fonte: https://journal.tylko.com/better-than-ever-tylkos-fresh-new-app/ **39**

Fig. 2.1 – *Continuum of Understanding*, por Shedroff (2001). **51**

Fig. 2.2 - *Diagram of the Causes of Mortality in the Army in the East* (1858), Florence Nightingale (1820-1910). Fonte da imagem: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/Nightingale-mortality.jpg **52**

Fig. 2.3 – *The circle of datascape navigation through storytelling and exploration* (Venturini et al., 2015). **53**

Fig. 2.4 - Pintura rupestre de Lascaux, França, c. 15.000-10.000 a.C.. Fonte da imagem: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Lascaux_painting.jpg **55**

Fig. 2.5 - Tábua de argila suméria, provavelmente do sul do Iraque, c. 3100-3000 a.C.. Fonte da imagem: https://www.britishmuseum.org/collection/image/121754001 **55**

Fig. 2.6 – Sequência fotográfica *The Horse in Motion* de Eadweard Muybridge, que mostra Sally Gardner a galopar numa pista de Palo Alto (atualmente o campus da Universidade de Stanford), a 19 de Junho de 1978. Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eadweard_Muybridge-Sallie_Gardner_1878.jpg **60**

Fig. 2.7 – *Diagram of Foot Movement*, Eadweard Muybridge (1878). Fonte da imagem: https://www.thecollector.com/why-did-eadweard-muybridge-photograph-horses/ **60**

Fig. 2.8 – *Reorderable Matrix*, Jacques Bertin (1968). Fonte da imagem: https://www.aviz.fr/diyMatrix/ **61**

Fig. 2.9 – *Flickr Flow*, Fernanda Viégas e Martin Wattenberg (2009). Fonte da imagem: http://hint.fm/projects/flickr/ **62**

Fig. 2.10 – *Flickr Flow*, na Boston Magazine, número de março de 2009. Na imagem é possível ver a distribuição de cores por mês no gráfico circular. Fonte da imagem: http://hint.fm/projects/flickr/ **62**

Fig. 2.11 - *Reality-Virtuality (RV) continuum* (Milgram & Kishino, 1994). **64**

Fig. 2.12 - Imagem ilustrativa das várias tipologias de ambiente do *Reality-Virtuality continuum*, proposto por Milgram e Kishino (1994). **65**

Fig. 2.13 – *Head-mounted display Microsoft HoloLens*. Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HoloLens_2.jpeg **66**

Fig. 2.15 - Vista da perspetiva do condutor durante a utilização do *Head-up display Navion*, da *WayRay*. Fonte da imagem: https://wayray.com/press-releases/IAA-2021 **66**

Fig. 2.14 – Óculos de RA *RayNeo X2* da TLC. Fonte da imagem: https://www.dezeen.com/2023/01/12/tcl-rayneo-x2-ar-glasses/ **66**

Fig. 2.17 – Lentes de contacto RA, da *Mojo Vision*. Fonte da imagem: https://roadtovrlive-5ea0.kxcdn.com/wp-content/uploads/2022/07/mojo-lens-ar-contact-lens-2.jpg **66**

Fig. 2.16 - *Head-up display Navion*, da *WayRay*. Fonte da imagem: https://wayray.com/technology/#dodeeptech **66**

Fig. 2.18 – Experiência de realidade diminuída em tempo real (Kawai et al., 2016). Fonte da imagem: https://www.youtube.com/watch?v=aBf0NGGCMOk **67**

Fig. 2.19 – Captura de ecrã da aplicação *Streetmuseum*. Sobreposição de uma imagem da prisão de Emmeline Pankhurst no Palácio de *Buckingham* em 1914 num cenário atual. Fonte da imagem: https://www.trendhunter.com/trends/streetmuseum-museum-of-london-app **68**

Fig. 2.20 – Aplicação de RA *Ikea Place*. Fonte da imagem: https://www.ikea.com/global/en/newsroom/innovation/ikea-launches-ikea-place-a-new-app-that-allows-people-to-virtually-place-furniture-in-their-home-170912/?assetId=0-2 **68**

Fig. 2.21 – Captura de ecrã ao filtro de *instagram Ghibli Face*, do criador w.vv.vv (acedido em: 13-08-2024). **69**

Fig. 2.22 - *AR Sandbox* (Woods et al., 2016). Rhys George. Fonte da imagem: https://www.wired.com/2013/08/this-augmented-reality-sandbox-turns-dirt-into-an-interactive-interface/ **69**

Fig. 2.24 - Aplicação *Carmo Integrated Analysis* (2021). Captura de ecrã da aplicação disponível em: https://h-within.ispc.cnr.it/ (acedido em 13-08-2024). **70**

Fig. 2.23 - Aplicação *5G Roman Baths* (2018). Fonte da imagem: https://www.bbc.co.uk/rd/blog/2019-02-5g-mobile-augmented-reality-bath **70**

Fig. 2.25 - Aplicação *PLNAR*, da *Smart Picture Tech* (2021). Capturas de ecrã do vídeo de apresentação da aplicação disponível na *App Store* (acedido em: 13-08-2024). **71**

Fig. 2.26 – Instalação do palco para o *Pepper's Ghost*. Bertrand (1865). Fonte da imagem: https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6224524m/f16.item.zoom **74**

Fig. 2.27 - *Character Marker*. Ilustração de F. Y. Cory no livro *The Master Key: An Electrical Fairy Tale, Founded Upon the Mysteries of Electricity and the Optimism of Its Devotees* de L. Frank Baum (1901). Fonte da imagem: https://archive.org/detailsmaskterkeyelectric00baumrich/page/n9/mode/2up **75**

Fig. 2.28 – *Sensorama* (década de 1950). Fonte da imagem: https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2785 **75**

Fig. 2.29 – *Head-mounted display* criado por Sutherland, 1966. Fonte da imagem: https://medium.com/deemaze-software/augmented-reality-a-simple-technical-introduction-83d5e77206b9 **76**

Fig. 2.30 – Sistema de RA criado por Sutherland, 1968. Captura de ecrã do vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=eVUgfUvP4uk (acedido a 19-08-2024). **76**

Fig. 2.31 – Piloto utilizando o *head-mounted display* do *Super-Cockpit*. Fonte da imagem: https://voicesofvr.com/245-50-years-of-vr-with-tom-furness-the-super-cockpit-virtual-retinal-display-hit-lab-virtual-world-society/ **77**

Fig. 2.32 – Interface virtual do *Super-Cockpit*. Fonte da imagem: https://proyectoidis.org/la-super-cabina/ **77**

Fig. 2.33 – Campanha publicitária em RA do automóvel *Mini Cooper* (2008). Fonte da imagem: https://mydigitalwhiteboard.wordpress.com/2008/12/26/minis-ad-with-augmented-deality-ar-hits-stands/ **78**

Fig. 2.34 – *Head-mounted display* usado na NASA durante a montagem de partes de nave espacial. Exemplo retirado de Mura & Dini (2021). Fonte da imagem: https://www.engineering.com/how-lockheed-martin-is-using-augmented-reality-in-aerospace-manufacturing/ **79**

Fig. 2.35 – Campanha publicitária *Unbelievable* (2015) da *Pepsi Max* em Londres. Agência publicitária: AMV BBDO. Capturas de ecrã do vídeo disponível em: https://youtu.be/GB_qT6rAPyY (acedido em 19-08-2024). **80**

Fig. 2.36 - *Juraj Dalmatinac 3D virtual guide*, *Momentum Studio* (2013). Modelo 3D de Giorgio Da Sebenico narrando a construção da Catedral de Jakob, na Croácia. Fonte da imagem: https://momentum-studio.com/media/images/multimedia/5f8ab98a0fc7e1.37079149.jpg **81**

Fig. 2.37 – *ULTRA-Vis* (*Urban Leader Tactical Response, Awareness and Visualization*), DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) (2008). Fonte das imagens: https://gmpreussner.com/portfolio/ultravis **82**

Fig. 2.38 – Vista de utilizador da plataforma *ProjectDR* (2017) com utilização de *HMD Hololens*. Fonte da imagem: https://www.ualberta.ca/rehabilitation/research/rehabilitation-robotics/current-projects/projectdr.html **82**

Fig. 2.39 – *Pokémon GO* (*Niantic*, 2016). Fonte da imagem: https://pokemongolive.com/pt_br/ **83**

Fig. 2.40 – *Minecraft Earth* (*Mojang Studios*, 2019). Fonte da imagem: https://www.wired.com/story/minecraft-earth-america-launch/ **83**

Fig. 2.41 – Comparação entre três formas de registo de uma cena criminal: esquema desenhado à mão por um investigador do local do crime (esquerda); desenho com registo de localização de provas, usando *software* próprio (meio); captura 3D do local. Exemplo retirado do artigo de Tredinnick et al. (2019). Imagem reproduzida com permissão de Tredinnick, R.. **84**

Fig. 2.42 – Funcionalidade *Live View* do *Google Maps*. Fonte da imagem: https://techcrunch.com/2020/10/01/google-maps-gets-improved-live-view-ar-directions/ **84**

Fig. 2.43 – *Head up display* (HUD) de um automóvel BMW E60. Na imagem é possível ver informação de navegação projetada diretamente no para-brisas do automóvel. Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:E60hud.JPG **85**

Fig. 2.44 – Plataforma colaborativa *Trimble Connect*. Fonte da imagem: https://www.buildingpointne.com/field-technology/mixed-reality/trimble-connect-ar/ **86**

Fig. 2.45 – Plataforma *Touch Surgery*. Fonte da imagem: https://techstartups.com/wp-content/uploads/2017/11/Touch-Surgery-AR-Headset.jpg **88**

Fig. 2.46 – *Virtual Singapore*. Fonte da imagem: https://infra.global/singapores-digital-twin-from-science-fiction-to-hi-tech-reality/ **89**

Fig. 2.47 – Modelo em balsa e acrílico da área central de Singapura, *Singapore City Gallery*. Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Model_of_Singapore_Central_Area_-_taken_from_Singapore_City_Gallery_Third_Floor,_Mar_2014.JPG **89**

Fig. 2.48 – Imagem promocional da *zSpace*. Autoria de Amanda Austin (2018). Fonte: https://zspace.com/ **90**

Fig. 3.1 – *On the Go*. Capa e contracapa da revista *New Yorker* (16 de maio de 2016), por Christoph Niemann. A capa e a contracapa da edição impressa conduzem a uma experiência de realidade aumentada – uma animação tridimensional – quando vistas através da aplicação *UNCOVR*. Fonte da imagem: https://www.christophniemann.com/detail/virtual-reality/ **96**

Fig. 3.2 – *Carte Figurative des pertes successives en hommes de l'Armee Français dans la champagne de Russe 1812-1813*. Mapa desenhado por Charles Minard em 1869. Fonte da imagem: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Minard.png **105**

Fig. 3.3 – Montagem da sobreposição do mapa de relevo ao mapa original em papel. **107**

Fig. 3.4 – Captura de ecrã da aplicação protótipo *Figurative Map*, onde é visível a modelação tridimensional da área terrestre abrangida pelo mapa de Minard. **107**

Fig. 3.5 – Captura de ecrã do protótipo da aplicação protótipo *Battle-Map* (versão com botões virtuais). Fig. 3.5a – Modo de interação com um botão virtual, que em vez de ser interativo através do ecrã, é interativo no ambiente real. Fig. 3.5b –Painel informativo ativado através de um botão virtual. **108**

Fig. 3.6 – Captura de ecrã do protótipo da aplicação *Battle-Map* (versão sem botões). **109**

Fig. 3.8 – Protótipo de aplicação RA para dispositivo móvel *android Pointing Finger*. O quadrado virtual no topo do mapa representa o número de sobreviventes na rota de ida (castanho suave), o número de sobreviventes na rota de regresso (preto) e o número de mortos (vermelho) em cada ponto do mapa onde há uma representação gráfica das vítimas. **110**

Fig. 3.9 – Captura de ecrã da aplicação protótipo *Pointing Finger.* **111**

Fig. 3.10 – Animação bidimensional em RA representando a divisão da frente de batalha. **111**

Fig. 3.11 – *Pointing Finger* (detalhe). O gráfico indica o número de sobreviventes e de baixas no dia 16 de agosto de 1812 no oblast de Smolensk, Rússia. **111**

Fig. 3.14 – Protótipo de aplicação RA para dispositivo móvel *android War painting* (2021). **112**

Fig. 3.15 – Captura de ecrã de *War painting* (experiência 5). **112**

Fig. 3.14 – Protótipo de aplicação RA para dispositivo móvel *android War painting* (2021). **113**

Fig. 3.15 – Captura de ecrã de *War painting* (experiência 5). **113**

Fig. 3.16 – Imagem do modelo tridimensional utilizado na primeira experiência, intitulada *Tridimensional Terrain*. **115**

Fig. 3.17 – Captura de ecrã da aplicação protótipo *Battle-Map*. Informação relativa aos dias 17 e 18 de Agosto de 1812. **116**

Fig. 3.18 – Imagem do rio Berezina. Autor: Paju (2008). Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Svetlahorsk_Berezina_river_BY.jpg **117**

Fig. 3.19 – *MusicBottles* (Ishii & Ullmer, 1997). Imagem retirada de Ishii (2004). *MusicBottles* consiste numa interface tangível que utiliza garrafas como controlos de informação digital, permitindo uma interação física com a música. O sistema é composto por uma mesa e três garrafas, que contêm os sons do violino, violoncelo e piano de uma composição musical de Edouard Lalo. Quando uma garrafa é colocada na área de palco da mesa e a sua rolha é retirada, o som correspondente torna-se audível, acompanhado por um padrão de luz projetada que reflete as alterações de tom e volume. Esta interface permite aos utilizadores manipular fisicamente as diferentes faixas de som, estruturando a experiência musical de forma interativa e sensorial. **119**

Fig. 3.20 – Histograma tridimensional sobre a correlação genética das alturas dos pais (eixo horizontal) e dos filhos (eixo vertical), construído por Karl Pearson e Alice Lee (c. 1898). Departamento de Ciências Estatísticas da University College London. Exemplo de uma visualização física documentada na coleção de *data driven objects* (dataphys.org/list/) de Pierre Dragicevic e Yvonne Jansen. Fonte da imagem: https://dataphys.org/list/pearson-lee-height-correlation-chart/ **119**

Fig. 3.21 – Mitchell Whitelaw. *Measuring Cup* (2010). Os dados sobre a temperatura anual em Sydney ao longo de 150 anos encontram-se organizados cronologicamente, com cada camada horizontal a corresponder a um ano específico – o ano mais antigo (1859) localiza-se na base e o mais recente (2009) no topo. Cada camada é um gráfico radial, em que os dados mensais são representados em torno de um círculo, seguindo o sentido dos ponteiros do relógio. Assim, o comprimento do raio de cada ponto neste gráfico é determinado pelos valores mensais. Fonte da imagem: https://mtchl.net/measuring-cup/ **120**

Fig. 3.22 – *State of the World*, Mathieu Lehanneur (2021). Cada escultura apresenta dados demográficos relativos a um país: a idade é codificada em anéis, desde o nascimento na parte inferior, aos 100 anos, na parte superior; a largura de cada anel codificada a proporção da população com essa idade. Fonte da imagem: https://www.dezeen.com/2021/10/19/state-world-mathieu-lehanneur-aluminium-sculpture-pyramids/ **121**

Fig. 3.23 – *State of the World*, Mathieu Lehanneur (2021). Vista de frente do conjunto de 140 países representados na coleção. Fonte da imagem: http://dataphys.org/list/images/uploads/2021/09/mathieu-lehanneur-state-world-miami-designboom-010.jpeg **122**

Fig. 3.24 – Fisicalização modular, de Samuel Granados (2011) sobre a imigração nas Américas. Fonte da imagem: http://dataphys.org/list/lego-prism-maps/ **123**

Fig. 3.25 – Gráfico de linhas físico criado com a *MakerVis* (Jansen, 2014), uma ferramenta para a criação de fisicalizações que suporta algumas formas de visualização convencionais, como o gráfico de barras ou o gráfico de linhas. Fonte da imagem: https://aviz.fr/makervis **123**

Fig. 3.26 – Modelo molecular da enzima superóxido dismutase, expandido com recurso a realidade aumentada (Gillet et al., 2005).
Imagem reproduzida com permissão
de Arthur J. Olson. **124**

Fig. 3.27 – *Fish Design* (2020-2021). Autores: Catarina Matos, Nuno Vinhas, Sofia Nogueiro. Mestrado em Design, Departamento de Comunicação e Arte (DeCA), Universidade de Aveiro. **125**

Fig. 3.29 – *To the conquest of Design* (2020-2021). Autores: Joana Rodrigues, Laura Santos, Sofia Palinha. Mestrado em Design, Departamento de Comunicação e Arte (DeCA), Universidade de Aveiro. **126**

Fig. 3.28 – *Design Lemonade* (2020-2021). Autores: Marisa Guerreiro, Pedro Aleixo, Sara Campos. Mestrado em Design Gráfico e Projetos Editoriais, Faculdade de Belas-Artes da Universidade do Porto. **126**

Fig. 3.30 – Desenvolvimento da componente física do protótipo GRAC; Fig. 3.30a – Esboços iniciais; Fig. 3.30b – Protótipo preliminar feito em esferovite; Fig. 3.30c – Simulação intercetando as duas bases de dados (número de diplomados versus número de empresas por ano e por distrito). **130**

Figs. 3.30d – 3.30f – Organização dos blocos removíveis. **130**

Fig. 3.30g – Montagem do objeto físico final; **130**
Fig. 3.30h – Gravação da informação numa peça de madeira.

Fig. 3.31 – Organização das peças de madeira por ano e distrito. **131**

Fig. 3.32 – Exploração de formas de sobrepor as informações relativas às empresas ao objeto físico. Capturas de ecrã do *Cinema 4D*. Fig. 3.32a – Número de empresas representado através do número de pines vermelhos. O objeto físico (em branco), representando o número de diplomados, é formado por uma sucessão de gráficos de linha tridimensionais - cada um correspondente a um distrito. Fig. 3.32b – Número de empresas representado através da área dos círculos. O objeto físico (em branco), é comparável a um terreno em que o declive codifica o número de diplomados nesse distrito e ano. **133**

Fig. 3.33 – Versão final de GRAC, com as empresas (polígonos vermelhos) representadas segundo a mesma lógica do objeto físico (objeto branco). Captura de ecrã do editor do *Unity*. **133**

Fig. 3.34 – Captura de ecrã da aplicação GRAC mostrando a intersecção do número de diplomados (objeto físico) e número de empresas (em vermelho). **134**

Fig. 3.35 – Animação dos cortes numa versão inicial da peça física. **135**

Fig. 3.36 – Captura de ecrã da aplicação GRAC mostrando o filtro por cor – "NUTS II". Informação sobre o número de diplomados no Alentejo no ano 2016 tornada visível. **136**

Fig. 3.37 – Aplicação GRAC. Filtro "Empresas" – intersecção do número de diplomados (objeto físico) e número de empresas (em vermelho) por ano e por distrito. **136**

Fig. 3.38 – Captura de ecrã da aplicação GRAC mostrando a funcionalidade *slice-by-year* na sala da exposição (FBAUL). **137**

Fig. 3.39 – Captura de ecrã da aplicação GRAC mostrando a funcionalidade *details-on-demand*. Informação sobre o número de diplomados em Viseu no ano 2016 tornada visível. **137**

Fig. 3.40b – Aplicação de RA desenvolvida com *Unity* e *Vuforia*. **138**

Fig. 3.40 – Protótipo final do GRAC; Fig. 3.40a – Fisicalização feita em madeira de pinho com informação gravada a laser. **138**

Fig. 3.41 – "A última vez que represento géneros por cor", Silva Designers, 2021. Cartaz desenvolvido a convite do Design OBS para a exposição "Observatório do Design em Portugal – Situação" (Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, 2021; Faculdade de Belas-Artes da Universidade do Porto, 2022). **140**

Fig. 3.42 – Conjunto de pictogramas e gráfico circular ilustrando uma forma de visualização unitária e uma forma de visualização agregada, respetivamente. **143**

Fig. 3.43 – Ensaio do protótipo FLOC em tablet android, Universidade de Aveiro; Fig. 3.43a – Vista principal de FLOC; Fig. 3.43b – Interação com as esferas; Fig. 3.43c – Vista resumo. **148**

Fig. 3.44 – Protótipo de aplicação de realidade aumentada *Floating Companies*. Disposição dos elementos virtuais no espaço. **149**

Fig. 3.45 – Captura de ecrã com tablet na exposição da FBAUL (vista principal). **154**

Fig. 3.46 – Captura de ecrã com tablet na exposição da FBAUL (vista resumo). **154**

Fig. 3.47 – Vista vertical de FLOC no editor do *Unity* (vista principal). **155**

Fig. 3.48 – Vista vertical de FLOC no editor do *Unity* (vista resumo). **155**

Fig. 3.49 – Filtro de instagram *Inflation Shrink Ray* do *New York Times* (2022a). Captura de ecrã a partir da rede social *Instagram*. **156**

Fig. 3.50 – Capturas de ecrã durante a interação com o protótipo FLOC na galeria da FBAUL; Fig. 3.50a – O fundo facilita a visibilidade da legenda; Fig. 3.50b – O fundo inviabiliza a leitura da legenda. **157**

Fig. 3.51 – Ausência da funcionalidade *Human Occlusion*. A mão aparece tapada pelo mapa de Portugal, apesar de estar à sua frente (o mapa situa-se no plano do chão). **158**

Fig. 3.52 – Integração da funcionalidade *Human Occlusion*. A mão é detectada pela aplicação e passa a ocultar o mapa. **158**

Fig. 3.53 – Projeção de sombras pelas esferas no mapa. **159**

Fig. 4.1 – Evolução da quantidade de artigos científicos com os termos *narrative visualization* no seu título entre 2000 e 2023, na *Scopus*. **168**

Fig. 4.2 – *Climate Change Calculator* (Financial Times, 2015). Gráfico interativo desenhado por John Burn-Murdoch e Pilita Clark. Disponível em: https://ig.ft.com/sites/climate-change-calculator/ (consultado em: 11-10-2024). **172**

Fig. 4.3 – A exploração e a explicação como instâncias complementares, propostas por Thudt et al. (2018). Gráfico desenhado com base na proposta de Thudt et al. (2018). **172**

Fig. 4.4 – Sequência de capturas de ecrã de *Election Forecasts* (New York Times, 2020). Exemplo de um filtro de imagem que altera propriedades da imagem para comunicar dados, neste caso a percentagem de certeza relativamente às previsões das eleições norte-americanas de 2020. **178**

Fig. 4.5 – Captura de ecrã de *Kent State shootings: A day of tragedy* (USA Today, 2020). **179**

Fig. 4.6 – Captura de ecrã de *Journey into the body to see COVID vaccine at work* (USA Today, 2021a). **180**

Fig. 4.7 – Captura de ecrã de *The World in 2070* (National Geographic, 2020a). **181**

Fig. 4.8 – Captura de ecrã de *Woman's suffrage: Famous speeches come to life* (USA Today, 2020b). **181**

Fig. 4.11 – Captura de ecrã de *Take a Tour of Lady Liberty's Torch* (New York Times, 2018d). **183**

Fig. 4.9 – Captura de ecrã de *Augmented Reality: Four of the Best Olympians, as You've Never Seen Them* (New York Times, 2018a). **183**

Fig. 4.10 – Captura de ecrã de *Scale a 50-foot speed climbing wall in augmented reality* (Washington Post, 2021). **183**

Fig. 4.12 – Captura de ecrã de *Deinonychus* (National Geographic, 2020b). **184**

Fig. 4.13 – Captura de ecrã de *What will the megastorm's rain look like?* (New York Times, 2022b). **185**

Fig. 4.14 – Captura de ecrã de *Inflation Shrinking Ray* (New York Times, 2022a). **186**

Fig. 4.15 – Captura de ecrã de *Step Inside the Thai Cave in Augmented Reality* (New York Times, 2018b). **187**

Fig. 4.16 – *Augmented Reality: Four of the Best Olympians, as You've Never Seen Them* (New York Times, 2018a). A lâmina do patim é também um hotspot que responde à proximidade do utilizador, mostrando informação sobre esse equipamento. **188**

Fig. 4.17 – *EV Battery Breakdown* (New York Times, 2022c). O ponto branco no centro da imagem é fixo no ecrã e a sua sobreposição aos elementos virtuais ativa a informação neles contida. **189**

Fig. 4.18 – Tipos de estrutura narrativa encontrados nos casos de estudo. **190**

Fig. 4.19 – Tipos de combinação entre diferentes estruturas narrativas. **192**

Fig. 4.21 – Deformação do eixo vertical ao longo das vistas 2, 3, 4 e 5. Fig. 4.21a – Na segunda vista (a) as esferas são distribuídas aleatoriamente no espaço. Fig. 4.21b – Na terceira vista (b) as esferas são dispostas verticalmente de acordo com a média de lucro/empregado (€) numa escala linear. Fig. 4.21c – Na terceira vista (c) a escala aritmética do eixo vertical dá lugar a uma escala logarítmica que expande no intervalo de valores com mais empresas, influenciando a disposição das esferas como ilustra a figura. Fig. 4.21d – Na última vista (d), todas as esferas são dispostas ao nível do chão. **203**

Fig. 4.20 – Menu de navegação da aplicação FLOC II. **203**

Fig. 4.22 – *Oculus Quest 2* (2020), da *Meta*. **204**

Fig. 4.23 – Montagem fotográfica reproduzindo o fundo a preto e branco (modo *passthrough*), visível ao utilizar a aplicação FLOC II com *Oculus Quest 2*. **205**

Fig. 4.24 – *Scatterplot* ou gráfico de dispersão. **206**

Fig. 4.25 – *Dot plot* ou diagrama de pontos. **206**

Figura 4.26 – Visualização em realidade virtual sobre as vítimas de tiroteios em massa desenhada por Ivanov, Danyluk e Willett (2018). Imagem reproduzida com permissão de Ivanov, A.. **207**

Figura 4.27 – *DeathTolls Experience*, by Ali Eslami (2016). Imagem reproduzida com permissão de Ali Eslami. **207**

Fig. 4.28 – Visualização de realidade aumentada com reconhecimento de localização para a previsão da subida do nível do mar, proposta por Sarri et al. (2022). Imagem reproduzida com permissão de Froso Sarri. **208**

Fig. 4.29 – Captura de ecrã da análise de transcrições através de codificação temática em *Atlas.ti*. **211**

Fig. 4.30 – Registo fotográfico de um dos espaços onde a aplicação FLOC II para *Oculus Quest 2* foi testada. **219**

Fig. 4.31 – Emulador do *Lens Studio AR*. A imagem que aparece à direita é apenas uma simulação do objeto virtual num espaço standard que permite ao utilizador ter uma ideia aproximada de como ficaria a experiência em ambiente de RA. **226**

Fig. 4.32 – Ambiente de edição imersivo do *Reality Composer*. O fundo onde aparece o objeto virtual é o ambiente do utilizador. **227**

Fig. 4.33 – Capturas de ecrã de *Pencils II*. Fig. 4.33a – Painel informativo com uma breve apresentação da experiência. Fig. 4.33b – Sobrepostos a um mapa de Portugal, aparecem sete lápis representando as várias regiões (NUTS II) do país. A configuração física de cada lápis representa diferentes aspetos sobre as empresas da região correspondente. Neste momento da narrativa, a borracha representa a percentagem da receita gerada pela venda de produtos, a madeira representa a percentagem da receita gerada pela venda de serviços e o bico em carvão representa a percentagem de exportação. Fig. 4.33c – Os valores percentuais sobre os produtos e os serviços dão lugar a valores absolutos (em €) e a configuração dos lápis acompanha essa alteração – o que justifica que alguns lápis fiquem muito maiores que outros.
Fig. 4.33d – A narrativa termina com os lápis a regressarem à sua caixa. **242**

Fig. 4.34 – Legenda de *Pencils II*. **243**

Fig. 4.35 – Código QR para aceder a *Pencils II*. **243**

Fig. 4.36 – Sequência de capturas de ecrã (editor do *Adobe Aero* em ambiente de computador) mostrando a sequência narrativa de *Pencils II*. **244**

Fig. 4.37 – Captura de ecrã de “Um Ecossistema Político-Empresarial” de Pedro Miguel Cruz (2014). **248**

Fig. 4.38 – Captura de ecrã de *“Water Footprint”* (Deutsche Welle, 2020). **249**

Lista de tabelas

Tabela. 3.1 – Excerto da tabela 1 (Anexos) com a análise das transcrições áudio resultantes dos testes com utilizadores ao protótipo *Floating Companies* (ensaio III). **151**

Tabela 4.1 – Dimensões de uma visualização narrativa e estratégias para a flexibilidade e para a interpretação (Thudt et al., 2018).
Equivalentes funcionais a procurar nos casos de estudo. **176**

Tabela 4.2 – Resumo das estratégias encontradas relativamente à vista, ao foco e à sequência. **194**

Tabela 4.3 – Descrição das cinco vistas que compõem a sequência narrativa do protótipo FLOC II. As imagens das vistas são capturas de ecrã da aplicação, utilizando um tablet *android*, no âmbito da exposição do DesignOBS na Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto entre 27-05-2022 e 3-06-2022. **202**

Tabela 4.4 – Experiência observada e citações de apoio para cada categoria da análise temática comparando HHD e HMD. **212**

Tabela 4.5 – Principais pontos fortes e limitações da *Immersive Unit Visualization* no espaço híbrido. **216**

Tabela 4.6 – Recolha de plataformas de RA *no-code* com base em três pesquisas avançadas utilizando o *Google*. **232**

Tabela 4.7 – Modos de *tracking* suportados por cada plataforma. **235**

Tabela 4.8 – Compatibilidade de dispositivos por plataforma. **236**

Tabela 4.9 – Publicação / modo de visualização por plataforma. **237**

Tabela 4.10 – Matriz assinalando as ferramentas *no-code* que permitem executar importantes tarefas identificadas em FLOC. **239**

Tabela 4.11 – Dados sobre as empresas de design portuguesas representadas no projeto *Pencils II*. **241**

Tabela 1 – Análise das transcrições áudio resultantes dos testes com utilizadores ao protótipo *Floating Companies* (ensaio III). **282**

Tabela 2 – Índice dos casos de estudo analisados. **286**

Tabela 3 – Caracterização das ferramentas de autoria. **289**

Glossário

3D Map Generator – O *3D Map Generator* (https://www.3d-map-generator.com/) é um *plugin* do *Photoshop* que permite gerar mapas geográficos tridimensionais a partir de mapas de alturas, que por sua vez, podem ser criados através do *Google Maps*.

análise exploratória de dados ou *exploratory data analysis* (EDA) – Método utilizado pelos cientistas de dados para analisar e investigar conjuntos de dados e resumir as suas principais características, empregando frequentemente métodos da visualização de dados (IBM, n.d.-a).

AR Quick Look – Funcionalidade da *Apple* que permite visualizar objetos 3D e conteúdo de realidade aumentada diretamente em dispositivos *iOS*, como *iPhones* e *iPads*, sem a necessidade de uma aplicação externa. Usando esta funcionalidade, é possível visualizar modelos 3D em ambientes reais através da câmara dos dispositivos iOS, aproveitando as capacidades de realidade aumentada integradas nesse sistema.

Atlas.ti – O *Atlas.ti* (https://atlasti.com/) é um *software* de análise de dados qualitativos que permite a colaboração entre vários utilizadores.

C# (*C Sharp*) – Linguagem de programação desenvolvida pela *Microsoft* como parte da plataforma *.NET*, projetada para a criação de uma ampla gama de aplicações, desde *software* a aplicações web e jogos. A sua sintaxe baseia-se na linguagem *C++*, com influências de outras linguagens de programação, como o *Java*.

Cinema 4D – O *Cinema 4D* (https://www.maxon.net/en/cinema-4d) é um *software* de modelação, animação, simulação e renderização 3D.

Details-on-demand – Termo proposto por Ben Shneiderman (1996) como parte do seu *Visual Information Seeking Mantra*: "*Overview first, zoom and filter, then details-on-demand*", para designar uma técnica de interação na visualização de dados, que permite selecionar um item e obter detalhes sobre ele quando necessário.

digital twin – Representação virtual precisa de um objeto ou sistema que acompanha o seu ciclo de vida, é atualizada a partir de dados em tempo real e utiliza a simulação e o *machine learning* para suportar a tomada de decisões (IBM, n.d.-b).

embodied data exploration – Exploração dos dados que se afasta do sistema computacional típico (ecrã, rato, teclado) para novas tipologias que privilegiam a interação tangível onde o toque, o gesto ou a voz ganham pertinência operativa (Dwyer et al., 2018).

emulador – Termo usado na área da computação para designar uma aplicação que permite simular o ambiente ou o comportamento de outro tipo de equipamento.

***extended reality* (XR)** – Conjunto de tecnologias que alteram a realidade através da adição de elementos digitais ao ambiente real, em qualquer extensão, incluindo a realidade aumentada (RA), a realidade mista (RM) e a realidade virtual (RV) (Interaction Design Foundation - IxDF, 2022).

extended tracking – Funcionalidade de rastreamento da *Vuforia* que permite que o conteúdo virtual continue a ser exibido e corretamente posicionado no espaço físico, mesmo quando o alvo (como uma imagem ou objeto) sai do campo de visão da câmara. Este recurso é particularmente útil para garantir uma experiência de realidade aumentada contínua, sem interrupções.

first person perspective – No estudo dos jogos, a perspetiva na primeira pessoa, em inglês *first person perspective*, diz respeito à perspectiva gráfica que imita o ponto de vista da personagem controlada pelo jogador. Este conceito ilustra a ideia da perspetiva horizontal, de que fala Ryan (2015a) no estudo da narrativa interativa, por oposição à perspetiva vertical ou estratégica, que a autora ilustra com o exemplo da perspetiva que se tem sobre um tabuleiro de xadrez.

fisicalização ou *data physicalization* – Artefacto físico cuja configuração física ou propriedades materiais codificam dados. O termo *data physicalization* é usado também para designar a área da investigação que estuda a utilização de artefactos físicos para transmitir dados (Dragicevic et al., 2020).

Flash ou *Adobe Flash* – Plataforma multimédia, ativa entre 1996 e 2020, utilizada principalmente para adicionar animação, vídeo e interatividade a páginas *web*. Desenvolvido originalmente pela *Macromedia* e *posteriormente* adquirido pela *Adobe Systems*, o *Flash* tornou-se uma das tecnologias mais populares na criação de conteúdo *web* interativo, durante o final da década de 1990 e início da década de 2000.

***hand-held display* (HHD)** – Classe de dispositivos de visualização portáteis que podem ser segurados e operados com as mãos, permitindo ao utilizador observar o conteúdo virtual através de um ecrã.

***head-mounted display* (HMD)** – Classe de dispositivos de visualização em que o ecrã, através do qual se observa o ambiente aumentado, é colocado na cabeça do utilizador.

***head-up display* (HUD)** – Classe de dispositivos de visualização que projeta o conteúdo de realidade aumentada sobre uma superfície transparente, por exemplo o pára-brisas de um veículo.

human occlusion ou *person occlusion* – Funcionalidade presente em algumas plataformas de realidade aumentada que permite uma integração mais realista de objetos virtuais no ambiente físico, ocultando ou revelando partes desses objetos com base na presença de seres humanos no campo de visão da câmara. Utilizando informações fornecidas por sensores de profundidade, a *human occlusion* ajusta automaticamente a renderização dos objetos digitais, permitindo que estes apareçam por trás ou à frente de elementos do mundo real, neste caso pessoas. Este efeito contribui para uma experiência mais realista, já que melhora a percepção de profundidade e a coerência visual entre os elementos virtuais e físicos.

***Immersive Analytics* (IMA)** – Área de investigação que tem como principal objetivo perceber o modo como a interação imersiva e as tecnologias de visualização podem ser utilizadas para apoiar o raciocínio analítico e a tomada de decisões. A *Immersive Analytics* conjuga várias áreas (visualização de dados, análise visual, realidade virtual, computação gráfica e *human-computer interaction*) apresentando várias oportunidades para a apresentação e exploração de dados de um modo imersivo.

image target – Imagens "âncora" utilizadas em aplicações de realidade aumentada para desencadear a exibição do conteúdo digital. Estes elementos visuais são reconhecidos e rastreados por um *software* de realidade aumentada, como o *Vuforia*, que funciona comparando a imagem capturada com imagens anteriormente importadas, e armazenadas numa base de dados. Quando o *software* identifica um *image target*, posiciona e exibe elementos digitais sobre si no ambiente real, permitindo que os utilizadores vejam e interajam com o conteúdo aumentado.

***Immersive Unit Visualization* (IUV)** – Categoria de visualização de dados em que há uma representação individual de cada registo de uma base de dados – *unit visualization* – num ambiente imersivo gerado por tecnologias como a realidade aumentada (RA) ou a realidade virtual (RV).

Javascript – Linguagem de programação considerada de alto nível, amplamente utilizada no desenvolvimento de aplicações web interativas.

LiDAR – A tecnologia LiDAR (*light detection and ranging*) é um método de deteção remota utilizado para a medição de uma superfície através da luz, mais especificamente através da emissão de um laser. A velocidade da luz desde o sensor até ao objeto mapeado é convertida em distância, permitindo gerar informações tridimensionais precisas sobre a forma e as características da superfície desse objeto.

Lived body ou corpo vivido – O conceito do corpo vivido ou corpo próprio, em inglês *lived body,* tal como é definido por Svanæs, tem origem na fenomenologia de Merleau-Ponty e baseia-se na ideia de que, como seres humanos, estamos cientes do nosso corpo enquanto objeto no mundo, e enquanto corpo tal como experienciado por uma pessoa, ela própria – o que é diferente de ver o corpo refletido no espelho, tal como um objeto entre outros objetos no mundo (Svanæs, 2013, p. 11).

model target – Um *model target* (https://developer.vuforia.com/library/objects/model-targets) é um recurso do *Vuforia*, utilizado para o reconhecimento e rastreamento de objetos tridimensionais. Esta tecnologia permite que as aplicações reconheçam determinados objetos do mundo real com base na sua configuração física, ativando o conteúdo virtual.

rastreamento (*tracking*) – Num sistema de realidade aumentada, o rastreamento é o processo que permite atualizar a posição e orientação do utilizador (a sua pose), para que a imagem virtual pareça fixa no mundo real (Billinghurst et al., 2015).

panning – Técnica de interação usada em visualização de dados e navegação de interfaces, onde o utilizador pode mover o conteúdo de forma horizontal ou vertical para explorar diferentes partes de uma visualização ou mapa.

Rawgraphs – O *Rawgraphs* (https://www.rawgraphs.io/) é uma ferramenta de visualização de dados online de código aberto (*open source*) que permite transformar dados em gráficos personalizados.

registo (*register*) – De acordo com Billinghurst et al. (2015) o registo refere-se à capacidade de um sistema ancorar o conteúdo virtual no mundo real, de forma a que este pareça integrar-se no ambiente físico. Para fazer o registo de conteúdo virtual é preciso determinar a posição e orientação do utilizador (a sua pose) em relação a uma determinada "ancora" no mundo real. A ancora pode assumir várias formas, podendo ser, por exemplo, uma imagem impressa (ver *"image target"*), um objeto

tridimensional (ver *"model target"*), ou mesmo uma localização GPS. O processo por trás do registo envolve duas fases principais: (1) a fase do registo que consiste em determinar a pose do utilizador face ao objeto ancora; e (2) a fase do rastreamento (*tracking*) que atualiza a pose do utilizador relativamente à pose previamente conhecida. A combinação do registo e do *tracking* é vulgarmente referida na terminologia da investigação em realidade aumentada como *tracking.*

script – Conjunto de instruções em código computacional.

scrollytelling – Técnica de interação em narrativas digitais em que o conteúdo, tipicamente uma combinação de texto, imagens, gráficos ou vídeos, é apresentado de forma interativa à medida que o utilizador percorre a página (*scroll*).

***Situated Analytics* (SA)** – Área de investigação que estuda a utilização de representações de dados organizadas em função de objetos, locais e pessoas do ambiente real, com o objetivo de facilitar a compreensão, a construção de sentido e a tomada de decisões. Ao permitir a sobreposição de informações virtuais junto dos seus referentes físicos, o principal objetivo da *Situated Analytics* é apoiar a tomada de decisões informadas, permitindo aos utilizadores realizar tarefas analíticas complexas enquanto permanecem imersos no mundo físico.

steppers – Técnica de interação usada em narrativas digitais em que o utilizador clica de passo em passo para ver a história progredir.

Swift – Linguagem de programação de alto nível criada pela *Apple* em 2014. Foi desenvolvida com o objetivo de facilitar a criação de aplicações para as plataformas *iOS, macOS, watchOS* e *tvOS*.

Tableau – O *Tableau* (https://www.tableau.com/) é uma plataforma de visualização de dados que permite criar gráficos interativos a partir de bases de dados fornecidas pelo utilizador.

Unity – O *Unity* (https://unity.com/pt) é uma plataforma de desenvolvimento de software utilizada para criar experiências interativas em 2D, 3D, realidade aumentada e realidade virtual, compatível com diversos dispositivos e sistemas operativos.

Unit Visualization ou Visualização Unitária – Categoria de visualizações em que cada registo de uma base de dados é representado por uma marca visual única – uma unidade visual. O gráfico de dispersão (*scatterplot*) e o gráfico de pontos (*dot plot*) são exemplos de formas tradicionais de visualização unitária.

Vuforia – O *Vuforia* (https://developer.vuforia.com/home) é um kit de desenvolvimento de *software* (SDK) destinado à criação de aplicações em realidade aumentada, que pode ser integrado em diversas plataformas de desenvolvimento, incluindo o *Unity.*

web AR (*web-based augmented reality*) – Tecnologia que permite a criação e visualização de experiências de realidade aumentada diretamente no navegador, sem a necessidade de instalar aplicações específicas.

web VR (*web-based virtual reality*) – Tecnologia que permite a criação e visualização de experiências de realidade virtual diretamente no navegador, sem a necessidade de software dedicado, utilizando um dispositivo compatível com realidade virtual (por exemplo, óculos de realidade virtual, ou mesmo visualizadores baseados em *smartphone,* como o *Google Cardboard*).

web XR (*web-based extended reality*) – Tecnologia que permite a criação e visualização de experiências imersivas (realidades mistas e realidade virtual) diretamente no navegador sem a necessidade de *software* específico.

Capítulo 1. **Introdução**

1.1. O problema e a sua relevância

"As so often in the past, the tools of design are changing with the advance of technology. The essence of graphic design however, remains unchanged. That essence is to give order to information, form to ideas, and expression and feeling to artifacts that document human experience." (Meggs & Purvis, 2012, p. 572).

O Design de Informação, enquanto atividade de conceção ligada ao propósito de conformar informação compreensível para públicos diversificados, tem acompanhado, desde sempre, os avanços tecnológicos e o aparecimento de novos meios.

No contexto de uma paisagem mediática progressivamente mais complexa e marcada pela revolução digital, multiplicam-se os recursos expressivos à disposição do designer entre os quais se destacam, atualmente, as tecnologias imersivas.

Estas tecnologias, que fundem a fronteira entre os mundos físico e virtual permitindo aos utilizadores experimentar uma sensação de imersão – sejam de realidade aumentada ou de realidade virtual –, oferecem-se como novas oportunidades para a criação de sentido. A sua capacidade para melhorar as experiências de aprendizagem, fomentar a participação em atividades colaborativas e aumentar o envolvimento e a criatividade foi reconhecida por investigação realizada em áreas como a educação, o *marketing*, o entretenimento e a saúde (Suh & Prophet, 2018).

A relevância da Realidade Aumentada

Embora muitas vezes referida como uma tecnologia emergente, a Realidade Aumentada (RA) conta com um longo historial de desenvolvimento. Tal como hoje é empregue, o termo "realidade aumentada" designa a sobreposição de uma camada digital a uma cena do mundo real, de modo a fornecer informação adicional sobre um determinado objeto, paisagem ou pessoa. Apesar das tecnologias computacionais que viabilizam a realidade aumentada serem relativamente recentes, a realidade aumentada como possibilidade ficcional precedeu a sua materialização tecnológica, nomeadamente a partir de áreas como o teatro e a literatura.

No teatro, a invenção da ilusão cénica que ficou conhecida como *Pepper's Ghost*[1] no início do século XVII permitia fundir o reflexo de objetos com o mundo real utilizando placas de vidro para criar a aparência de fantasmas (Billinghurst et al., 2015).

---

1 Este tópico será desenvolvido no Capítulo 2 "Enquadramento Teórico".

Em 1901, L. Frank Baum[2] no seu livro *The Master Key: An Electrical Fairy Tale, Founded Upon the Mysteries of Electricity and the Optimism of Its Devotees*, descreve um dispositivo – o *Character Marker* – como um par de óculos que permitiria ver, marcada na testa das pessoas, uma letra indicando o seu caráter.

Apesar deste tipo de antecedentes conceptuais, a génese da realidade aumentada enquanto tecnologia computacional remonta à década de 1960 com o trabalho pioneiro de Ivan Sutherland[3] na Universidade de Harvard.

Desde essas experiências iniciais, a realidade aumentada percorreu um intenso caminho de desenvolvimento tecnológico que manteve numa fase de incubação laboratorial, em que as tecnologias de base ainda estavam a ser construídas e em que a maioria das experiências de realidade aumentada se confinava a circuitos especializados, antes de se disseminar a um público mais alargado.

Mas, sobretudo a partir de 2009, com a crescente democratização das tecnologias computacionais necessárias à criação de experiências de realidade aumentada (Billinghurst et al., 2015), verificou-se um interesse crescente por parte da investigação e da indústria que levou a que, progressivamente, novos dispositivos e aplicações fossem sendo desenvolvidos e utilizados em diferentes campos.

À semelhança de outras tecnologias emergentes, mesmo depois de se tornar tecnologicamente viável e progressivamente acessível com a democratização das tecnologias de base, a RA não passou imediatamente à fase da adoção generalizada. O seu percurso no *Hype Cycle*[4] ao longo do tempo (Fig. 1.1) mostra que depois de subir na curva de forma constante ao longo de vários anos desde 2005, entrou em 2013 no *Trough of Disillusionment*[5], uma fase de perda de interesse pelo mercado, acompanhada da previsão de um período de contenção no sector comercial. Segundo o relatório da Ecorys

2 Lyman Frank Baum (1856-1919), mais conhecido como L. Frank Baum, foi um escritor norte-americano, amplamente reconhecido pelos contos de fantasia, e particularmente pela obra *The Wonderful Wizard of Oz*, publicada em 1900. A sua narrativa inovadora, que combinava elementos do conto de fadas com alegorias sociais, influenciou profundamente a cultura popular e continua a ser estudada no âmbito da literatura fantástica e infantil. Baum destacou-se pela sua visão criativa e também pelo seu interesse nas tecnologias emergentes da sua época, o que se reflete em algumas das suas obras, nomeadamente em *The Master Key: An Electrical Fairy Tale, Founded Upon the Mysteries of Electricity and the Optimism of Its Devotees* (1901).

3 http://amturing.acm.org/award_winners/sutherland_3467412.cfm/, consultado em 25/10/2024.

4 Anualmente a consultora Gartner (https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle) publica o *Hype Cycle* – uma representação gráfica sobre o grau de maturidade e adoção de tecnologias novas e emergentes em que posiciona cada tecnologia numa linha cronológica que vai desde o seu aparecimento em direção à potencial adoção massiva pelo mercado.

5 *Trough of Disillusionment* ou "Vale da desilusão" em português é um período em que o interesse cai à medida em que experiências e implementação não fornecem os resultados desejados (Gartner, n.d.).

(Vigkos et al., 2021) sobre o potencial da *Extended Reality* (XR)[6] na Europa[7], a fase de desilusão ocorreu devido a dificuldades técnicas, nomeadamente o tempo necessário para a optimização da tecnologia, para o desenvolvimento de aplicações inovadoras e para a correta implementação.

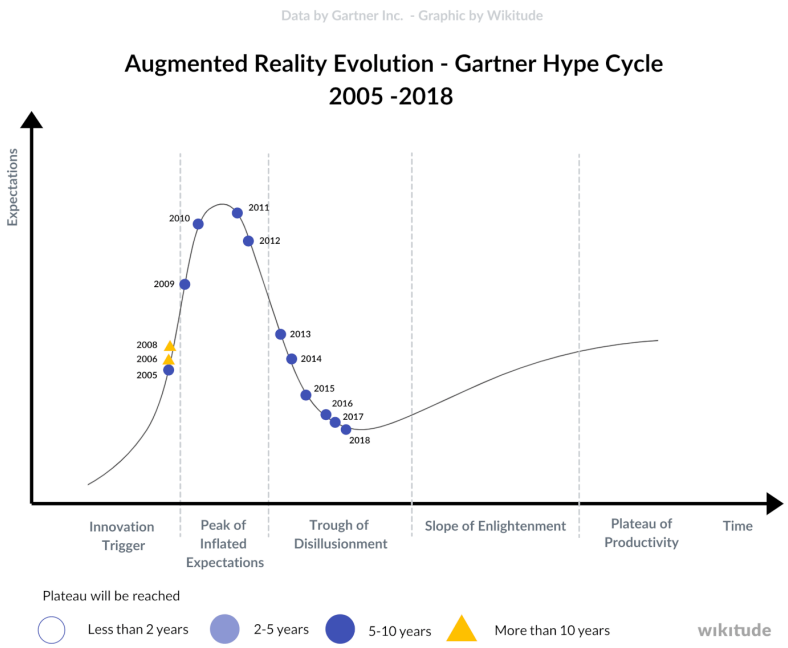


Fig. 1.1 – Evolução da realidade aumentada no *Hype Cycle* da Gartner, de 2005 a 2020. Produzido por *Wikitude*.

À medida que a tecnologia foi ultrapassando os obstáculos iniciais em direção a uma fase mais madura de crescimento consistente, as aplicações de realidade aumentada foram conquistando reconhecimento e uma integração mais generalizada na vida quotidiana (Mendoza-Ramírez et al., 2023), acelerada pela disseminação massiva do *smartphone*[8]. Bolter et al. (2021) destacam a forma discreta como funcionalidades relativamente básicas de realidade aumentada foram sendo incorporadas em aplicações para dispositivos móveis – o caso dos filtros de *Instagram*, os *Animoji* da *Apple*, ou a *Live View* do *Google Maps* – tornando progressivamente a realidade aumentada parte da vida

6 O acrónimo XR significa *Extended Reality* e neste contexto engloba a realidade virtual, a realidade aumentada e a realidade mista.

7 Onde se prevê onde se prevê que a dimensão do mercado global da realidade aumentada atinja 340,16 mil milhões de dólares até 2028, crescendo a uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 43,8% de 2021 a 2028.

8 De acordo com o relatório anual *State of Mobile Internet Connectivity Report 2023* (SOMIC) da GSMA, em 2023 mais de metade (54%) da população mundial - cerca de 4,3 mil milhões de pessoas - tinha smartphone (Shanahan & Bahia, 2023).

quotidiana dos utilizadores, que muitas vezes não se dão conta da sua utilização, uma vez que não é necessário adquirir um novo dispositivo ou instalar uma nova aplicação para ter acesso a esse conteúdo.

Em 2019 a realidade aumentada ultrapassou o declive da fase *Slope of Enlightenment*[9] para entrar no *Plateau of Productivity*[10], motivando a sua retirada do *Hype Cycle* pela *Gartner*, por já não a considerar como uma tecnologia emergente, mas uma tecnologia em fase de maturação. No mesmo sentido, Mendoza-Ramírez et al. (2023) descrevem o estado atual da realidade aumentada já não como uma inovação em desenvolvimento, mas como uma tecnologia em expansão no limiar da adoção generalizada.

Na sociedade contemporânea, as tecnologias imersivas acrescentam já várias camadas de realidades paralelas à realidade não digital. Isso já não inclui apenas a aplicação desta tecnologia a novos e diversos campos, mas também o aparecimento de novas possibilidades, novos produtos e novos mercados que aprofundam uma forma híbrida de estar no mundo. No sector da moda, por exemplo, algumas marcas começaram a vender peças destinadas a usar exclusivamente no mundo digital – o caso das sapatilhas *Gucci Virtual 25* (2021) (Fig. 1.2) – um modelo de sapatilhas não físico desenhado para ser "usado" nas redes sociais através de filtros de imagem e em plataformas virtuais como o *VRChat*[11].

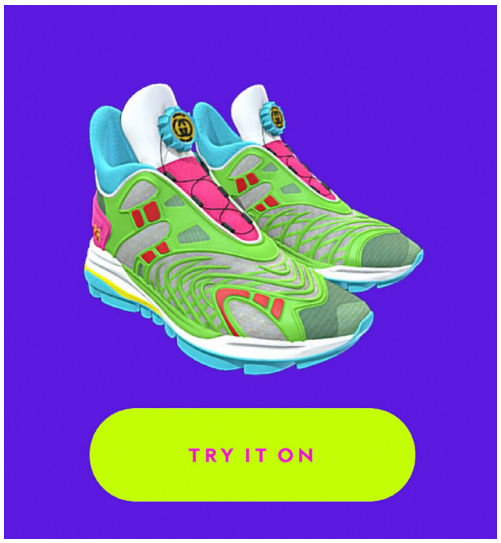


Fig. 1.2 – Modelo de sapatilhas virtuais *Gucci Virtual 25* (2021). Fonte: https://www.dezeen.com/2021/03/19/virtual-25-gucci-wanna-digital-sneaker/

9 *Slope of Enlightenment* ou "Ladeira da Informação", em português, é de acordo com a *Gartner* um período em que começam a surgir exemplos de como a tecnologia pode beneficiar uma empresa e a ser mais amplamente compreendidos (Gartner, n.d.).

10 *Plateau of Productivity* ou "Planalto da Produtividade" é de acordo com a *Gartner* um período em que a adoção generalizada começa a ganhar força.

11 https://hello.vrchat.com/, consultado em 28/10/2024.

No mundo da arte, Marina Abramovic desafia o conceito de presença física numa "instalação-performance" de realidade aumentada a que chamou *The Life* (2019) (Fig. 1.3) – em que uma captura volumétrica sua durante uma performance é apresentada ao público da *Serpentine Gallery* em Londres, com recurso aos óculos *Magic Leap One*[12].



Fig. 1.3 – Performance virtual *The Life*, de Marina Abramovic (2019), na *Serpentine Gallery* em Londres. Fonte: https://www.christies.com/en/stories/marina-abramovic-the-life-40d9fc9474a7439eb8383b298b34f5f2

No design de mobiliário, a empresa *Tylko* fornece soluções personalizáveis de mobiliário de arrumação, disponibilizando uma plataforma online (Fig. 1.4) que, através de uma funcionalidade de realidade aumentada, permite ao utilizador editar a configuração da sua peça de mobiliário, enquanto pré-visualiza essa edição diretamente no local onde vai ser disposta. A peça simulada em realidade aumentada é depois construída e o seu desenho preservado, para salvaguardar a necessidade de substituir algum elemento.

12 https://www.magicleap.com/devices-ml1, consultado em 28/10/2024.



Fig. 1.4 – Plataforma online de realidade aumentada da empresa de mobiliário *Tylko*.
Fonte: https://journal.tylko.com/better-than-ever-tylkos-fresh-new-app/

Embora esta forma híbrida de estar no mundo se limite atualmente a momentos pontuais durante a execução de determinadas tarefas, alguns autores preveem que se torne cada vez mais frequente. Ao discutir caminhos futuros para a realidade aumentada, Bolter et al. (2021) mencionam a hipótese de esta tecnologia vir a assumir uma presença constante na vida das pessoas, num cenário que dependerá da evolução contínua dos óculos e *headsets* de realidade aumentada e da sua utilização em permanência, à semelhança de óculos convencionais[13]. Apesar de a tecnologia da realidade aumentada se ter disseminado ao circuito *mainstream*[14], tornando-se relevante para uma grande variedade de campos, a sua utilização ainda acontece de modo fortuito e em momentos pontuais, principalmente através do smartphone, que permanece como a principal plataforma de realidade aumentada. Face a isso, verifica-se que ainda há um caminho a percorrer no que diz respeito à exploração do seu potencial e à sua apropriação pelo design, com vista a uma adoção mais generalizada, contínua e significante.

---

13 Alguns dos grandes protagonistas do panorama tecnológico estão a dedicar-se ao desenvolvimento de equipamento de realidade aumentada – é o caso do *headset Vision Pro* da *Apple* (https://www.apple.com/apple-vision-pro/, consultado em 28/10/2024), lançado em 2023 com a ambição de vir a tornar-se um marco na computação espacial; ou os óculos *RayNeo X2* (https://www.rayneo.com/products/tcl-rayneo-x2, consultado em 28/10/2024) lançados no mesmo ano pela empresa TLC. Enquanto o *headset* da *Apple* aposta na versatilidade e no conforto, convidando a uma utilização mais prolongada; os óculos da TLC imitam uma estética convencional que procura encorajar a utilização em público.

14 No contexto da adoção de tecnologias, o termo *mainstream* refere-se ao momento em que uma inovação, anteriormente emergente, atinge um nível de maturidade e aceitação generalizada, sendo amplamente utilizada por empresas e consumidores. Nesta fase, a tecnologia deixa de ser considerada experimental, passando a integrar práticas e processos comuns em diversos setores. Segundo o modelo da Gartner, este ponto é atingido quando a tecnologia se desloca para o *Plateau of Productivity*.

Realidade Aumentada e Design de Informação

O design de informação tem assumido ao longo do tempo variadas designações e definições que gravitam em torno do propósito de processar e transmitir informação através da produção de artefactos visuais que atuam como auxiliares cognitivos (ver "Capítulo 2 – Enquadramento Teórico"). O *Continuum of Understanding* de Nathan Shedroff (2001) permanece como uma das propostas que mais consenso reúne entre diferentes autores, enquadrando a prática do design de informação como um processo de transformação da entropia em compreensão através de uma sucessão de etapas: dados, informação, conhecimento e sabedoria[15]. O autor defende que a informação só pode ser transformada em conhecimento quando se dá uma apropriação pessoal da informação em que se relaciona o novo conhecimento com o conhecimento pré-existente.
Também Cairo (2013) aponta a importância da experiência pessoal nessa transformação ao referir que o receptor descodifica a informação recorrendo às suas próprias memórias e experiências num processo que não é nem passivo nem acrítico e que, por isso, depende em larga medida do envolvimento – *"engagement precedes decoding"* (Cairo, 2017, p. 170).

Além disso, esta apropriação pessoal da informação tem sido relacionada com a narrativa por vários autores, incluindo Shedroff, que aí reconhecem uma das principais estratégias para a comunicação de conhecimento através da condução da interpretação. Tal como notaram Gershon & Page (2001), uma história bem contada pode transmitir uma grande quantidade de informação em relativamente poucas palavras, num formato que é facilmente assimilado pelo receptor, já que, normalmente, as pessoas têm mais facilidade em compreender informação integrada em histórias do que sob a forma de listas de dados. De facto, a narrativa faz parte da forma como os humanos fazem sentido do mundo à sua volta a um nível profundo. Segundo António Damásio (2013, p. 207), a narrativa é uma operação fundamental através da qual o cérebro humano constrói consciência. Ao interagir com um objeto, o cérebro constrói um "relato" que Damásio descreve como "uma narrativa simples sem palavras" que tem personagens (o organismo e o objeto); desenrola-se no tempo; e tem princípio, meio e fim.

---

15 Na proposta de Nathan Shedroff (2001), os dados são elementos em bruto, não processados, que existem sem contexto, e que por isso, não possuem significado em si mesmos (por exemplo, uma lista de registos de temperatura); a informação resulta do processamento e organização dos dados, que adquirem significado e podem gerar compreensão ao serem contextualizados (por exemplo, um gráfico sobre a variação da temperatura ao longo do tempo); o conhecimento resulta da compreensão da informação através da sua apropriação pessoal; e a sabedoria consiste num nível mais profundo de conhecimento em que se compreendem padrões de informação o suficiente para os aplicar de forma inovadora em situações novas.

Problema

O envolvimento e a narrativa podem constituir fatores importantes para a transformação da informação em conhecimento. Na qualidade de meio imersivo, a realidade aumentada apresenta oportunidades do ponto de vista do envolvimento do utilizador, enquanto permite novas formas de narrativa (Azuma, 2015), nomeadamente novas formas de narrativa espacial (Ryan et al., 2016). Por outro lado, ao permitir uma combinação dos ambientes real e virtual, a realidade aumentada apresenta possibilidades de criação de sentido que mais nenhum outro meio suporta (MacIntyre et al., 2001). Em 2011 o Manifesto de Educação para o Design da Icograda – *International Council of Graphic Design Associations, atual International Council of Design* (ICoD) – apontava já a realidade aumentada como uma das tecnologias emergentes capazes de expandir a forma como os designers comunicam (Bennett & Vulpinari, 2011). Apesar disso, não tem sido suficientemente investigada enquanto meio para a transformação de informação em conhecimento, ie. da perspetiva do design de informação. Esse campo tem sido pouco abordado do ponto de vista comunicacional e experiencial próprio do design, sendo investigado sobretudo no contexto da ciência da computação (ver secção "2.3. Design de Informação e Realidade Aumentada"). Assim, embora exista alguma literatura disponível acerca das circunstâncias técnicas em que a realidade aumentada deve ser empregue, o mesmo não se verifica em relação às vantagens da sua utilização sob a perspetiva da compreensão da informação, ou em relação às possibilidades narrativas que este meio acrescenta. Também por esse motivo, na investigação que enquadra a representação de dados utilizando a realidade aumentada o termo "Design" tem sido tipicamente preterido por termos como "Visualização de Dados" ou "Visualização de Informação".

Face a isso, justifica-se um olhar do Design sobre as convergências possíveis entre a representação de dados e as tecnologias da realidade aumentada. Enquanto mediador da existência humana, é o Design o responsável por promover experiências significantes através da tecnologia. Segundo Vasco Branco (2015), toda a produção cultural é realidade aumentada, já que o ser humano habita um mundo aumentado por essa camada simbólica. Neste contexto, o autor aponta o design como o mediador cultural que promove a tecnociência a coisas do dia-a-dia, utilizáveis, passíveis de entrar no jogo semântico sobre o qual o ser-aqui se desenrola. Para Verbeek & Crease (2005), as tecnologias são mais do que funcionalidade, no sentido em que contribuem para moldar a experiência da existência humana, a relação entre os humanos e o seu mundo.
Ou como sintetiza Casteleiro-Pitrez (2022) é através do design que conseguiremos tornar a tecnologia mais significativa e mais próxima dos seres humanos (p. 79). Do mesmo modo que cabe à computação científica e à engenharia transpor as barreiras científicas e criar os materiais técnicos necessários à criação de uma nova tecnologia, tornando-a numa primeira instância viável e posteriormente acessível, cabe ao design encontrar as formas populares dessa tecnologia através da sua exploração, criando os paradigmas estéticos e de interação apropriados às suas caraterísticas particulares.

Nesta investigação a realidade aumentada assume-se, assim, como um suporte à mediação cultural que o Design lhe pode imprimir, à semelhança, de outros meios, que têm o potencial de serem veículos da conformação do conteúdo de uma forma que lhes é característica (McLuhan, 2001). Nesse sentido, pretendia-se dar resposta à seguinte questão central: **Em que medida a tecnologia da realidade aumentada, enquanto matéria da invenção[16], determina o desenho da configuração ou da conformação de conteúdos?**

Como questão secundária, pretendia-se esclarecer: **Quais as mais valias da utilização da realidade aumentada sob a perspetiva da representação de dados? ou seja, que novas possibilidades narrativas oferece a realidade aumentada ao design de informação?**

As questões enunciadas orientaram a investigação apresentada nesta tese e a sua resposta é relevante para o Design por vários motivos. Ao reconhecer as novas possibilidades semânticas introduzidas pela realidade aumentada (RA) no desenho da informação, avaliando tanto o seu potencial quanto as suas limitações; e ao explorar as possibilidades narrativas que a RA acrescenta à visualização de dados, a presente investigação (1) ensaia uma apropriação da tecnologia da RA por parte de designers que atuam na área da informação; (2) contribui para a criação de uma linguagem própria na representação de dados com RA; e (3) ajuda a colmatar alguma da ausência de literatura sobre Design de Informação com recurso a RA (ver "Capítulo 2 – Enquadramento Teórico").

Face à natureza especulativa das questões enunciadas e à consequente necessidade de explorar projetualmente formas de aproximação entre a representação de dados e a realidade aumentada, foi essencial encontrar um campo de aplicação que pudesse funcionar como um banco de dados, mas também como uma plataforma de discussão e reflexão sobre o tratamento desses dados. O campo de aplicação escolhido para o desenvolvimento da componente prática da tese foi o projeto "Para um Observatório de Design em Portugal: Modelos, Instrumentos, Representação e Estratégias" (Design Obs.), ativo entre 2018 e 2022, e que teve como desígnio o mapeamento do ecossistema do Design em Portugal, em três dimensões – oferta, procura e cultura.

---

16 Manzini (1993) usa o termo "matéria da invenção" para descrever os materiais e tecnologias que possibilitam a inovação e a criação no campo do design, num momento em que "o designer já não se encontra perante um número relativamente restrito de materiais com propriedades conhecidas e constantes", mas sim perante um "novo horizonte de possibilidades que não consegue dominar" devido à grande disponibilidade de materiais e à sua evolução acelerada (p. 57). A "matéria da invenção" não se limita a materiais físicos, mas também inclui componentes imateriais como informações, sistemas e processos, que hoje são fundamentais na criação de novos produtos, serviços e experiências.

1.2. Objetivos

Os objetivos desta investigação, que foram declinados no design e implementação de artefactos de informação, foram convergentes com o projeto Design Obs. e podem agrupar-se segundo duas áreas fundamentais: o design de informação e a realidade aumentada. Assim, foram objetivos principais:
– Descrever o modo de perceção no ambiente resultante da fusão entre o ambiente real e o ambiente virtual, e traçar as potencialidades e limitações dessa forma de ver para a compreensão da informação.
– Compreender e explorar como é que a realidade aumentada, enquanto meio que permite sobrepor camadas de informação virtual à realidade, poderá aumentar as possibilidades narrativas e semânticas no design de informação, incorporando fatores como a subjetividade.
– Conceber, desenvolver e testar novas estratégias de representação da informação como campo experimental de geração de evidências, partindo dos objetivos do projeto Design Obs. que se prendem com uma melhor compreensão do ecossistema do Design Português para a promoção da sua visibilidade e de um maior envolvimento público.

Alguns dos objetivos específicos desta investigação decorreram dessa intersecção com o projeto Design Obs. que estão enunciados no texto da sua candidatura e que se ligam com a investigação aprofundada em design de informação; outros advém da natureza concreta e exploratória desta proposta no que concerne à apropriação poética pelo Design, das tecnologias de realidade aumentada:

1 – Mapear, no sentido de uma geografia das qualidades do desenho, as ferramentas tecnológicas disponíveis para o design de aplicações de realidade aumentada para dispositivos móveis, bem como os exemplos pertinentes da sua utilização no âmbito do Design.

2 – Definir as características tecnológicas que possam ser estruturantes do design de informação com este "material".

3 – Experimentar e desenvolver artefactos de Design de informação com o suporte dessas tecnologias digitais e incidência sobre o ecossistema do design português e aplicação sobre os materiais gráficos e expositivos resultantes do projeto Design Obs.

4 – Criar bases teóricas e experimentais para a apropriação da tecnologia da realidade aumentada pelo design de comunicação e disponibilizar essas ferramentas à comunidade académica e profissional.

5 – Construir um enquadramento teórico e conceptual que possa servir de base à exploração de uma linguagem visual para a representação de informação, utilizando como meio a realidade aumentada, por praticantes da área do design.

1.3. A abordagem metodológica

Tendo como referencial a categorização metodológica em Design proposta por Frayling (1994) e desenvolvida por outros autores (Findeli et al., 2008; Frankel & Racine, 2010; Friedman, 2008) onde são determinadas três categorias de investigação em arte e design[17], é possível posicionar globalmente a metodologia utilizada nesta investigação na segunda categoria – Investigação através do design – que envolve a prática do design como método para gerar novos conhecimentos.

Esta investigação adota predominantemente uma abordagem baseada na prática (*Practice based approach to design research*), tal como foi originalmente identificada e definida por Saikaly (2005):

"this approach to design research was identified in the cases where the development of design projects was considered, not as the objective of the research, but as an integral part of the process. The main characteristic of this approach was the built-in flexibility of the process, since there was no commitment to a rigid plan or procedure of research. Instead, a path of discovery through design practice was followed in seeking new understanding. Action research underpinned and guided the research processes. The 'action' took place through the development of design projects. These projects were considered as a terrain or source that informed understanding and guided the evolution of the research process. This approach was applied in situated research settings requiring flexibility, intentionality, responsiveness, interventions and participation. Research processes were iterative, reflective, interpretive and dialectical." (Saikaly, 2005, pp. 8–9)

Nesta tipologia de abordagem à investigação, o objetivo não se centra na verificação de uma hipótese específica ou na resposta a uma questão de investigação direta, em vez disso lida com problemas de investigação "difusos", os chamados *"wicked problems"*, um termo que Rittel & Webber (1973) propuseram e mais tarde vários autores expandiram (Buchanan, 1992; Coyne, 2005; Cross, 2001) para descrever o tipo de questões tratadas pelo design, que se caraterizam por serem de difícil clarificação, com requisitos muitas vezes inconciliáveis, sem solução de verdadeiro ou falso, e sem indicação clara do momento de resolução, em oposição ao tipo de problemas abordáveis pelo método científico – os "problemas domáveis", ou *"tame problems"*. Os problemas difusos, tipicamente abordados pelo design, são tornados mais claros com o decorrer da investigação que passa a centrar-se na busca de uma situação melhor como "solução plausível". Nesta abordagem, em vez de um estudo analítico aprofundado em torno da natureza do problema, os investigadores tentam descobrir a natureza do problema criando diferentes soluções através da prática projetual. Como notam Frankel & Racine (2010), os dois aspetos mais relevantes desta abordagem são o facto de permitir que os investigadores lidem com problemas difusos e de permitir que se tornem construtores ativos de futuros possíveis (p. 2894). Dessa forma, o projeto de design é considerado não como objetivo

---

17 *Research into art and design; Research through art and design; Research for art and design* (Frayling, 1994).

de investigação, mas como uma parte integral do processo. Através desta abordagem, o processo torna-se mais flexível e livre de condicionamentos rígidos e a prática do design é heurística, movimentando-se em ciclos de "Ação Investigação" (*Action Research*) que, de forma não linear, capturam, analisam, exploram e transmitem ideias através da invenção, validação e implementação.

A natureza desse processo encontra-se intimamente ligada a um tipo de pensamento construtivo (Saikaly, 2005) associado ao raciocínio abdutivo – que Cross aponta como um tipo de lógica necessária ao design (Cross, 1982) – o passo necessário da função para a forma, um tipo de diálogo ou conversa que acontece entre a representação interna e a representação externa, tornando incontornável o reconhecimento de que o design é reflexivo (Cross, 1999).

Dorst (2011, pp. 522-523) clarifica o pensamento abdutivo, contextualizando-o à luz dos diferentes padrões de raciocínio usados pelos humanos na resolução de problemas – dedução, indução e abdução. Para isso, compara diferentes configurações dos elementos conhecidos e desconhecidos na seguinte equação: "O QUÊ (coisa) + COMO (princípio de funcionamento) = (conduz a) RESULTADO (observado)". Na dedução conhece-se a coisa e o princípio de funcionamento, sendo possível prever o resultado com precisão, enquanto na indução conhece-se a coisa e o resultado, mas não se conhece o princípio de funcionamento conducente ao resultado observado. A sua descoberta envolve, neste caso, a proposta de várias hipóteses, que são depois sujeitas a testes rigorosos, que apoiados na dedução, levam à exclusão de hipóteses. Assim, na tradição científica, estas duas formas de raciocínio analítico são os mecanismos que permitem prever e explicar um determinado fenómeno.

Quando está em causa a criação de valor em vez da constatação de um facto, como é o caso nas disciplinas que lidam com o pensamento produtivo, a equação muda no sentido da obtenção desse valor, para: "O QUÊ (coisa) + COMO (princípio de funcionamento) = (conduz a) VALOR (a que se aspira)". O padrão de raciocínio presente no pensamento produtivo é a abdução, que pode assumir duas formas: numa primeira forma, associada à resolução de problemas convencional, conhece-se o valor que se pretende criar, bem como o mecanismo de funcionamento que levará a esse valor, sendo necessário encontrar a coisa – um objeto, serviço ou sistema. A segunda forma de pensamento abdutivo é mais complexa, já que apenas se conhece o valor final que se pretende atingir, pelo que o desafio consiste em criar a coisa e o princípio de funcionamento paralelamente.

Costa (2014, p. 98) destaca a natureza paradoxal do processo abdutivo que é simultaneamente resposta projetual e enunciado, citando Mari sobre a ideia de projeto: *"Si può anche dire, non cosi paradoxalmente, che un progetto non mira ad altro che alla definizione della domanda che l'ha generato"* (Mari, 2003, p. 95)[18].

Neste contexto, o raciocínio abdutivo, característico do design, assume uma função de suporte e guia do processo, cujo objetivo é, ainda segundo Saikaly (2005), o de inventar "ideias plausíveis" de fenómenos representados através da prática do design.

Em concordância com os princípios desta metodologia, neste processo de investigação a criação de conhecimento foi orientada pela prática projetual em ciclos

---

18 ou em português: "um projeto nada mais visa do que a definição da questão que o gerou." (Mari, 2003, p.95).

de ação reflexão, que se materializaram numa sucessão de ensaios práticos, intercalados por alguns momentos predominantemente reflexivos, onde a componente prática não esteve presente ou não foi central à investigação. Por uma questão de organização, cada capítulo da tese marca um novo ciclo iterativo, onde são detalhados os métodos utilizados em função daquilo que aí se procurava conhecer. Face aos objetivos traçados, esta metodologia permitiu dar resposta à necessidade de fazer percursos distintos em cada momento – às vezes lendo, às vezes experimentando, outras vezes testando – utilizando métodos e técnicas específicos adequados aos objetivos de cada etapa, que serão apresentados no respetivo contexto.

1.4. Estrutura da dissertação

O corpo desta tese é composto por três capítulos principais: "Enquadramento Teórico", "Um Roteiro de Ensaios e Experiências", e "A Visualização Narrativa no Espaço Híbrido". O "Enquadramento Teórico" aborda a convergência entre o design de informação, especificamente a representação de dados, e a tecnologia da realidade aumentada, organizando-se em três partes: "Sobre o Design de Informação" discute a disciplina como uma prática ancestral com uma relação intrínseca com a inovação tecnológica e um modo particular de se apropriar dela, em resposta aos problemas de cada época; "Sobre a realidade aumentada" contextualiza tecnicamente a realidade aumentada, discute as suas características distintivas enquanto meio, oferece uma breve contextualização histórica e apresenta alguns campos de aplicação considerados significantes na atualidade; "Design de Informação e realidade aumentada" caracteriza o panorama da investigação nessa área e discute a importância de uma intervenção do design.

"Um Roteiro de Experiências" apresenta e discute os primeiros três ensaios práticos realizados nesta investigação com o objetivo de aplicar a tecnologia da realidade aumentada ao Design de Informação e divide-se em cinco partes:

O ponto 3.1. "Introdução" trata da motivação que esteve na origem desta investigação; aborda o papel da exploração no pensamento em Design e na formação de convenções estéticas para um novo meio; apresenta o projeto Design OBS como campo de aplicação da investigação, nomeadamente dos ensaios II, III, IV e V; e narra o trajeto percorrido ao longo da fase projetual, justificando algumas das opções que estiveram na origem dos protótipos desenvolvidos. O ponto 3.2. "Explorando a realidade aumentada no design de informação (Ensaio I)" apresenta uma série de experiências preparatórias realizadas tendo por base o *Figurative Map* (1869) de Charles Minard, com o intuito de confirmar o interesse e a viabilidade técnica de incorporar esta tecnologia a uma peça de design de informação fechada e conhecida pela sua qualidade integral.
O ponto 3.3. "A combinação da fisicalização com a realidade aumentada (Ensaio II)" incide na representação de dados através da combinação entre uma fisicalização[19] e uma

19 Artefacto físico cuja geometria ou propriedades materiais codificam dados.

camada de realidade aumentada. O ponto 3.4. "A visualização de dados no espaço híbrido (Ensaio III)" explora a representação de dados com realidade aumentada no ambiente real sem ancorar a experiência a qualquer objeto interpretativo. O ponto 3.5. "Discussão dos resultados" debate as conclusões retiradas dos três ensaios mencionados.

A "Visualização narrativa no espaço híbrido" aproxima a representação de dados com realidade aumentada e a dimensão narrativa, organizando-se segundo quatro partes: "Narrativas para o Espaço Híbrido" explora as possibilidades narrativas que a realidade aumentada acrescenta ao design de informação a partir do estudo de um conjunto de casos provenientes do jornalismo imersivo; "A visualização de dados no espaço híbrido e a narrativa (Ensaio IV)" averigua os aspetos em que a perceção do espaço híbrido difere ao utilizar um dispositivo montado na cabeça (*head-mounted display*) e um dispositivo portátil (*hand-held display*); o "Representação de dados com ferramentas *no-code* (Ensaio V)" identifica as limitações das ferramentas *no-code* atualmente disponíveis face a plataformas de desenvolvimento e apresenta uma proposta projetual a que se chamou *Pencils II*, no sentido de ilustrar uma representação de dados com utilização exclusiva de ferramentas sem programação; a "Discussão dos resultados" relaciona os três momentos do capítulo.

Os cinco ensaios apresentados nesta investigação procuram, através da prática projetual, dar resposta à questão de investigação "Em que medida a tecnologia da realidade aumentada, enquanto matéria da invenção, determina o desenho da configuração ou da conformação de conteúdos?". Ao aprofundar esta questão, esses ensaios convergem para o objetivo de descrever o modo de perceção no ambiente resultante da fusão entre o ambiente real e o ambiente virtual, traçando as potencialidades e limitações dessa forma de ver para a compreensão da informação.

O subcapítulo intitulado "Narrativas para o espaço híbrido" visa esclarecer a questão secundária sobre as novas possibilidades narrativas trazidas pela realidade aumentada ao design de informação, contribuindo diretamente para o objetivo de compreender e explorar como é que a realidade aumentada, enquanto meio que permite sobrepor camadas de informação virtual à realidade, poderá aumentar as possibilidades narrativas e semânticas no design de informação, incorporando fatores como a subjetividade.

O conjunto de ensaios II, III, IV e V – "Desafios e oportunidades ao combinar a fisicalização de dados com realidade aumentada – um caso exploratório"; "A visualização de dados no espaço híbrido – limitações e oportunidades para o design"; *Floating Companies II* e "Representação de dados com ferramentas *no-code*" – tem subjacente o terceiro objetivo principal desta investigação, ou seja: conceber, desenvolver e testar novas estratégias de representação da informação como campo experimental de geração de evidências, partindo dos objetivos do projeto Design Obs. que se prendem com uma melhor compreensão do ecossistema do Design Português. O ensaio V sobre a representação de dados com ferramentas *no-code* procura ao mesmo tempo responder ao objetivo de criar as bases teóricas e experimentais para a apropriação da tecnologia da realidade aumentada pelo design de comunicação, disponibilizando essas ferramentas à comunidade académica e profissional.

À exceção do capítulo dedicado ao enquadramento teórico, todos os subcapítulos desta tese partem de adaptações de artigos anteriormente publicados cuja referência se encontra junto do respetivo capítulo.

Capítulo 2. **Enquadramento Teórico**

A investigação realizada sobre realidade aumentada, que foi conduzida com a lente do design de informação, teve três fatores principais de motivação: em primeiro, a escassez teórica acerca da representação de dados com recurso a realidade aumentada no campo do design de informação; em segundo o estado de maturação tecnológica evidenciado na área da realidade aumentada e a disponibilidade de ferramentas de autoria a públicos alargados; e, por último, uma motivação de ordem prática ou pragmática, a possibilidade de fazer convergir a investigação sobre o design de informação com realidade aumentada à investigação sobre o Design Português no âmbito do projeto DesignOBS.

À data do início desta investigação, em 2019, a ausência intrigante do termo "design de informação" associada a projetos de realidade aumentada em jornais e revistas académicas de referência nessa área indiciava uma lacuna à espera de ser colmatada e, nesse sentido, apontava uma oportunidade de investigação do ponto de vista do design.

"We are at a moment in this new medium similar to the earliest moments in narrative film at the turn of the previous century. We cannot yet know which conventions will seem compelling to users; only when creative artists have authored a significant number of AR experiences, will we be able to tell which of these media forms is viable."
(MacIntyre et al., 2001, p. 9).

Em 2019, com as tecnologias de base necessárias à criação de experiências de realidade aumentada a encaminharem-se rapidamente para um estado de total ou quase total maturidade, e com as ferramentas de autoria a tornarem-se cada vez mais acessíveis a criadores e praticantes não tecnólogos, a realidade aumentada parecia atravessar uma fase de "folha em branco à espera de intervenção criativa", como refere Casteleiro-Pitrez (2022), muito aliciante do ponto de vista criativo. Este estado de desenvolvimento tecnológico aliado à ainda incipiente apropriação desta tecnologia por designers faz da realidade aumentada um campo muito atrativo visto que ainda mantém todas as possibilidades em aberto, ie. não dispõe para já de convenções estéticas próprias estabelecidas, que só deverão formar-se a partir de uma exploração do meio por um conjunto mais alargado de praticantes, como apontava MacIntyre (2001).
Por fim, uma motivação de ordem mais pragmática consistiu no propósito de convergir diversos interesses e projetos de investigação, promovendo a criação de sinergias, neste caso com o DesignOBS. – um projeto com uma forte componente de design de informação que visava, entre outros objetivos, a recolha, sistematização e representação de dados sobre o ecossistema do Design Português.

"It is at the border between different techniques or disciplines that most new discoveries are made, most action is inaugurated." (Papanek, 1984).

Com o intuito de oferecer suporte teórico aos capítulos subsequentes da tese, o enquadramento que se segue interseta o design de informação, no âmbito específico da representação de dados, e a tecnologia da realidade aumentada, organizando-se em três partes: a primeira parte relativa ao design de informação; a segunda sobre realidade aumentada; e a terceira parte dedicada à convergência entre as duas áreas mencionadas.

Na primeira parte faz-se um breve enquadramento do design de informação de acordo com as propostas de alguns dos seus autores mais relevantes e apresenta-se este campo do design como prática desde sempre ligada à experiência humana e à necessidade de compreender o que nos rodeia. A relação entre design e tecnologia começa a delinear-se através de um olhar sobre os diferentes paradigmas por trás do desenvolvimento do Design de Informação enquanto disciplina, como reação às inovações tecnológicas e transformações sociais que acompanharam a humanidade, e como forma de dar resposta aos diferentes tipos de problema originados por essas mudanças. Por último, aborda-se a apropriação da tecnologia pelo design de informação com a apresentação de alguns casos paradigmáticos que pontuam a sua história, no sentido de ilustrar através de casos práticos relevantes a ação do designer ao explorar uma determinada tecnologia.

A segunda parte, dedicada à realidade aumentada apresenta, em primeiro lugar, um enquadramento técnico que incide na sua definição, requisitos técnicos e tipos de sistemas existentes. Em seguida, é feita uma contextualização da RA enquanto meio de comunicação, abordando as características que a distinguem de meios precedentes e destacando a importância da dimensão espacial. Esta secção inclui ainda uma breve revisão histórica e um levantamento dos principais campos de aplicação.

Na terceira parte caracteriza-se o panorama da investigação que cruza o design de informação e a realidade aumentada. Nesse ponto, aborda-se o surgimento de duas áreas de estudo principais dedicadas à apresentação de informação em ambientes imersivos – a *Immersive Analytics* e a *Situated Analytics* – com enfoque na *Immersive Analytics* que, pela sua relevância no contexto desta tese, é descrita em maior profundidade.
Face à escassez de literatura do ponto de vista do design na área da *Immersive Analytics*, aborda-se o papel mediador do design e a necessidade de desenvolver uma linguagem estética própria para a RA a partir das suas qualidades únicas como meio.

2.1. Sobre o Design de Informação

O território do design de informação abarca uma miríade de temas, suportes, áreas de trabalho e de investigação crescente. Dele fazem parte, por exemplo, a infografia, a tipografia, a interação, as instruções técnicas, o *wayfinding*, ou a visualização científica, entre outras. Além disso, o próprio termo "design de informação" é apenas uma entre várias expressões surgidas ao longo das últimas décadas para definir este campo do design.

São vários os autores que propõem designações e definições para o desenho da informação. Em "As designações do desenho para a compreensão", Costa (2014) apresenta um levantamento detalhado das definições e autores mais relevantes para a discussão e enquadramento desta disciplina. Dessa recolha, destacam-se, por exemplo, as abordagens de autores como Jacobson (1999), Wurman (2001), Raskin (1999), Bonsiepe (1997) e Providência (2012), pelo esforço de propor uma perspetiva sobre a disciplina capaz de lidar com os desafios ligados à necessidade de gerar compreensão através do desenho.
Jacobson (1999) descreve "design de informação" como uma prática singular dentro do design, cujos objetivos são o tratamento e uso sistemático dos suportes, canais e sinais da comunicação de forma a produzir compreensão[1]. Wurman, (2001) recorre ao termo "arquitetura da informação" e descreve a sua prática da seguinte forma: *"Effective information architects make the complex clear; they make the information understandable to other human beings"* (p. 23). Jef Raskin (1999), por outro lado, defende que a informação em si não pode ser desenhada, o que pode ser desenhado é a sua forma, a sua representação, propondo o termo *Information Representation Design* ou design da representação de informação, numa tentativa de tornar o conteúdo independente da forma[2]. O autor argumenta que a informação é uma abstração separada, tanto do significado de uma mensagem, quanto da forma particular que essa mensagem pode assumir. Portanto, o papel do designer não é moldar a informação em si, mas sim as maneiras pelas quais ela é transmitida e representada. No seu diagrama ontológico do design, Gui Bonsiepe (1997, p.10) apresenta o design como uma interface entre três campos heterogéneos: o utilizador (corpo), a ação (objetivo) e a ferramenta (ou informação). Para o autor, a interface "revela o caráter de ferramenta dos objetos e o conteúdo comunicativo das informações. A interface transforma objetos em produtos. A interface transforma sinais em informação interpretável. A interface transforma simples presença física (*Vorhandenheit*) em disponibilidade (*Zuhandenheit*)" (p. 12).
À semelhança de Bonsiepe, também Providência (2012, p. 53) se encaminha para a ideia de design como interface, ao propor o design como "desenho de artefactos, dispositivos e serviços de mediação cultural". Esta ideia do Design como mediador cultural encontra-se também na proposta de Serges Gagnon (Citado por Lunenfeld, 2003, p. 10) que define design como "a apropriação cultural da tecnologia", entendendo-se "apropriação" como "tornar adequado ou conveniente"[3].

---

1 *"My own belief is that there is a unique design practice that can be identified as information design. Its purpose is the systematic arrangement and use of communication carriers, channels, and tokens to increase the understanding of those participating in a specific conversation or discourse."* (Jacobson, 1999, p.4).

2 *"There Is No Such Thing As Information Design (...) Information cannot be designed; what can be designed are the modes of transfer and the representations of information. This is inherent in the nature of information, and it is important for designers to keep the concepts of information and meaning distinct. Information is an abstraction from any meaning a message might have and from any particular form a message might take."* (Raskin, 1999, p. 342).

3 De acordo com o dicionário Priberam (https://dicionario.priberam.org/, consultado em 29/07/2024).

Há no centro de todas estas propostas uma ideia implícita de processo que visa transformar a entropia em compreensão, em clareza – ou como refere Bonsiepe "transformar a mera presença física em disponibilidade". Esse processo é descrito de formas distintas por diferentes autores, porém, o contributo de Nathan Shedroff permanece ainda hoje porventura o mais citado e aquele que mais consenso reúne entre designers. No seu *Continuum of Understanding*, Shedroff (2001) (Fig. 2.1) descreve a compreensão como um processo gradativo constituído por uma sequência de etapas que compreendem os Dados, a Informação, o Conhecimento e a Sabedoria, contextualizando esses momentos com as operações que se verificam em cada um deles.

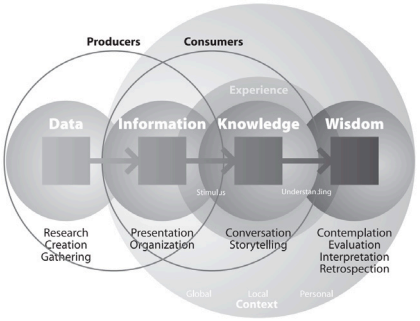


Fig. 2.1 – *Continuum of Understanding*, por Shedroff (2001).

O autor começa por desfazer a confusão comum entre dados e informação – conceitos muitas vezes empregues como sinónimos – lembrando que sem contexto não há informação. Enquanto os dados correspondem ao que Bonsiepe chama de "simples presença física", a informação resulta da forma variável como os dados são organizados e apresentados. Shedroff relembra a subjetividade da informação (anteriormente abordada por Tufte na primeira edição de *Visual Display of Quantitative Information* de 1987), uma vez que a organização dos dados, só por si, pode alterar a sua interpretação – ao esconder ou revelar diferentes aspetos dos dados de acordo com a mensagem a comunicar.
Um exemplo histórico muitas vezes associado à subjetividade da informação e à natureza persuasiva que a sua representação visual pode tomar é o *Diagram of the Causes of Mortality in the Army in the East* (1858) (Fig. 2.2), de Florence Nightingale.
Neste gráfico polar (também referido como *rose diagram* ou *coxcomb*) são representadas as principais causas de mortalidade nos hospitais militares – a azul as doenças evitáveis, a vermelho os ferimentos de guerra e a preto outras causas. Diferente do gráfico circular, no gráfico polar todas as secções têm o mesmo ângulo e cada uma representa um intervalo temporal, neste caso a circunferência divide-se em doze partes correspondentes aos meses do ano e a expressão quantitativa de cada causa é dada pelo comprimento do raio de cada secção e não pela área, como seria expectável. Esta configuração gráfica exagera o número de mortos provocados por doenças evitáveis, de tal forma que apesar de Nightingale não ter inventado o gráfico polar, o seu diagrama tornou-se um marco na medicina por ter sido instrumental para convencer o governo britânico da necessidade de um melhor sistema de saúde (Meirelles, 2013).

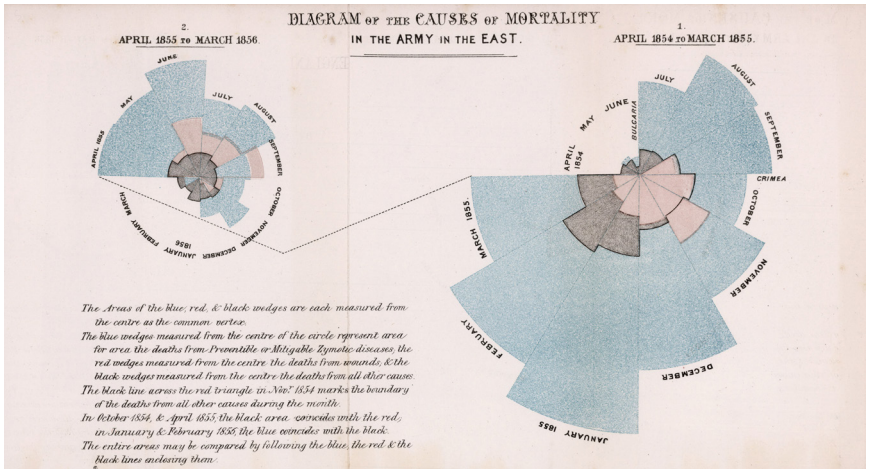


Fig. 2.2 - *Diagram of the Causes of Mortality in the Army in the East* (1858), Florence Nightingale (1820-1910). Fonte da imagem: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/Nightingale-mortality.jpg

A transformação da informação em conhecimento coloca o foco no receptor e na experiência, uma vez que o conhecimento só pode ser obtido experimentando o mesmo conjunto de dados de diferentes formas e diferentes perspectivas, numa apropriação pessoal da informação que depende do modo como o recetor reorganiza a informação de acordo com as suas experiências prévias e expectativas – o problema do armazenamento de que falou Flusser na palestra *Como explicar a arte*[4]:

"O homem armazena informações adquiridas, e procura transmiti-las a outros homens. Dois problemas diferentes se envolvem nisto. O armazenamento supõe um reprocessamento das informações, já que estas devem ser adaptadas à estrutura do armazém e às informações já armazenadas." (Flusser, 1981).

Neste processo de transformação da informação em conhecimento, Shedroff aponta o papel central da narrativa[5], através do *storytelling* e da conversação, defendendo que uma das melhores formas de comunicar conhecimentos é através de histórias. As boas histórias são ricas em detalhes e proporcionam uma base sólida para a construção da experiência, enquanto se abrem a múltiplas interpretações.

---

4 Palestra de Vilém Flusser (1920-1991) proferida na Galeria Paulo Figueiredo, transcrita por Gabriel Borba (palestra de 28/10/1981). Consultado em: http://www.flusserbrasil.com/art218.pdf

5 O tema da narrativa no Design de Informação é retomado e desenvolvido em maior profundidade no Capítulo 4 – Integração da Narrativa.

À medida que se avança no *continuum* a compreensão torna-se gradualmente mais profunda e no último nível do conhecimento – sabedoria – há uma apropriação do conhecimento tão íntima que não é verdadeiramente possível transmiti-la[6].

A importância do *continuum* de Shedroff é evidente na quantidade de propostas de outros autores que partiram dessa base para construir os seus próprios processos de desenho da informação. São o caso, por exemplo, de Ben Fry (2004) com uma abordagem que se enquadra sobretudo no domínio das ciências da computação e que prevê os seguintes passos: 1. adquirir; 2. analisar; 3. filtrar; 4. extrair; 5. representar; 6. refinar; 7. interagir[7]; ou de Graffieti et al. (2011) que recorrem à metáfora teatral e cinematográfica ao propor uma escala de cinco etapas agrupadas em três momentos distintos: preparação de palco, preparação de cenário e realização[8], com o objetivo de introduzir a narrativa no design de informação de uma forma mais profunda. É também o caso de Venturini et al., (2015), que propõem o modelo *Datascape navigation through storytelling and exploration* (Fig. 2.3), uma abordagem que visa o mapeamento da controvérsia num processo composto por dois movimentos – da complexidade para a simplicidade e vice-versa.

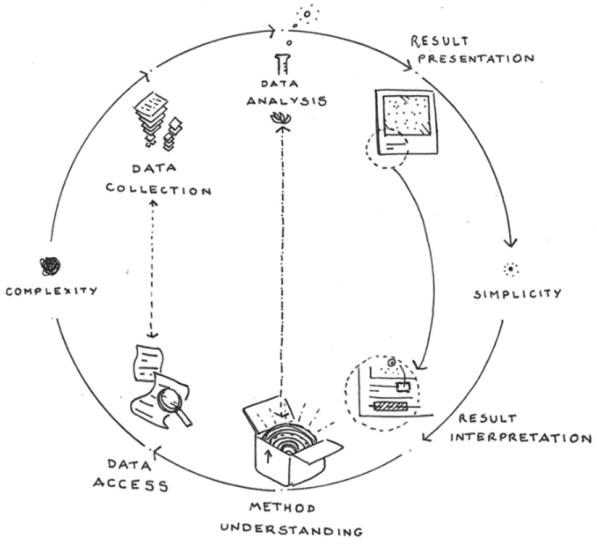


Fig. 2.3 – *The circle of datascape navigation through storytelling and exploration* (Venturini et al., 2015).

O primeiro movimento – da complexidade para a simplicidade – implica três fases que consistem na recolha, análise e apresentação de dados; enquanto o movimento inverso – da simplicidade para a complexidade – prevê o acesso do leitor à interpretação

6 *"Like with knowledge, wisdom operates within us instead of outside us so the transmission or sharing of wisdom is next to impossible. What can only be shared is the experiences that form the building blocks for wisdom"* (Shedroff, 2001, p.29).

7 *1. Acquire; 2. Parse; 3. Filter; 4. Mine; 5. Represent; 6. Refine; 7. Interact.*

8 *Stage, Scenario, e Direction set-up.*

de resultados que teve lugar na sua apresentação, aos métodos utilizados para a análise, e por fim aos dados em bruto, com o intuito de promover a transparência relativamente a todas as etapas de tratamento dos dados. Apesar de não referir Shedroff, este modelo tem implícita uma transformação dos dados em informação, ou, nas palavras dos autores, uma transformação da complexidade em simplicidade.

2.1.1. Do Design de Informação à Visualização de Dados

"Sabemos que design, nas suas várias acepções, resume essencialmente uma ideia de projeto – antecipação, intencionalidade, desenho, forma, implementação, função – algo que é inerente ao ser humano. Sabemos também desde meados do século passado, com Shannon[9], que tudo o que nos rodeia é informação (...) Nesse sentido, o design terá sido sempre o design da informação, o que é verdade, tal como sempre foi o design da comunicação, ou até o design de produto." (Costa, 2014, p. 77).

Apesar da contemporaneidade das propostas anteriormente referidas para uma definição e enquadramento do design de informação como processo, a sua génese é muito anterior ao surgimento desse termo e remonta aos primórdios da humanidade. Os paradigmas que nortearam a prática de desenhar informação ao longo da sua história foram mudando – o que é evidente na evolução dos termos que designam a disciplina – para acompanhar e refletir os desenvolvimentos tecnológicos e sociais de cada época.

Para Costa (2014), a expressão "Design de Informação" surgiu revelando uma constatação óbvia: a atividade designada por esse termo sempre existiu como parte da experiência humana. Essa ideia tem sido repetidamente defendida por diversos autores, nomeadamente Dervin (1999) e Waller (2011 [1995]), um dos primeiros a propor a denominação deste novo campo. Esta convicção parte do pressuposto de que, desde os primórdios da humanidade, a compreensão da informação tenha estado ligada à sobrevivência e à necessidade de compreender o que nos rodeia. Tal como nota Spiekermann (Black et al., 2017), ainda hoje a compreensão da informação pode ser uma questão de sobrevivência – "a diferença entre ser um sobrevivente e uma vítima pode ser tão simples como encontrar o sinal de saída".

Assim, o design de informação como prática existiu sempre que foi necessário gerir informação, e por isso é muito anterior à própria designação do campo. Antes das primeiras versões da escrita terem surgido na Mesopotâmia por volta de 3000 a.C., a representação visual já era utilizada como forma de comunicação. Desde o Paleolítico inicial até ao Neolítico (35 000 a 4000 a.C.), os primeiros africanos e europeus deixaram pinturas rupestres, como as pinturas das grutas de Lascaux (Fig. 2.4) no sul de França ou de Altamira em Espanha (Meggs & Purvis, 2012). Esta forma de pintura tinha como objetivo registar acontecimentos importantes, transmitir conhecimento às gerações

9 Shannon, C. E., & Weaver, W. (1964 [1949]). The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press.

futuras e perpetuar rituais ligados ao mundo espiritual. Pensa-se que uma versão inicial desta forma de escrita tinha como objetivo manter um registo de contabilidade, uma vez que os artefactos mais antigos são tábuas com listas de mercadorias acompanhadas por números organizados em colunas.



Fig. 2.4 - Pintura rupestre de Lascaux, França, c. 15.000-10.000 a.C.. Fonte da imagem: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Lascaux_painting.jpg



Fig. 2.5 - Tábua de argila suméria, provavelmente do sul do Iraque, c. 3100-3000 a.C.. Fonte da imagem: https://www.britishmuseum.org/collection/image/121754001

Compreender o design de informação em profundidade implica inevitavelmente compreender a sua génese e o seu processo evolutivo, observando as principais inovações e o seu impacto na sociedade. A tecnologia que cada época tem à sua disposição – o barro, o papel, o fio (no caso dos Incas), os sistemas computacionais – determina também o modo como cada povo desenha a forma de arquivar ou transmitir informação.
Entre as obras que oferecem uma contextualização histórica mais completa e compreensiva do design de informação encontram-se: Friendly (2008), que divide a história do design de informação em várias épocas, desde a fase pré século XVII com os primeiros mapas e diagramas até ao período que vai desde 1975 a 2008 com a visualização dinâmica e interativa; e Friendly & Wainer (2021) num estudo que compreende desde as primeiras representações visuais pré-históricas até à história recente da visualização de dados, correspondente ao intervalo entre as décadas de 1950 e 1980.

Apesar de uma longa tradição histórica na representação visual de informação que remonta aos nossos antepassados pré-históricos, as diferentes designações em torno deste campo – design de informação, arquitetura da informação, ou representação da informação – tiveram origem sobretudo depois de 1949, no pós Teoria Matemática da Informação,

momento em que a palavra "informação" emergiu com renovada importância[10].
Até então este território era designado por design de comunicação, design gráfico ou design tipográfico. Historicamente, o "design de informação" enquanto atividade assim designada surgiu com o lançamento do *Information Design Journal* no Reino Unido em 1979, no que Waller (2011) considerou uma primeira tentativa de reunir designers em torno do objetivo de ir além das questões meramente gráficas para trabalhar em torno dos processos de planeamento da informação. Apesar de este argumento ter sido instrumental na valorização da nova designação e num reenquadramento da disciplina de acordo com os valores da altura, na verdade, o design – quando o é – nunca reflete apenas questões meramente gráficas.

Esta mudança de paradigma na qual se tentou dar um novo contexto à prática de representar informação foi uma reação às profundas alterações tecnológicas e sociais introduzidas com o início da Era da Informação a partir de meados do século XX, é caracterizada pelo aumento do fluxo de informação mediática partilhada a nível mundial. A Era da Informação deu origem a profundas alterações sociais descritas por vários teóricos dos media, dos quais um dos mais relevantes continua a ser Marshall McLuhan (1962) que previa que as novas tecnologias da informação e comunicação transformariam o mundo numa aldeia global ao permitir a interconexão e troca de informação a nível global.

"Information was once a sought after and treasured commodity like a fine wine. Now, it's regarded more like crabgrass, something to be kept at bay." (Wurman, 2001, p. 8).

Com a Era da Informação, o estatuto da informação alterou-se definitivamente para deixar de ser considerada um bem escasso e valioso, para se tornar uma matéria superabundante, tal como resume Wurman. O advento da internet veio materializar a visão de McLuhan, de tal modo que a capacidade humana de gerar dados passou a exceder em muito a capacidade de os compreender, pelo que encontrar padrões e estabelecer ligações significativas no interior de redes de dados complexas surgiu como um dos maiores desafios do século XXI (Lima, 2011).

Neste panorama dominado pela necessidade de extrair sentido de enormes conjuntos de dados, o design de informação passaria por uma nova mudança de paradigma, desta vez para se recentrar na importância de visualizar com o objetivo de auxiliar a cognição. Esta ênfase na visualização teve origem durante as décadas de 1980 e 1990 a partir de áreas como a *computer graphics* e a *human-computer interaction* (Bederson & Shneiderman, 2003). De acordo com Friendly et al., (2001) os avanços na *human-computer interaction*, a par com os avanços na estatística computacional e na

10 Ao mesmo tempo, na história da ciência moderna, esta altura seria analisada pelo cientista Warren Weaver (1948) como um ponto de viragem relativamente ao tipo de problemas abordados pela ciência – os "problemas de complexidade desorganizada" dariam lugar aos "problemas de complexidade organizada" em que por um lado há um maior número de variáveis disponíveis para analisar, e por outro lado essas variáveis interligam-se e são dependentes umas das outras, formando sistemas complexos (Lima, 2011).

apresentação gráfica, onde se destaca sobretudo o contributo de Jacques Bertin (1967) nas décadas de 1960 e 1970, criaram paradigmas completamente novos para a exploração gráfica dinâmica e interativa. Desde então diversas disciplinas surgiram utilizando diferentes designações em torno da necessidade de representar e visualizar dados – é o caso, por exemplo da visualização científica, da visualização de informação, ou da visualização de dados, entre outras disciplinas emergentes que foram ganhando relevância nas últimas décadas em proporção direta com a crescente disponibilidade de dados. Estes termos são muitas vezes empregues indistintamente, pelo que os seus âmbitos de atuação se tornam por vezes indissociáveis.

De acordo com a recolha de Masud et al. (2010), a visualização de dados consiste na prática de usar representações gráficas para fornecer *insights* visuais sobre um conjunto de dados e pode incluir tanto representações estáticas como dinâmicas, abrangendo tanto visualizações desenhadas manualmente (não algoritmicamente) como visualizações geradas algoritmicamente por computador. A visualização de informação distingue-se da visualização de dados ao restringir-se a representações geradas por computador e que incluam interatividade. Por último, a visualização científica lida com dados baseados em fenómenos físicos, por exemplo, dados geográficos. Enquanto a visualização científica lida principalmente com processos físicos tridimensionais com uma realidade física associada (por exemplo o fluxo de sangue nas válvulas cardíacas ou a formação de tornados), a visualização de informação aborda fenómenos abstratos para os quais pode não existir uma realidade física natural (por exemplo os movimentos da bolsa, as relações sociais ou os níveis de expressão genética) (Bederson & Shneiderman, 2003).
Apesar de algumas distinções mais estanques, as fronteiras entre as várias temáticas que compõem a visualização são difusas e dependentes de diversos fatores, razão pela qual tantos autores continuam a dedicar-se à tentativa de classificar as áreas que compõem este campo.

Os diferentes paradigmas por trás do desenvolvimento do Design de Informação enquanto disciplina foram ao longo da história um reflexo das inovações tecnológicas e transformações sociais que acompanharam a humanidade e uma reação à necessidade de dar resposta aos diferentes tipos de problema originados por essas transformações – os problemas relacionados com a escassez de dados enfrentados no início da cartografia, por exemplo, são drasticamente diferentes dos problemas relacionados com a abundância de dados que hoje caracterizam a atividade dos designers. A designação "Visualização de Dados" enquadra atualmente a maioria da investigação e prática em torno da representação de dados, delegando frequentemente o termo "Design de Informação" para segundo plano. Apesar de todas as mudanças de paradigmas e revoluções tecnológicas, o Design de Informação mantém-se como a mediação cultural dos dados, ou seja a sua transformação em algo apropriável. Face a esse desígnio, o papel do designer continua a ser o de gerir informação – processando-a para depois a transmitir[11], desvalorizando fronteiras artificiais entre áreas de trabalho para concentrar a sua ação a um nível mais profundo na combinação entre tecnologia, autoria e programa.

---

11 Os termos "processar" e "transmitir" são uma referência às palavras usadas por Flusser na palestra "Como explicar a arte", que voltará a ser abordada na secção "2.3.2. O papel do Design".

Apesar desta desvalorização assumida relativamente aos limites das várias áreas de trabalho que compõem o design de informação, impõe-se, por motivos de ordem operacional, um esclarecimento sobre a distinção entre design de informação e visualização feita no contexto desta tese. Assim, assume-se o design de informação como uma disciplina lata que abrange múltiplos temas que se foram transformando em áreas de trabalho e de investigação específicas, onde se inclui, além da visualização, áreas como a infografia, a sinalética, a tipografia, a interação, ou as instruções técnicas (IDX, 2007). No contexto da visualização, consideramos a distinção entre visualização de dados, visualização de informação e visualização científica proposta por Masud et al. (2010), e referida anteriormente. Neste âmbito, principalmente nas publicações que dão corpo aos capítulos 3 e 4, o termo visualização de dados foi frequentemente utilizado em detrimento do design de informação, o que denota, por um lado, um estreitamento do foco da investigação, e por outro, o intuito de posicionar este trabalho num corpus alargado de investigação existente, e não uma desvalorização do termo "design".

2.1.2. A apropriação tecnológica pelo Design de Informação

Casteleiro-Pitrez (2022) enquadra o estado atual do design de informação como uma disciplina profundamente transdisciplinar em que é necessário misturar diferentes tipos de informação, meios, formatos e linguagens. No processo de transformar dados em informação, e informação em conhecimento, o designer pondera quais os recursos mais adequados a cada projeto, considerando a densidade da informação, o público e o contexto. Os recursos disponíveis assumem as mais variadas formas e tecnologias – obrigando o designer a dominar conhecimentos em áreas transdisciplinares ou recorrer a equipas mais amplas com o intuito de obter uma comunicação precisa e adequada ao intrincado ecossistema da informação[12].

Apesar da necessidade de os designers dominarem diferentes meios e tecnologias ser particularmente evidente na atualidade com um desdobramento dos meios de comunicação disponíveis e da disseminação de ferramentas digitais, a história do design demonstra que esta atividade tem, desde sempre, acompanhado a inovação tecnológica e o aparecimento de novos meios, numa relação que não é exclusiva do meio digital. A componente "tecnologia" está implícita na própria identidade do design enquanto disciplina, como evidencia o modelo triádico composto pelos vértices autoria, tecnologia

---

12 Um exemplo contemporâneo que ilustra a abordagem transdisciplinar no design de informação é o projeto *The Pudding*, uma publicação digital que explora temas culturais complexos através de ensaios visuais interativos. No projeto *How Music Taste Evolved Over 50 Years*, por exemplo, a equipa transformou um grande volume de dados sobre preferências musicais ao longo de várias décadas numa narrativa visual interativa, combinando gráficos dinâmicos, visualizações de dados e texto. Os designers recorreram a conhecimentos de programação e design de interação, demonstrando como o design de informação, num contexto transdisciplinar, exige uma síntese de competências em análise de dados, design gráfico e desenvolvimento web para transformar dados complexos em conhecimento acessível.

e programa proposto por Francisco Providência (2012), em que o vértice tecnológico (meios de produção, construção) e o vértice programa (necessidades, utilidade, funcionalidade) revelam o conjunto de condicionantes do projeto, enquanto o vértice da autoria indica as responsabilidades hermenêuticas, mas também éticas e estéticas do designer (Branco & Providência, 2018). No caso do design de informação, a apropriação tecnológica é particularmente evidente em alguns casos paradigmáticos que pontuam a história deste domínio disciplinar e que ilustram o papel do autor ao explorar as particularidades do meio – quer o seu potencial, quer as suas limitações – *Diagram of Foot Movement* de Eadweard Muybridge 1878; a *Reorderable Matrix* de Jacques Bertin (1968); e a *Flickr Flow* de Fernanda Viégas e Martin Wattenberg (2009), são exemplos desses casos paradigmáticos que se analisam com maior detalhe:

Diagram of Foot Movement (1878)

De acordo com Friendly & Wainer (2021), o interesse científico moderno pela visualização do movimento remonta ao século XIX e a algumas questões relativas à locomoção do cavalo que surgiram nessa altura. Durante as décadas de 1860 e 1870, uma das questões que gerou mais discussão ficou conhecida como *unsupported transit*, ou trânsito sem suporte, que consistia em saber se a dado momento da corrida do cavalo, mesmo que instantaneamente, as quatro patas ficavam suspensas no ar. Vários escritores argumentaram a favor dos dois lados da controvérsia, mas, sem dados, nenhuma resposta podia ser suficientemente precisa e conclusiva. Por outro lado, o movimento do cavalo a galopar era demasiado rápido para que a sua vista ou som pudessem ser decifrados. O debate em torno deste tema foi suficientemente participado para que Leland Stanford (governador da Califórnia) contratasse o fotógrafo inglês Eadweard Muybridge (1830-1904) para responder à questão através de registo fotográfico. Devido às limitações técnicas das câmaras fotográficas da altura, Muybridge concebeu um sistema que utilizava várias câmaras dispostas em linha ao longo do percurso a percorrer pelo cavalo, acionando os obturadores com recurso a cordas. Através da sequência fotográfica gerada (Fig. 2.6), foi possível verificar visualmente que durante um momento o cavalo está instantaneamente suspenso no ar.

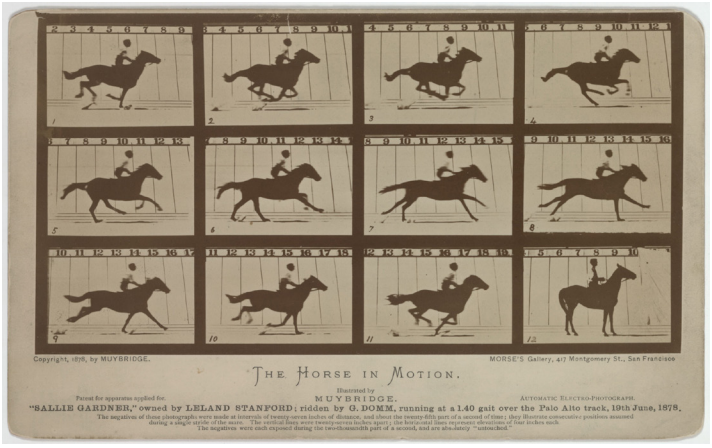


Fig. 2.6 –
Sequência fotográfica *The Horse in Motion* de Eadweard Muybridge, que mostra Sally Gardner a galopar numa pista de Palo Alto (atualmente o campus da Universidade de Stanford), a 19 de Junho de 1978.
Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eadweard_Muybridge-Sallie_Gardner_1878.jpg

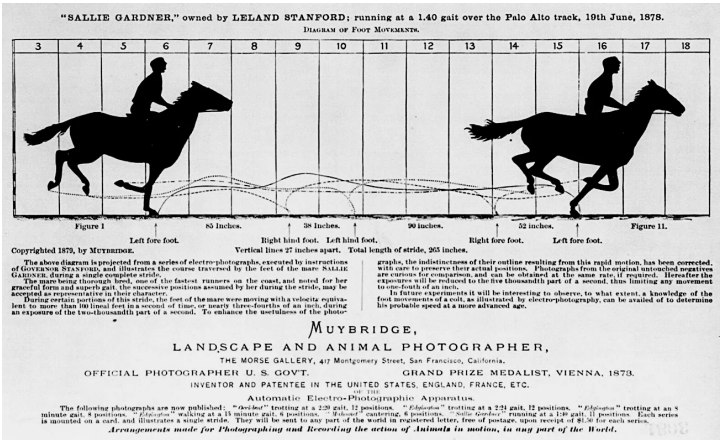


Fig. 2.7 –
Diagram of Foot Movement, Eadweard Muybridge (1878).
Fonte da imagem: https://www.thecollector.com/why-did-eadweard-muybridge-photograph-horses/

O *Diagram of Foot Movement* (Fig. 2.7) foi criado por Muybridge para ilustrar o movimento do cavalo durante uma corrida na pista de Palo Alto a 19 de junho de 1878 e utiliza um diagrama para representar os movimentos dos pés entre os fotogramas do início e do fim. Através da construção de uma sequência de imagens, Muybridge ultrapassou a ausência de movimento da imagem estática e venceu a planicidade que de acordo com Tufte[13] domina o papel. Além disso, esta experiência definiu as bases para a utilização da fotografia como prova em questões científicas, uma prática que continuaria a ser explorada por outros pioneiros da fotografia e da imagem em movimento.

13 *"The world is complex, dynamic, multidimensional; the paper is static, flat. How are we to represent the rich visual world of experience and measurement on mere flatland?"* (Tufte, 1990, p. 9).

Reorderable Matrix (1968)

A *Reorderable Matrix* (Fig. 2.8) é um dispositivo físico desenvolvido em meados da década de 1960 pelo cartógrafo francês Jacques Bertin[14] para explorar e apresentar dados tabulares de forma interativa. Com base nessa ideia, Bertin identificou e implementou fisicamente cinco tipos de visualizações interativas, entre os quais se destaca a *Reorderable Matrix*[15], também conhecida como "dominó" – uma matriz física de dados multivariados constituída por várias células individuais de plástico, em que é possível reordenar manualmente as linhas e as colunas através de um mecanismo de haste, com o objetivo de facilitar a identificação de padrões nos dados – um sistema que seria mais tarde reproduzido digitalmente pela visualização de informação. Por fim, o resultado era fotografado ou fotocopiado, e a fotografia final era utilizada como imagem na publicação científica, completada com título e legenda. O reconhecimento da importância da interatividade por Bertin aconteceu num momento em que o primeiro computador pessoal ainda não tinha sido lançado e três décadas antes do início da Visualização de Informação – onde a interação constitui um aspeto fundamental.

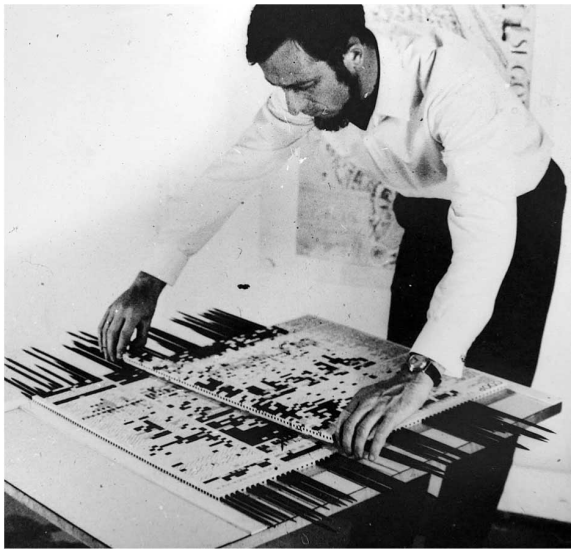


Fig. 2.8 – *Reorderable Matrix*, Jacques Bertin (1968). Fonte da imagem: https://www.aviz.fr/diyMatrix/

14 Jacques Bertin (1918-2010) foi um cartógrafo francês conhecido pelo importante trabalho teórico que desenvolveu em torno da representação gráfica de informação, e que teve grande influência em áreas como a cartografia, as ciências sociais e, mais tarde, a visualização de informação (Perin et al., 2019). O livro de referência *Sémiologie Graphique* (Bertin, 1967), constitui um dos maiores trabalhos de classificação e taxonomia de dispositivos visuais, segundo o seu objetivo de comunicação específico, e um dos maiores legados de Bertin para o campo da visualização de informação.

15 Vídeo da *Reorderable Matrix* disponível em: https://youtu.be/EUoaEwxUeQ0 [acedido a 23-11-2023].

Flickr Flow (2009)

O termo *big data* surgiu no final da década de 1990, inicialmente para designar conjuntos de dados não ordenados em rápido crescimento, e mais tarde como campo de estudo dedicado ao tratamento, análise e obtenção de informação a partir de grandes conjuntos de dados. Com a emergência dos blogues de partilha de imagens a partir do início da década de 2000, e com o enorme crescimento do número de utilizadores a produzir e consumir conteúdo multimédia na internet – as imagens fotográficas tornaram-se uma matéria-prima abundante, formando ao mesmo tempo um caos de dados de onde dificilmente se extrai sentido. *Flickr Flow* (2009)[16], é uma visualização de dados desenvolvida por Fernanda Viégas e Martin Watternberg (Figs. 2.9 e 2.10) que, através de um dispositivo visual circular mostra as cores de cada estação através de uma recolha de fotos tiradas por utilizadores do Flickr – um site web de hospedagem e partilha de imagens lançado em 2004 – ao parque Boston Common, em Massachusetts, ao longo de um ano (Meirelles, 2013).



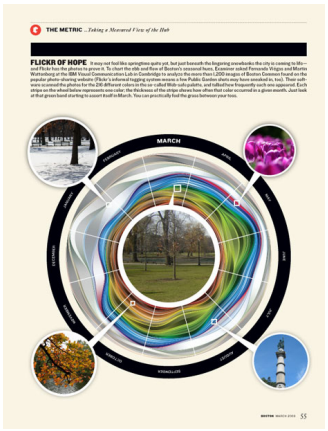


Fig. 2.9 – *Flickr Flow*, Fernanda Viégas e Martin Wattenberg (2009).
Fonte da imagem: http://hint.fm/projects/flickr/

Fig. 2.10 – *Flickr Flow*, na Boston Magazine, número de março de 2009.
Na imagem é possível ver a distribuição de cores por mês no gráfico circular.
Fonte da imagem: http://hint.fm/projects/flickr/

---

16 Vídeo de Fernanda Viégas e Martin Wattenberg a apresentarem *Flickr Flow* disponível em: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=pmVqXM2gwKE [acedido a 24-11-2023].

Nesta visualização interativa, o Verão é representado no topo do círculo e o ano decorre no sentido dos ponteiros do relógio. Depois de recolherem fotografias do parque, Viégas e Watternberg aplicaram o seu próprio algoritmo para calcular as proporções relativas das diferentes cores presentes nas fotografias captadas em cada mês do ano. Ao deslizar o cursor por cima das cores, é possível ver a foto na origem dessa codificação cromática, permitindo uma vista global dos dados sem abdicar da vista de detalhe. Tal como refere Brinch (2020), esta peça gráfica exemplifica um método visual de captar fenómenos e de os tornar percetíveis numa expressão visual unificada, acessível e compreensível recorrendo ao mínimo de suporte verbal.
Nesta proposta, os autores conseguiram olhar para um problema hoje conhecido como *data overflow* de uma perspetiva nova e poética, transformando o que Wurman classificou de erva daninha, numa referência ao crescimento exponencial dos dados, numa matéria-prima capaz de gerar informação e conhecimento sobre uma realidade altamente densa e complexa. Nesse sentido, e à semelhança de Muybridge, também Viégas e Wattenberg deram forma visível a um fenómeno que não podia ser percebido a olho nu e sobre o qual apenas se podiam tecer considerações mais ou menos inconclusivas.

Os três casos apresentados ilustram uma apropriação de diferentes tecnologias, face à necessidade de lidar com diferentes problemas paradigmáticos de épocas distintas – a necessidade de visualizar movimento no século XIX; a necessidade de integrar a interação para facilitar a deteção de padrões em diferentes conjuntos de dados, durante o século XX; e a necessidade de gerar sentido a partir de grandes bases de dados em crescimento exponencial, durante o século XXI. Por um lado, os exemplos descritos exploram exaustivamente as qualidades de um determinado meio, ao ponto de ultrapassarem as suas limitações, forjando novas possibilidades ou paradigmas de representação – é o caso de Muybridge que através da exploração que fez da fotografia transpôs a ausência de movimento da imagem estática e lançou as bases para a imagem em movimento, e de Bertin, que através do meio impresso, imaginou para além da condição não interativa do papel. Por outro lado, estes casos tiram o máximo partido do potencial das tecnologias que utilizam, explorando linguagens visuais e modos de fazer próprios, ao mesmo tempo que vêem nas suas contingências oportunidades. Um exemplo disso é o trabalho de Viégas e Wattenberg, que viram no fluxo constante de dados uma matéria-prima essencial, em vez de apenas uma dificuldade, numa altura em que a visualização de dados ainda dava os primeiros passos.

Se é verdade que cada nova tecnologia ampliou a nossa forma de ver o mundo, também é verdade que com cada nova tecnologia, pioneiros e praticantes forjaram as formas de popularizar o uso dessas tecnologias através da exploração de uma linguagem estética própria, convertendo através da sua ação, a tecnologia em meio. É nesse pressuposto que a apropriação da Realidade Aumentada, na sua qualidade de tecnologia emergente, pelo Design ganha pertinência.

2.2. Sobre a Realidade Aumentada

2.2.1. Definição e Taxonomia

"A cultura aumenta a realidade. De facto, o ser humano habita um mundo aumentado por essa camada simbólica que criou e continua a criar. (...) Qualquer produção cultural é Realidade Aumentada, e neste sentido o design é um contribuinte líquido, responsável até pela mediação cultural que promove a tecnociência a coisas do dia-a-dia, utilizáveis, passíveis de entrar no jogo semântico sobre o qual o ser-aqui se desenrola."
(Branco, 2015, p. 86)

Apesar de toda a produção cultural ser realidade aumentada, no sentido em que acrescenta camadas simbólicas à realidade (natural ou artificial), neste âmbito específico trata-se explicitamente a realidade aumentada enquanto meio e enquanto possibilidade tecnológica que consiste na sobreposição de elementos virtuais no espaço percetivo do utilizador, criando a ilusão de que esses elementos sintetizados são, também eles, reais (Vairinhos, 2014, p. 24). Um modo de definir a realidade aumentada é na relação com outras tecnologias e nesse sentido é incontornável a taxonomia proposta por Milgram & Kishino (1994). Em *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*, esses investigadores introduziram o conceito de "realidade mista", a par do *Reality-Virtuality (RV) continuum* (Fig. 2.11) para enquadrar e relacionar as diferentes formas de combinar os ambientes real e virtual, ao longo de uma distribuição contínua onde a proximidade a uma dessas tipologias de ambientes será dominante na sua caracterização.



Fig. 2.11 - *Reality-Virtuality (RV) continuum* (Milgram & Kishino, 1994).

Nesta classificação, o ambiente virtual – à direita – caracteriza-se pela total substituição do ambiente real por conteúdo virtual gerado por computador (Fig. 2.12), no qual o utilizador fica totalmente imerso. No extremo oposto – à esquerda – encontra-se o ambiente real / físico em que a visão do utilizador não é substituída por conteúdo virtual. A mediar os dois extremos encontra-se a realidade mista, que combina esses dois mundos e que varia entre duas tipologias de ambiente mais ou menos imersivo – a realidade aumentada e a virtualidade aumentada. Junto ao extremo do ambiente virtual encontra-se a virtualidade aumentada (VA), em que a maior parte da visão do utilizador é confrontada com gráficos computacionais, mas em que ainda é possível ver partes do ambiente real; a

realidade aumentada (RA) aproxima-se do ambiente real e implica que conteúdo virtual seja adicionado ao ambiente real. À medida que mais ou menos conteúdos virtuais são acrescentados ao cenário real, a interface aproxima-se ou afasta-se dos extremos virtual ou real, o que significa que não existe uma divisão estanque entre as várias tipologias, mas sim uma linha contínua.



Fig. 2.12 - Imagem ilustrativa das várias tipologias de ambiente do *Reality-Virtuality continuum*, proposto por Milgram e Kishino (1994).

Numa das definições mais reconhecidas, Azuma et al., (2001) elenca três características para que um sistema seja considerado RA: 1) mistura real e virtual sobre um ambiente real; 2) é interativo em tempo real; 3) alinha os objetos virtuais e os objetos reais. Estas três características definem igualmente os requisitos técnicos ou de *hardware* para um sistema de RA, que inclui: (1) um dispositivo de visualização que possa combinar imagens reais e virtuais; (2) um sistema informático capaz de gerar gráficos interativos que respondam aos dados do utilizador em tempo real; e (3) um sistema de rastreamento (processo conhecido como *tracking*) capaz de determinar a posição do ponto de vista do utilizador e permitir que a imagem virtual apareça fixa no mundo real (processo conhecido como "registo" ou *register*) na posição pretendida. Os dispositivos de visualização atualmente disponíveis incluem os *head-mounted displays* (HMD) ou dispositivos de visualização tipo capacete (Fig. 2.13); os *hand-held display* (HHD) como *smartphones* e *tablets*; os óculos de RA (Fig. 2.14); os projetores; os *head-up displays* (HUD) ou visores de projeção frontal[17] (Figs. 2.15 e 2.16) e as lentes de contacto de RA (Fig. 2.17).

17 *Head-up displays* ou dispositivos de projeção frontal são dispositivos que projetam conteúdo de RA sobre uma superfície transparente (por exemplo o pára-brisas do carro).



Fig. 2.13 – *Head-mounted display Microsoft HoloLens*. Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HoloLens_2.jpeg



Fig. 2.14 – Óculos de RA *RayNeo X2* da TLC. Fonte da imagem: https://www.dezeen.com/2023/01/12/tcl-rayneo-x2-ar-glasses/



Fig. 2.15 - Vista da perspetiva do condutor durante a utilização do *Head-up display Navion*, da *WayRay*. Fonte da imagem: https://wayray.com/press-releases/IAA-2021



Fig. 2.16 - *Head-up display Navion*, da *WayRay*. Fonte da imagem: https://wayray.com/technology/#dodeeptech



Fig. 2.17 – Lentes de contacto RA, da *Mojo Vision*. Fonte da imagem: https://roadtovrlive-5ea0.kxcdn.com/wp-content/uploads/2022/07/mojo-lens-ar-contact-lens-2.jpg

Azuma et al. (R. Azuma et al., 2001; R. T. Azuma, 1997) ressalvam que esta definição de RA não implica um tipo específico de dispositivo de visualização, nem mesmo a limitação desta tecnologia ao sentido da visão. Também para Carmigniani & Furht (2011) a RA pode potencialmente aplicar-se a todos os sentidos, nomeadamente o olfato, o tato e a audição, podendo ser utilizada para substituir sensorialmente os sentidos em falta dos utilizadores. Isto significa, por exemplo, compensar a falta de visão de utilizadores cegos ou com baixa visão através da utilização de pistas áudio. Além disso, os autores consideram como RA aplicações que requerem a remoção de objetos reais do ambiente, mais vulgarmente designadas por Realidade Mediada ou Realidade Diminuída (Fig. 2.18), uma vez que essa remoção implica cobrir o objeto com informação virtual correspondente ao fundo, criando a ilusão de que o objeto não está lá.



Fig. 2.18 – Experiência de realidade diminuída em tempo real (Kawai et al., 2016). Fonte da imagem: https://www.youtube.com/watch?v=aBf0NGGCMOk

Dentro dos sistemas de RA, é ainda possível identificar cinco tipologias envolvendo diferentes tecnologias e dispositivos de visualização: (1) RA baseada em marcadores; (2) RA sem marcadores; (3) RA baseada em projeções; (4) RA baseada na sobreposição e (5) RA baseada em contornos (Mendoza-Ramírez et al., 2023). As aplicações de RA baseadas em marcadores (1) utilizam um elemento visual, que pode ser um *QR code* ou uma imagem, para sobrepor conteúdo digital sobre o mundo real. Quando a câmara do dispositivo deteta o marcador gera um objeto ou cena virtual. Ao sobrepor imagens históricas em locais atuais das ruas de Londres, a aplicação *StreetMuseum* (Fig. 2.19), do Museu de Londres exemplifica a utilização de uma aplicação de RA baseada em marcador, no contexto museográfico. As aplicações sem marcador (2) utilizam características do ambiente real como superfícies (reconhecimento de plano), padrões, objetos, ou mesmo localização GPS para posicionar o conteúdo virtual. Este tipo de aplicação materializa – se sob as mais diversas formas, alguns dos seus exemplos mais disseminados implicam a deteção de plano, utilizada por exemplo em aplicações de mobiliário como a *Ikea Place* (2017) (Fig. 2.20) que permitia experimentar virtualmente móveis em casa; e a deteção de rosto utilizada nos filtros de RA popularizados globalmente por redes sociais como o *Snapchat* ou o *Instagram* (Fig. 2.21).



Fig. 2.19 - Captura de ecrã da aplicação *Streetmuseum*. Sobreposição de uma imagem da prisão de Emmeline Pankhurst no Palácio de *Buckingham* em 1914 num cenário atual. Fonte da imagem: https://www.trendhunter.com/trends/streetmuseum-museum-of-london-app

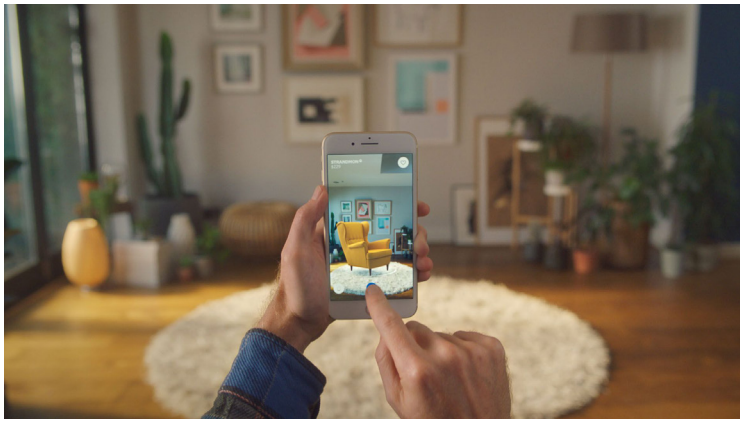


Fig. 2.20 – Aplicação de RA *Ikea Place*. Fonte da imagem: https://www.ikea.com/global/en/newsroom/innovation/ikea-launches-ikea-place-a-new-app-that-allows-people-to-virtually-place-furniture-in-their-home-170912/?assetId=0-2

A RA baseada em projeção (3), também conhecida por Spatial Augmented Reality (SAR), visa incorporar informação virtual no ambiente real de modo a que não haja descontinuidade, utilizando projetores digitais para sobrepor informações gráficas diretamente em objetos do mundo real. Um exemplo da aplicação da SAR no contexto da educação é o *AR Sandbox*[18] (Woods et al., 2016) (Fig. 2.22), um sistema que combina uma caixa de areia física com projeções interativas para ensinar conceitos de geografia e ciências. Utilizando sensores de profundidade e projetores, o sistema permite aos

18 Vídeo do *AR Sandbox* disponível em: https://youtu.be/g6fSS3cynDo (acedido em 13-08-2024).

utilizadores esculpir e moldar o terreno na areia, enquanto as projeções digitais atualizam a informação dinamicamente para mostrar mapas topográficos, contornos de elevação e simulações de processos naturais, como a dinâmica de água.



Fig. 2.21 – Captura de ecrã ao filtro de *instagram Ghibli Face*, do criador w.vv.vv (acedido em: 13-08-2024).

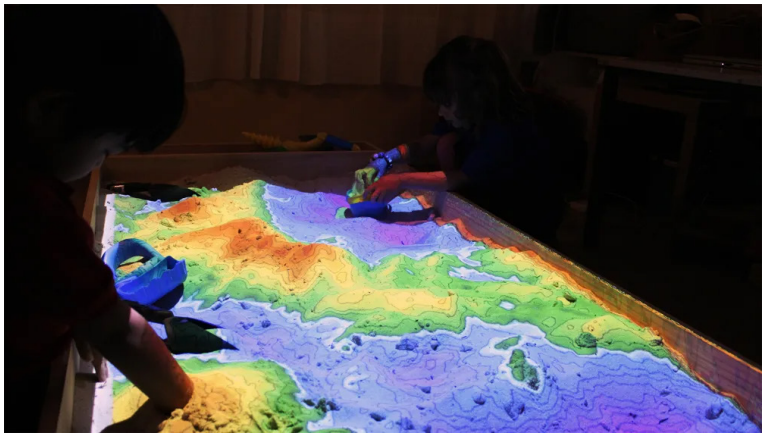


Fig. 2.22 - *AR Sandbox* (Woods et al., 2016). Rhys George. Fonte da imagem: https://www.wired.com/2013/08/this-augmented-reality-sandbox-turns-dirt-into-an-interactive-interface/

A RA baseada na sobreposição (4) pressupõe que a vista original de um objeto do ambiente real seja parcial ou completamente substituída por uma nova vista ou versão desse objeto. Exemplos desta tipologia de RA incluem a aplicação *5G Roman Baths augmented Reality* (BBC Research & Development, 2019) (Fig. 2.23), que permite ver uma reconstrução virtual das termas romanas de Bath (Reino Unido) diretamente sobreposta nas suas ruínas, em vários momentos históricos chave; ou a aplicação *Carmo Integrated Analysis* (2021) (Ortega et al., 2021) (Fig. 2.24) que reconstrói virtualmente as partes colapsadas do convento do Carmo em Lisboa, após o terramoto de 1755.

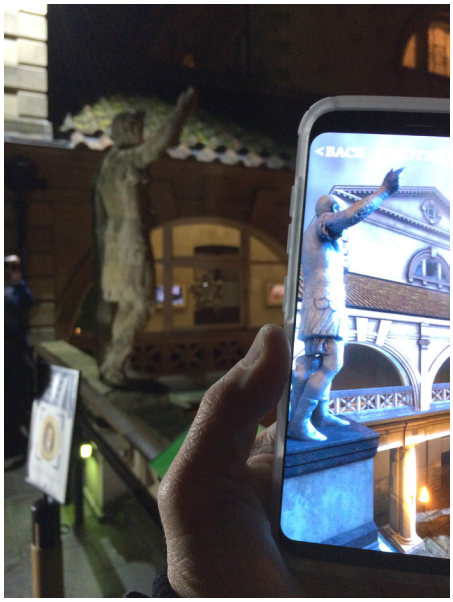


Fig. 2.23 - Aplicação *5G Roman Baths* (2018). Fonte da imagem: https://www.bbc.co.uk/rd/blog/2019-02-5g-mobile-augmented-reality-bath



Fig. 2.24 - Aplicação *Carmo Integrated Analysis* (2021). Captura de ecrã da aplicação disponível em: https://h-within.ispc.cnr.it/ (acedido em 13-08-2024).

A RA baseada em contornos, (5) também conhecida como *edge-based AR* ou *contour-based AR*, implica o reconhecimento das arestas ou contornos de um objeto, realçando-os ou aumentando-os de alguma forma. Um exemplo desta tecnologia é o PLNAR (Fig. 2.25), uma aplicação de realidade aumentada que utiliza a deteção de contornos para medir e visualizar espaços interiores, possibilitando aos utilizadores a criação de plantas a partir de ambientes reais com elevada precisão.

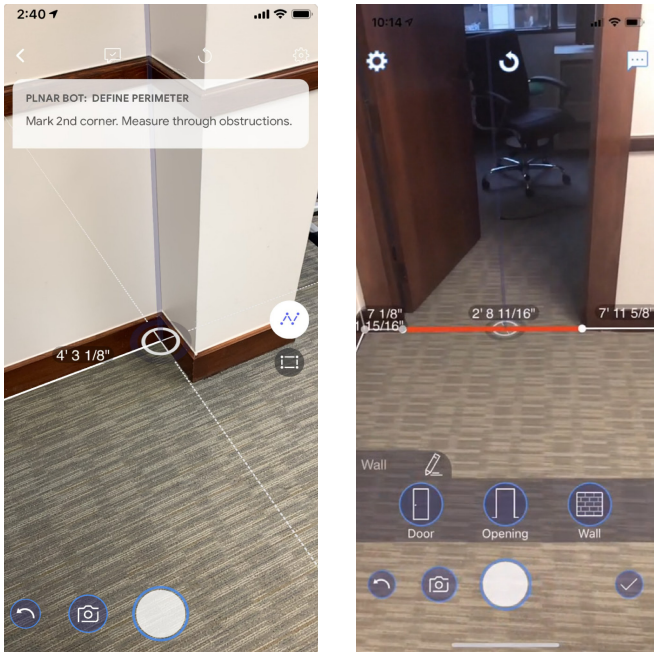


Fig. 2.25 - Aplicação *PLNAR*, da *Smart Picture Tech* (2021). Capturas de ecrã do vídeo de apresentação da aplicação disponível na *App Store* (acedido em: 13-08-2024).

2.2.2. A Realidade Aumentada enquanto meio

À medida que a RA deixou de estar limitada ao contexto laboratorial e se disseminou pelo público não especializado passando a fazer parte da cultura mediática, tornou-se relevante para uma variedade de campos ligados às humanidades, à arte e ao design.
Nesse contexto, passou a ser pertinente uma abordagem à sua dimensão experiencial, para além do estudo em torno das tecnologias de base que marcou a fase inicial da investigação neste campo. No quadrante do estudo dos media, MacIntyre et al., (2001) definem a RA segundo três características que a enquadram como meio, e cuja combinação a distinguem dos meios precedentes: 1) misturam os mundos virtual e físico; 2) controlo do ponto de vista contínuo e implícito pelo utilizador e 3) interatividade. Apesar de nenhuma destas características ser exclusiva da RA – à exceção da fusão entre os mundos virtual e físico – a sua combinação é única. Em primeiro lugar, as técnicas de RA podem ser utilizadas para colocar informação sintética em qualquer local do ambiente do utilizador, em qualquer localização ou em qualquer objeto. Esta fusão fluída do físico e do virtual, e a inevitável tensão entre eles oferece possibilidades dramáticas impossíveis noutros meios.
Em segundo, ao usar o dispositivo de visualização, o utilizador controla naturalmente o ponto de vista sobre o espaço à medida que se move. Em terceiro, uma vez que o utilizador está no mesmo sítio físico que é aumentado, os sistemas pessoais de RA são inerentemente interativos, ainda que o conteúdo virtual possa ser não-interativo. A RA vai além da mera sobreposição de informação digital ao mundo real, respondendo em tempo real às ações e ao contexto do utilizador.

A interatividade torna-se, por isso, um elemento central da RA, onde as ações do utilizador influenciam diretamente a apresentação e a percepção da informação, proporcionando uma experiência responsiva e personalizada.

Nesta abordagem, a dimensão espacial sobressai como elemento de ligação entre os três critérios assinalados por MacIntyre – a fusão entre o espaço real e virtual num espaço híbrido, a perspetiva sobre o espaço híbrido, e a interatividade inerente como resultado dessa perspetiva sobre o espaço. De facto, a experiência do espaço é considerada por vários autores (Aarseth, 2001; R. Azuma, 2015; Engberg & Bolter, 2015; Haahr, 2015; Murray, 1997; Rouse, 2015; Rouse et al., 2015; Ryan et al., 2016), uma propriedade distintiva dos meios digitais interativos que se mostram muito mais eficientes a transmitir a noção de espaço do que a intensificar a consciência da passagem do tempo. Isto deve-se ao facto de o tempo ser um conceito muito mais abstrato que o espaço – enquanto o espaço é experienciado cineticamente, ie. através dos sentidos e do movimento corporal, o tempo é experienciado retrospetivamente. Segundo Ryan (2015a) só temos consciência do tempo quando refletimos sobre o passado – quando notamos que o tempo "voou" ao percebermos que uma data importante se aproxima, ou que alguém envelheceu.
O tempo não é algo que possamos ver ou sentir diretamente no momento presente, em vez disso, é uma noção construída mentalmente que passa frequentemente despercebida durante a experiência imediata.

"Time in fact is so abstract that millions of pages have been written about its nature and, as St Augustine observed, we still cannot tell what it is. While we experience time by thinking about it, we experience space with our senses and with the movements of our body. We relate to space proprioceptively and kinetically. Space, unlike time, is visible, and we see space gradually unfold as we move, especially when we move at high speed." (Ryan, 2015a, p. 119).

Antes dos media digitais, as formas de arte como a pintura, o teatro ou o filme apresentavam o espaço aos nossos sentidos no seu aspeto visual, mas à exceção da arquitetura, dirigiam-se ao corpo imóvel. A grande inovação dos media digitais em relação à nossa experiência do espaço está, por isso, na possibilidade de exibir o espaço da perspetiva de um corpo e do olho em movimento (Ryan, 2015a, p. 119). Assim, os media digitais não nos tornam mais cientes da passagem do tempo, mas do ambiente físico que nos rodeia, na medida em que conseguem atualizar a nossa perceção do espaço de acordo com a posição em movimento do nosso corpo físico ou virtual, uma premissa vai de encontro à navegação interativa como propriedade distintiva dos novos media de que fala Janet Murray (1997), em *Hamlet on the Holodeck*.

A importância da dimensão espacial em meios digitais é particularmente evidente no caso da RA, um meio que permite ao utilizador controlar o ponto de vista da experiência enquanto se move no ambiente real. Tal como referem Bolter et al. (2021): *"AR and VR are unique among reality media in the way that they configure the user's relationship to space. Their spaces are not only dynamic but responsive to the user's movements and, in some cases, active interventions."* (p. 337). Além de Bolter, autores de outros quadrantes destacam diferentes aspetos relativos à experiência do espaço em RA. É o caso de Search (2016), no âmbito do design de informação, que que aborda o espaço

enquanto auxiliar cognitivo, ao lembrar que os seres humanos têm utilizado o espaço para organizar ideias desde que os antigos filósofos gregos e romanos desenvolveram o método de *loci* ou palácio da memória, um dispositivo mnemónico que os ajudava a recordar os seus discursos através da visualização de objetos presentes em locais específicos. A autora apoia-se em Anders (2001) que define o espaço virtual como uma extensão do nosso espaço mental, descrevendo a comunicação espacial que aí acontece como uma forma de linguagem universal pré-linguística assente num traço humano partilhado que é independente da cultura – o pensamento espacial.

Por outro lado, Rouse et al. (2015) destacam a natureza híbrida do espaço em RA como uma das suas qualidades diferenciadoras, uma vez que permite combinar os ambientes físico e virtual, dando origem a um meio híbrido. Esta fusão faz com que, espacialmente, qualquer superfície passe a constituir um cenário potencial para ambientes interativos. Dessa forma, a experiência de RA é afetada não só pela configuração física e arquitetónica dos lugares como também pelas conotações históricas, sociais e culturais que lhe estão associadas (Rieser, 2015, p. 245). A utilização do espaço real em experiências de realidade mista pode seguir duas estratégias distintas. Algumas experiências são desenhadas para ser específicas ao lugar em que estão inseridas, valorizando a relação com o ambiente real tanto do ponto de vista estético quanto cultural. Outras, embora interajam com o espaço físico, não dependem do significado cultural do local e são simplesmente reativas ao ambiente que as rodeia. Esta distinção é reconhecida por vários autores, como Rouse et al. (2015) e Bolter et al. (2021), que discutem a importância do espaço na experiência de utilizador em realidade mista, embora utilizem terminologias diferentes para descrever essas abordagens. Esta forma de catalogar as experiências de RA de acordo com a relação do conteúdo virtual com o espaço real está também patente na visualização de dados, como se verá na secção "2.3. Design de Informação e Realidade Aumentada".

2.2.3. Breve contextualização histórica da Realidade Aumentada

Apesar da recente popularização da RA tanto na esfera académica como na esfera comercial, a tecnologia que lhe está subjacente não é nova e, antes mesmo dos primeiros avanços tecnológicos, houve uma idealização da RA como possibilidade ficcional. De acordo com Billinghurst et al. (2015, p. 85), há vários séculos que as pessoas utilizam espelhos, lentes e fontes de luz para criar imagens virtuais no mundo real. No início do século XVII, os teatros e museus utilizavam grandes placas de vidro para fundir o reflexo de objetos com o mundo real, numa ilusão que ficou conhecida como *Pepper's Ghost* (Fig. 2.26), em honra ao seu inventor John Henry Pepper (1821-1900).

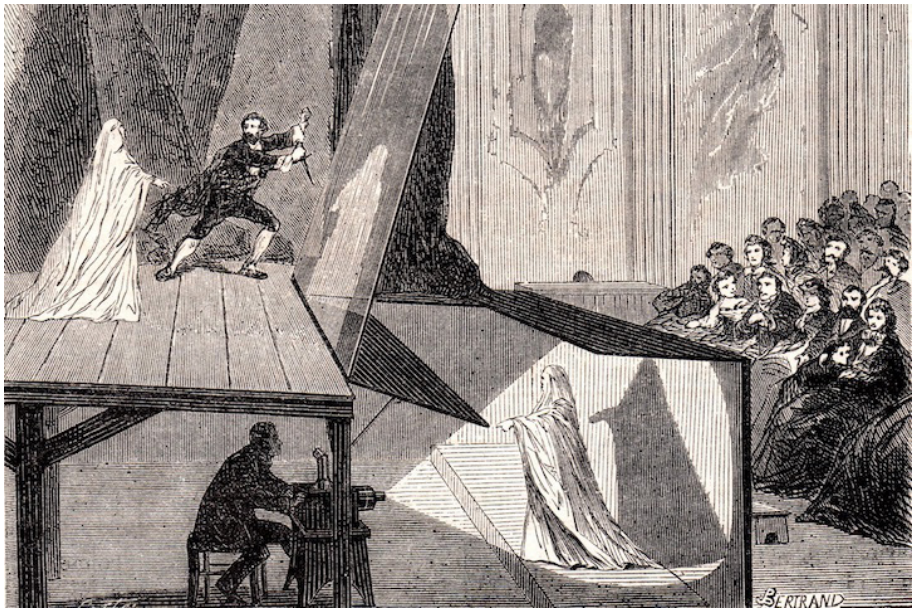
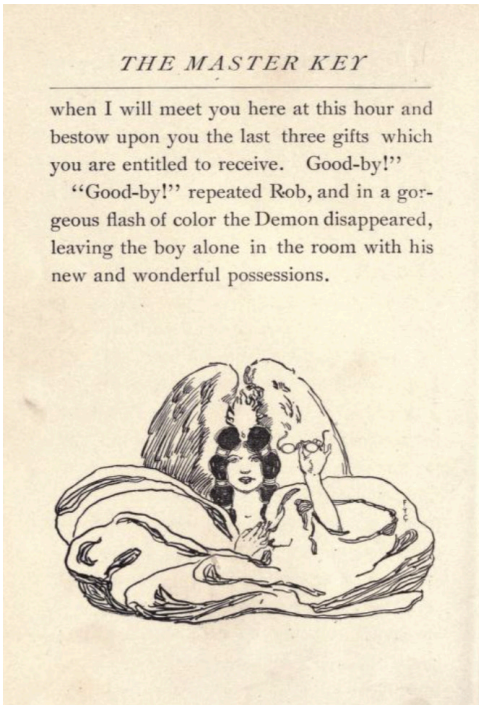


Fig. 2.26 – Instalação do palco para o *Pepper's Ghost*. Bertrand (1865).
Fonte da imagem: https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6224524m/f16.item.zoom

A primeira aparição de Pepper's Ghost foi em dezembro de 1862 no Royal Polytechnic Institute em Londres, numa peça de teatro em que John Henry Pepper e o seu colaborador Henry Dircks recriaram o fantasma de *The Haunted Man*, de Charles Dickens, numa demonstração que popularizou a ilusão (Groth, 2007).

À semelhança de outras tecnologias, a RA assumiu o estatuto de "mito cultural" antes mesmo de ter sido materializada tecnologicamente. O mito cultural nasce frequentemente na literatura e no cinema, particularmente na ficção científica, que são livres de imaginar a tecnologia como uma parte totalmente funcional do mundo material (Bolter et al., 2021, p. 75). Na literatura, a RA como especulação ficcional é frequentemente associada ao romance *The Master Key: An Electrical Fairy Tale, Founded Upon the Mysteries of Electricity and the Optimism of Its Devotees* (1901), de L. Frank Baum, o autor de *The Wonderful Wizard of Oz* (Gannis, 2017; Wust, 2018). Baum descreve uma série de dispositivos peculiares oferecidos ao seu protagonista, um dos quais, o *Character Marker* (Fig. 2.27), descrito como um par de óculos que exibe uma letra na testa de cada pessoa, indicando o seu carácter.


THE MASTER KEY

when I will meet you here at this hour and bestow upon you the last three gifts which you are entitled to receive. Good-by!"

"Good-by!" repeated Rob, and in a gorgeous flash of color the Demon disappeared, leaving the boy alone in the room with his new and wonderful possessions.

Fig. 2.27 - *Character Marker*. Ilustração de F. Y. Cory no livro *The Master Key: An Electrical Fairy Tale, Founded Upon the Mysteries of Electricity and the Optimism of Its Devotees* de L. Frank Baum (1901). Fonte da imagem: https://archive.org/details/maskterkeyelectric00baumrich/page/n9/mode/2up



Fig. 2.28 – *Sensorama* (década de 1950). Fonte da imagem: https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2785

Fora do âmbito da ficção científica, um precursor inicial dos sistemas de RA foi o *Sensorama* (Fig. 2.28) um dispositivo patenteado em 1962 pelo cineasta Morton Heilig (1926-1997) que combinava um sistema de projeção 3D com som estéreo, vibração, efeitos de vento e até aromas (Bolter et al., 2021). Este dispositivo procurava criar uma experiência imersiva (que atualmente consideraríamos realidade virtual) recriando, por exemplo, a sensação de conduzir uma mota pelas ruas de Brooklyn, permitindo ao utilizador sentir a vibração da máquina e o vento. Ao proporcionar ao espectador imagens, sons, vibrações e cheiros, o *Sensorama* materializava a visão de Heilig sobre o cinema como uma atividade capaz de envolver vários sentidos.

Apesar destas abordagens iniciais à RA como possibilidade conceptual, o primeiro protótipo de RA verdadeiramente gerada por computador remonta ao pioneiro da computação gráfica Ivan Sutherland, então conhecido por ter desenvolvido no MIT o *Sketchpad* (1963), a primeira aplicação gráfica interativa do mundo. Em 1966, ainda no MIT, Sutherland com a colaboração dos seus alunos construiu o *head-mounted display*,

que ficaria conhecido por *Sword of Damocles* (Fig. 2.29) devido à sua estrutura de suporte suspensa no teto (Wust, 2018). Mais tarde, em 1968, Sutherland com a colaboração de Bob Sproull, criou o primeiro sistema de RA, na Universidade de Harvard (Billinghurst et al., 2015). Embora embrionário, o sistema permitia criar gráficos tridimensionais que aparentavam estar sobrepostos ao ambiente real (Fig. 2.30).

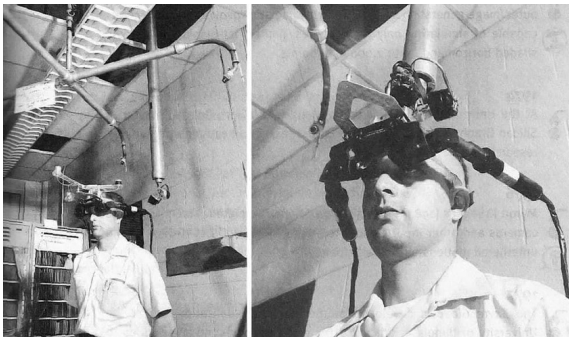


Fig. 2.29 – *Head-mounted display* criado por Sutherland, 1966.
Fonte da imagem: https://medium.com/deemaze-software/augmented-reality-a-simple-technical-introduction-83d5e77206b9

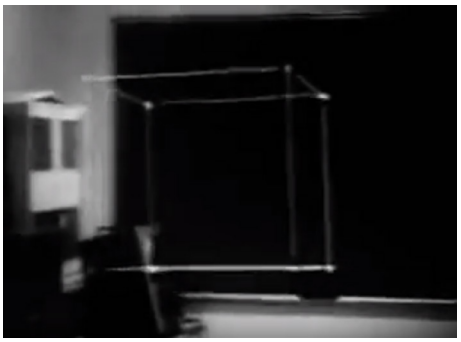


Fig. 2.30 – Sistema de RA criado por Sutherland, 1968. Captura de ecrã do vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=eVUgfUvP4uk (acedido a 19-08-2024).

Apesar do trabalho de Sutherland ter influenciado de forma determinante o curso da investigação em RA, as duas décadas que se seguiram levaram a investigação da academia para a esfera militar e governamental. Nesse contexto, outro contributo de grande relevância foi o trabalho de Tom Furness para a Força Aérea dos EUA entre 1969 e 1986 com o desenvolvimento do *Super-Cockpit*, num programa que visava identificar tecnologias futuras que fossem de encontro às necessidades operacionais da Força Aérea num intervalo de 20 a 30 anos. O *Super-Cockpit* consistia num *head-mounted display* (Fig. 2.31) destinado a ser utilizado por pilotos dentro do cockpit e estava equipado com um sistema (Fig. 2.32) capaz de adicionar camadas de informação ao ambiente real (RA), ou substituir totalmente esse ambiente (RV). Durante o dia ou em condições de boa visibilidade, a informação virtual aumentava o ambiente real do piloto, durante a noite ou em condições de baixa visibilidade, o ambiente real era totalmente substituído por gráficos virtuais. Através das características de adaptabilidade às condições de visibilidade, este projeto acabou por lançar as bases para a realidade aumentada e para a realidade virtual.

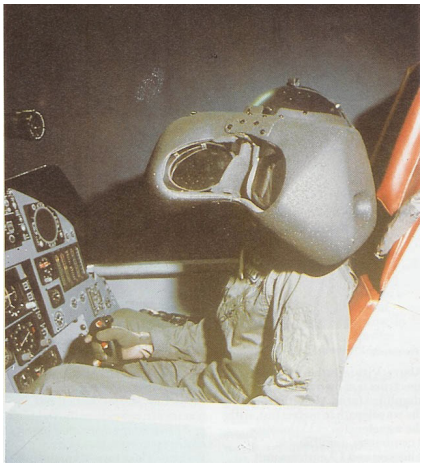


Fig. 2.31 – Piloto utilizando o *head-mounted display* do *Super-Cockpit*. Fonte da imagem: https://voicesofvr.com/245-50-years-of-vr-with-tom-furness-the-super-cockpit-virtual-retinal-display-hit-lab-virtual-world-society/

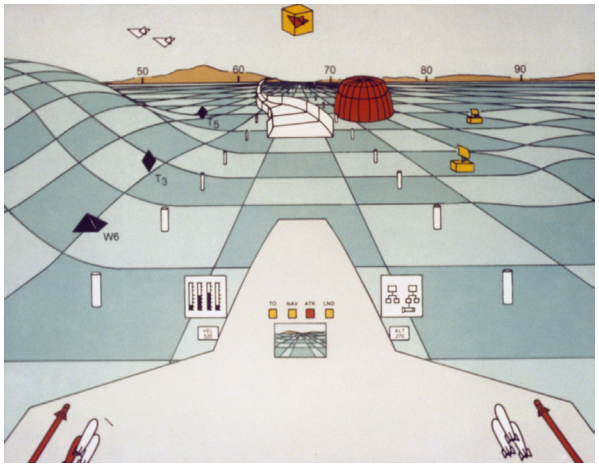


Fig. 2.32 – Interface virtual do *Super-Cockpit*. Fonte da imagem: https://proyectoidis.org/la-super-cabina/

Apesar da intensa atividade de investigação e exploração em torno desta tecnologia entre as décadas de 1960 e 1980, o termo "realidade aumentada" só viria a ser cunhado em 1992 num artigo académico de Dave Mizzel e Tom Caudell, investigadores da Boeing que estavam a criar um sistema experimental de RA para auxiliar os trabalhadores da companhia aeroespacial na instalação de cablagens (Branco, 2015). Esta investigação conduziu a uma série de outros projetos na *Boeing* utilizando RA, e várias outras empresas começaram a investigar aplicações industriais (Billinghurst et al., 2015). Azuma (1997) apresenta um resumo das aplicações da RA antes do ano 2000, em seis áreas principais em que essa tecnologia emergente estava a ser explorada: medicina; manutenção e reparação; anotação e visualização; planeamento do percurso de robôs; entretenimento e aviação militar. Essas aplicações demonstraram o amplo potencial da realidade aumentada em diversas áreas, mesmo antes do ano 2000, e estabeleceram as bases para o desenvolvimento contínuo da tecnologia nos anos subsequentes.

No final da década de 1990, a RA estabeleceu-se como campo de investigação independente com o aparecimento de conferências internacionais e laboratórios dedicados especificamente a esta área (Van Krevelen & Poelman, 2010). Em 1998, teve início a primeira conferência de investigação dedicada à RA, o *IEEE/ACM International Workshop on Augmented Reality* (IWAR). Seguiram-se o *International Symposium on Mixed Reality* (ISMR), em 1999, e o *International Symposium on Augmented Reality* (ISAR), em 2000. Estas conferências acabariam por combinar-se no *International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (ISMAR) a partir de 2002, que se mantém como a principal conferência de investigação tecnológica em RA. Ao mesmo tempo

que se consolidava o campo de investigação em RA, surgiam as primeiras empresas dedicadas ao desenvolvimento de ferramentas de autoria, foi o caso da *ARToolWorks* que, em 2001, lançou o *ARToolKit*, tornando-se a primeira empresa dedicada à construção de ferramentas de autoria para criativos com competências de programação.

Para Billinghurst et al. (2015), o ano 2009 marcou um ponto de viragem para a RA, no momento em que se expandiu para além dos laboratórios de investigação e das aplicações especializadas e atingiu a esfera comercial. Para isso terão concorrido três fatores principais, nomeadamente o suporte de RA por *Flash*[19]; o suporte de RA por smartphone; e a utilização da RA em campanhas de *marketing* globais. Um dos primeiros casos de RA aplicada ao *marketing* foi o anúncio do automóvel *Mini Cooper* pela BMW que, em dezembro de 2008, lançou uma campanha publicitária de realidade aumentada em várias revistas automóveis alemãs. A experiência consistia numa visualização do modelo tridimensional do carro[20] como mostra a figura 2.33.



Fig. 2.33 – Campanha publicitária em RA do automóvel *Mini Cooper* (2008). Fonte da imagem: https://mydigitalwhiteboard.wordpress.com/2008/12/26/minis-ad-with-augmented-deality-ar-hits-stands/

A partir de a 2009 deu-se um enorme crescimento na disponibilidade de dispositivos para RA, permitindo às indústrias conceber e desenvolver aplicações de RA cada vez mais complexas. De acordo com Vertucci et al. (2023) com o início da Era da Indústria 4.0 (a partir de 2011), muitos projetos de inovação tecnológica passaram a integrar a RA com o objetivo de melhorar os processos de produção. Para apoiar esses desenvolvimentos, em 2013 a *Google* lançou os óculos de RA *Google Glasses*, e em 2016 a *Microsoft* começou a vender a sua versão de óculos inteligentes para RA e RM – os *HoloLens*. A partir de 2017, assistiu-se por um lado a uma padronização gradual das

19 O *Flash*, também conhecido como *Adobe Flash*, foi uma plataforma multimedia utilizada principalmente para adicionar animação, vídeo e interatividade a páginas web. Desenvolvido originalmente pela *Macromedia* e posteriormente adquirido pela *Adobe Systems*, o *Flash* tornou-se uma das tecnologias mais populares na criação de conteúdo web interativo, durante o final da década de 1990 e início da década de 2000.

20 O vídeo do anúncio pode ser consultado em: https://youtu.be/HTYeuo6pIjY (acedido em 14-08-2024).

ferramentas de desenvolvimento e à democratização do acesso à criação de aplicações de RA com a introdução dos kits de desenvolvimento de *software ARKit* da *Apple* e *ARCore* da *Google*, e por outro lado a um aumento significativo dos dispositivos móveis equipados com *ARkit* ou *ARCore* – um pré-requisito importante para a disseminação global de aplicações de RA. Mais recentemente, em 2023, a *Apple* anunciou o lançamento dos *Vision Pro*, uma nova geração de óculos de realidade mista que integra capacidades avançadas de RA e RV num único dispositivo, enquanto anuncia o início de uma nova era para a computação espacial.

2.2.4. Alguns campos de aplicação

Atualmente, com a estabilização das tecnologias de base e com a crescente democratização no acesso à criação de conteúdo RA, são múltiplos os campos de aplicação desta tecnologia. Vertucci et al. (2023) oferecem uma síntese atualizada do que consideram ser as áreas mais significantes de aplicação da RA neste momento, que incluem: 1) a montagem, manutenção e reparação; 2) a publicidade; 3) o turismo e as visitas ao património cultural; 4) as aplicações militares; 5) as utilizações médicas; 6) os jogos; 7) a investigação forense e 8) a navegação. Segue-se uma abordagem com maior detalhe aos pontos enunciados:

1) Montagem, manutenção e reparação: A montagem e reparação (Fig. 2.34) está associada à utilização de *headsets* ou projeção por permitir ao utilizador reparar ou montar um equipamento manualmente enquanto vê informação contextual relativa à atividade que está a desempenhar sobreposta no seu campo de visão. O sistema de RA pode identificar componentes importantes e apresentar animações dos procedimentos. Além disso, este tipo de aplicação pode treinar técnicos com simulações e reduzir os custos com formação.

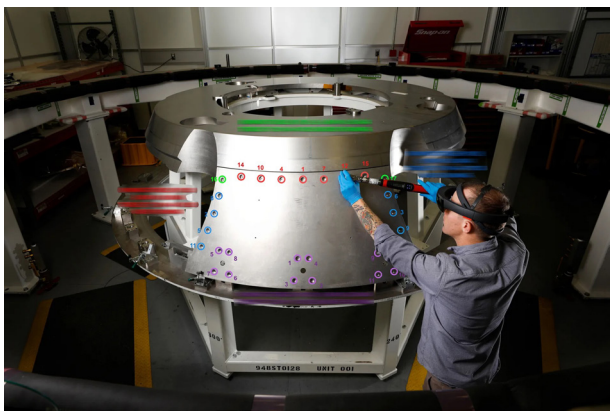


Fig. 2.34 – *Head-mounted display* usado na NASA durante a montagem de partes de nave espacial. Exemplo retirado de Mura & Dini (2021).
Fonte da imagem: https://www.engineering.com/how-lockheed-martin-is-using-augmented-reality-in-aerospace-manufacturing/

2) Publicidade: Autores como Du et al. (2022) identificam a RA como uma das principais tendências de futuro no *marketing*, com previsões de um grande impacto económico a acompanhar o crescimento do número de utilizadores mensais de RA móvel (p. 453). No campo publicitário, Feng & Mueller (2019) identificam um conjunto de estratégias ou paradigmas na publicidade com RA, entre as quais a *Bogus Window* ou janela Falsa, que implica que um ecrã digital, aparentando ser apenas uma janela de vidro normal, aumente o espaço do utilizador. Um dos exemplos mais conhecidos desta estratégia foi a campanha *Unbelievable* (2015) da *Pepsi* que utilizou paragens de autocarro em Londres para as transformar em experiências de RA. O anúncio criava a ilusão de que os passageiros estavam a presenciar eventos extraordinários através de uma janela virtual, como a queda de um meteorito (Fig. 2.35), invasões alienígenas, ataques de robôs gigantes ou animais selvagens a correrem pela rua.

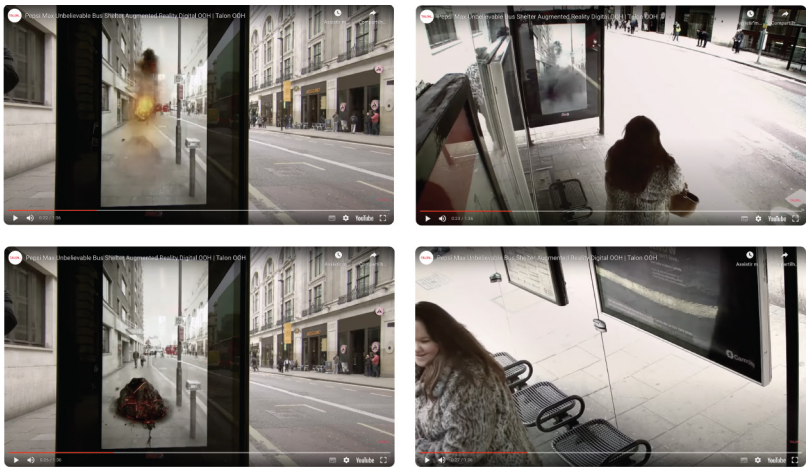


Fig. 2.35 – Campanha publicitária *Unbelievable* (2015) da *Pepsi Max* em Londres. Agência publicitária: AMV BBDO. Capturas de ecrã do vídeo disponível em: https://youtu.be/GB_qT6rAPyY (acedido em 19-08-2024).

3) Turismo e visitas ao património cultural: A aplicação da RA no turismo, seja nas visitas a museus ou a locais históricos e culturais, introduz a possibilidade de adicionar informação no local do seu referente físico, enriquecendo a experiência da visita. De acordo com Cranmer et al., (2020), a disponibilização de conteúdo RA ajuda a captar e reter a atenção dos visitantes, criando experiências turísticas mais memoráveis, envolventes, imersivas e educativas. Neste contexto, o *site-specific storytelling*, também conhecido por *locative storytelling*, uma prática que liga uma estória a um local específico (Farman, 2014), emerge como uma oportunidade para a aplicação da RA na visita a locais de interesse histórico ou cultural. Ao investigar formas de narrativa espacial, Austin (2020) aborda o potencial de contar uma estória junto do seu referente físico, destacando o sentido de presença, explorado em práticas com uma longa tradição histórica:

"learning about a story in situ adds a huge sense of presence and power to that story. Being there and experiencing a story in space is, after all, a long-established practice underpinning, for example, religious pilgrimages, visits to historic sites or extraordinary landscape but, it is suggested here, that there is also opportunity to insert revealing, provocative or reflective narratives into everyday practices." (Austin, 2020, p. 157).

Um exemplo deste tipo de experiência com utilização de RA é o *Juraj Dalmatinac 3D virtual guide* (Fig. 2.36) que conta a história da Catedral de Jakob (Sibenik, Croácia) através do seu construtor, Giorgio Da Sebenico.



Fig. 2.36 - *Juraj Dalmatinac 3D virtual guide*, *Momentum Studio* (2013). Modelo 3D de Giorgio Da Sebenico narrando a construção da Catedral de Jakob, na Croácia. Fonte da imagem: https://momentum-studio.com/media/images/multimedia/5f8ab98a0fc7e1.37079149.jpg

4) Aplicações militares: De acordo com Wang et al. (2020) esta tecnologia tem sido amplamente usada no sector militar, nomeadamente no comando e controlo, na consciência situacional, e no apoio logístico, sendo a manutenção de equipamento a aplicação mais representativa. O ULTRA-Vis (Fig. 2.37) é um projeto militar, lançado pela *Defense Advanced Research Projects Agency* nos EUA em 2008, que utiliza RA para melhorar a perceção situacional de soldados na guerra urbana (You et al., 2018), e reduzir os danos colaterais no campo de batalha através da sobreposição de informações geograficamente registadas em tempo real no seu campo de visão.



Fig. 2.37 – *ULTRA-Vis* (*Urban Leader Tactical Response, Awareness and Visualization*), DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) (2008).
Fonte das imagens: https://gmpreussner.com/portfolio/ultravis

5) Utilizações médicas: No contexto da saúde, o uso da RA está a revelar-se promissor, com potencial para transformar os processos médicos e melhorar os resultados dos pacientes. Mendoza-Ramírez et al. (2023) apontam três áreas principais da saúde em que a RA está a ter um impacto significativo, nomeadamente a cirurgia, a reabilitação fisioterapêutica, e a área das próteses e ortóteses. Na área cirúrgica, por exemplo, o sistema *ProjectDR* (Fig. 2.38), desenvolvido por investigadores da Universidade de Alberta, projeta dados de imagiologia médica (como tomografias e ressonâncias magnéticas) no corpo do paciente em tempo real, permitindo ao cirurgião "ver" por baixo da pele do paciente, evitando a necessidade de incisões para esse efeito (Watts et al., 2017).



Fig. 2.38 – Vista de utilizador da plataforma *ProjectDR* (2017) com utilização de *HMD Hololens*.
Fonte da imagem: https://www.ualberta.ca/rehabilitation/research/rehabilitation-robotics/current-projects/projectdr.html

6) Jogos: No campo dos jogos, a RA deu origem a um novo género – os *location-based augmented reality games* ou jogos de RA baseados na localização – jogos pervasivos[21] que se ligam à vida quotidiana dos jogadores e transformam o seu ambiente real numa parte do mundo do jogo (Montola et al., 2009). Ao contrário do que acontece na realidade virtual, os jogos *location-based* situam o jogo no espaço físico habitado pelo utilizador, numa clara alusão à visão da *ubiquitous computing* proposta por Mark Weiser. Depois de ter sido publicado em julho de 2016, o *Pokémon GO* (Niantic, 2016) (Fig. 2.39) tornou-se o primeiro jogo de RA baseado na localização a entrar na esfera *mainstream*. Até então, os jogos de RA com base na localização tinham sido, na sua maioria, protótipos de investigação e jogos com pouco sucesso comercial (Alha et al., 2019). Entretanto, outros jogos do mesmo género conquistaram popularidade, por exemplo o caso de *Minecraft Earth* (Mojang Studios, 2019) (Fig. 2.40), ou *Jurassic World Alive* (Ludia, 2018).



Fig. 2.39 – *Pokémon GO* (*Niantic*, 2016). Fonte da imagem: https://pokemongolive.com/pt_br/



Fig. 2.40 – *Minecraft Earth* (*Mojang Studios*, 2019). Fonte da imagem: https://www.wired.com/story/minecraft-earth-america-launch/

7) Investigação forense: Golomingi et al., (2023) abordam a aplicação da RA na investigação criminal e medicina forense, defendendo que esta tecnologia pode ser utilizada para dar suporte a investigadores em várias tarefas, tanto na cena criminal como mais tarde no processo de investigação. Para os autores, a RA é uma forma de ultrapassar as limitações da visualização e interação com o ecrã de computador, quando é necessário visualizar conteúdo relativamente a um referente do mundo real. Algumas aplicações

21 Segundo Janet Murray (2012, p. 433) os jogos pervasivos (*pervasive games*) são jogos que se desenrolam em locais do mundo real ou que utilizam tecnologias da comunicação, como o correio eletrónico ou as redes sociais, para fins de jogo, diluindo as fronteiras entre o mundo quotidiano e o jogo.

específicas apontadas pelos autores incluem a digitalização 3D do local do crime (Fig. 2.41), de documentos ou objetos, permitindo a sua anotação e análise; e na medicina forense a utilização de HMD para visualizar dados de imagiologia médica forense e ditar relatórios com imagens no decorrer das autópsias.

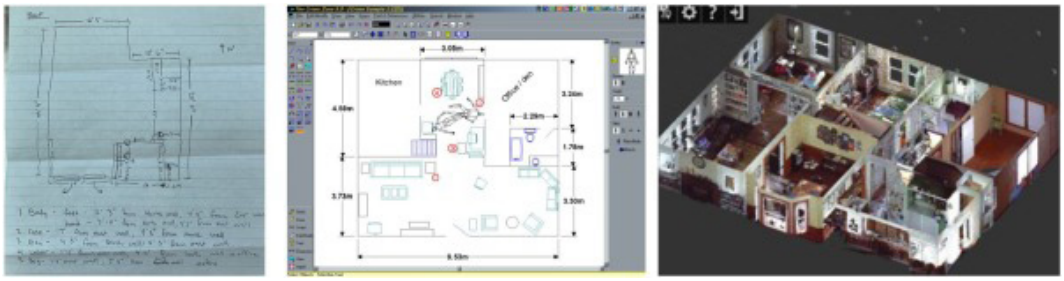


Fig. 2.41 – Comparação entre três formas de registo de uma cena criminal: esquema desenhado à mão por um investigador do local do crime (esquerda); desenho com registo de localização de provas, usando *software* próprio (meio); captura 3D do local. Exemplo retirado do artigo de Tredinnick et al. (2019). Imagem reproduzida com permissão de Tredinnick, R..

8) Navegação: A RA suporta a sobreposição de informação de apoio à navegação no local onde é necessária, permitindo ao utilizador executar as várias indicações no mínimo de tempo possível e sem a necessidade de interpretar mapas. A funcionalidade *Live View* do *Google Maps* (Fig. 2.42) exemplifica esta forma de navegação. Além das aplicações para dispositivos móveis, atualmente vários modelos de automóveis (Fig. 2.43) vêm equipados com HUDs exibindo informações, como a velocidade do carro, o limite de velocidade local, instruções de navegação e avisos de segurança diretamente no para-brisas. Também na aviação comercial e militar os HUD estão a ser utilizados para fornecer aos pilotos informações importantes de voo, como a altitude, a velocidade do ar e instruções de navegação diretamente na sua linha de visão.

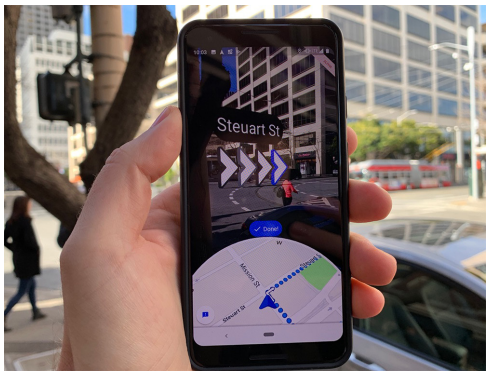


Fig. 2.42 - Funcionalidade *Live View* do *Google Maps*. Fonte da imagem: https://techcrunch.com/2020/10/01/google-maps-gets-improved-live-view-ar-directions/

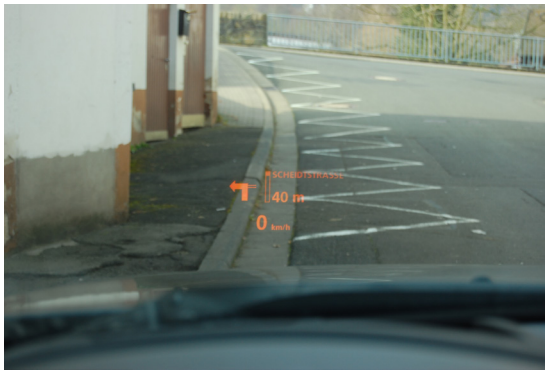


Fig. 2.43 - *Head up display* (HUD) de um automóvel BMW E60. Na imagem é possível ver informação de navegação projetada diretamente no para-brisas do automóvel.
Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:E60hud.JPG

2.3. Design de Informação e Realidade Aumentada

Na maioria dos estudos que intercetam design de informação e realidade aumentada, o termo "design de informação" tem sido negligenciado em detrimento de outros termos como: visualização de dados; visualização de informação; *immersive analytics*; e *situated analytics*. Esta escolha é particularmente evidente ao comparar o número de resultados devolvidos pela *Scopus* ao procurar "information design" AND "augmented reality" (26 documentos) e "immersive analytics" (662 documentos)[22].

Numa das escassas referências bibliográficas que cruzam especificamente os termos "design de informação" e "realidade aumentada", Search (2016, p. 40) elenca algumas áreas que têm o potencial de definir novas formas de design de informação, entre as quais se contam a incorporação de diferentes modalidades sensoriais, a colaboração e a realidade aumentada espacial. A abordagem multi-sensorial implica aumentar os canais sensoriais através dos quais a informação é recebida, além da visão (incluindo por exemplo pistas áudio e pistas tácteis); a colaboração em RA permite que vários participantes interajam com objetos físicos a partir de locais remotos; e a RA espacial implica que uma divisão vazia passe a funcionar como um quadro em branco em que, através de gestos e do movimento físico, os participantes possam interagir com conteúdo virtual.
No âmbito específico da representação de dados, a investigação sobre a utilização de RA associa-se sobretudo à visualização de dados e divide-se atualmente em duas áreas

22 Pesquisa feita na *Scopus* no dia 02-10-2023, sem intervalo temporal definido. A pesquisa abrangeu todas as áreas de estudo disponíveis: Ciências da Computação; Engenharia; Matemática; Ciências Sociais; Física e Astronomia; Ciência dos Materiais; Medicina; Ciências da Decisão; Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciências da Terra e Planetárias; Artes e Humanidades; Ciências do Ambiente; Energia; Bioquímica, Genética e Biologia Molecular; Engenharia Química; Psicologia; Profissões da Saúde; Neurociências; Química; Economia, Econometria e Finanças; Multidisciplinar; Ciências Agrárias e Biológicas; Enfermagem; Farmacologia, Toxicologia e Farmacêutica; Medicina Dentária; Imunologia e Microbiologia.

principais – a *situated analytics* (SA) e a *immersive analytics* (IMA) – que segundo Thomas et al. (2018), são áreas complementares[23] que terão surgido na mesma altura.

A *situated analytics*, conceito inicialmente proposto por ElSayed et al. (2015), é definida da seguinte forma: *"Situated Analytics (SA) is the use of data representations organized in relation to relevant objects, places, and persons in the physical world for the purpose of understanding, sense-making, and decision-making."* (Thomas et al., 2018, p.189). Ao suportar a sobreposição de informação virtual junto dos seus referentes físicos, o principal objetivo da SA é apoiar a tomada de decisões informadas, permitindo aos utilizadores realizar tarefas analíticas complexas enquanto permanecem imersos no mundo físico (ElSayed et al., 2016).

Exemplos da utilização da SA em contexto real podem incluir qualquer situação em que haja necessidade de associar dados a objetos do mundo real – sejam produtos num supermercado, participantes numa conferência, máquinas numa oficina, instrumentos num laboratório ou objetos num estaleiro de construção (Dwyer et al., 2018) e os casos já implementados estendem-se a várias áreas. No campo da construção civil, por exemplo, a plataforma colaborativa *Trimble Connect* (Fig. 2.44) permite que os vários profissionais envolvidos na construção de um edifício – engenheiros, arquitetos, gerentes de projeto e trabalhadores no local – acedam a dados sobre a construção, nomeadamente plantas e modelos tridimensionais, diretamente no local do seu referente físico.
Esta abordagem pretende reduzir os erros construtivos através da promoção de uma melhor compreensão dos projetos.



Fig. 2.44 – Plataforma colaborativa *Trimble Connect*. Fonte da imagem: https://www.buildingpointne.com/field-technology/mixed-reality/trimble-connect-ar/

23 Outros autores consideram a *Situated Analytics* como uma sub-área da *Immersive Analytics*, é o caso por exemplo de Dwyer et al. (2018) e Saffo et al. (2023). Ainda que esta opinião seja justificada, nomeadamente pela abrangência da definição que Chandler et al. (2015) propõem para a IA, decidiu-se adotar a complementaridade proposta por Thomas et al. (2018), pelas diferenças sistémicas e operativas evidentes entre a SA e a IMA.

No campo do transporte e logística, a transportadora DHL utiliza várias soluções consideradas *situated analytics*, entre as quais uma que ficou conhecida como *Vision Picking* - uma aplicação para óculos de RA (*Google Glass Enterprise Edition*, *Vuzix M300* e *Vuzix M400*) que dá suporte nas operações de armazém, ajudando os trabalhadores a encontrar os percursos mais rápidos na recolha de artigos, além de fornecer atualizações de inventário em tempo real.

O termo *immersive analytics* (IMA) foi cunhado por Chandler et al. em 2015 para agregar a investigação que tem como principal objetivo perceber o modo como a interação imersiva e as tecnologias de visualização podem ser utilizadas para apoiar o raciocínio analítico e a tomada de decisões.

"Immersive Analytics investigates how new interaction and display technologies can be used to support analytical reasoning and decision making. The aim is to provide multi-sensory interfaces for analytics approaches that support collaboration and allow users to immerse themselves in their data. Immersive Analytics builds on technologies such as large touch surfaces, immersive virtual and augmented reality environments, haptic and audio displays and modern fabrication techniques." (Chandler et al., 2015, p. 6).

Para Dwyer et al. (2018) a IMA conjuga as áreas da visualização de dados, análise visual, realidade virtual, computação gráfica e *human-computer interaction*, apresentando várias oportunidades para a apresentação e exploração de dados que vão além das formas de visualização tradicionais, nomeadamente a *embodied data exploration*[24]; a colaboração; a imersão espacial; a apresentação multissensorial; e um maior e mais informado envolvimento do utilizador. A natureza inerentemente tridimensional dos dados com uma representação física ou espacial associada – dados que são tipicamente tratados pela visualização científica – faz deles um domínio de aplicação lógico para a visualização tridimensional imersiva que a IMA suporta. Nessa perspetiva, um dos campos de aplicação da IMA são as ciências da saúde (Czauderna et al., 2018; Dwyer et al., 2018), onde se destaca o caso da *Touch Surgery* (Fig. 2.45), uma plataforma de realidade virtual e realidade aumentada, destinada a dar suporte a cirurgiões no treino e na preparação de cirurgias complexas. O sistema inclui modelos tridimensionais interativos da anatomia humana e procedimentos cirúrgicos.

24 De acordo com Dwyer et al. (2018), a *embodied data exploration* consiste numa exploração dos dados que se afasta do sistema computacional típico (ecrã, rato, teclado) para novas tipologias que privilegiam a interação tangível onde o toque, o gesto ou a voz ganham pertinência operativa.

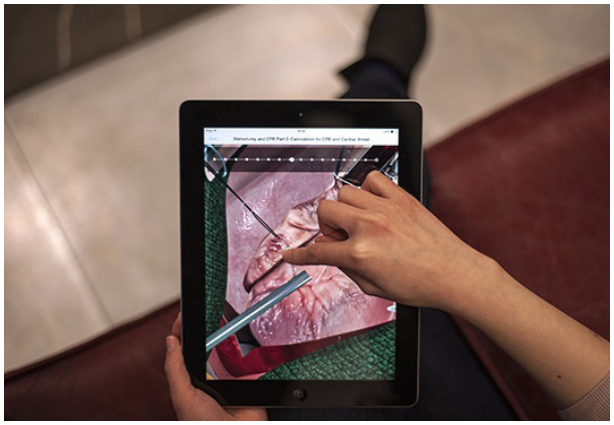


Fig. 2.45 –
Plataforma *Touch Surgery*.
Fonte da imagem:
https://techstartups.com/wp-content/uploads/2017/11/Touch-Surgery-AR-Headset.jpg

Um exemplo que alia a IMA à visualização de dados geográficos é a *Virtual Singapore* (Fig. 2.46), um modelo digital tridimensional dinâmico de Singapura – ou *digital twin*[25] – que funciona como uma plataforma de dados colaborativa e permite a profissionais do planeamento urbano visualizar e analisar dados sobre o trânsito, sobre a densidade populacional e as infra-estruturas da cidade, facilitando a tomada de decisões nesses âmbitos. Esta ferramenta é particularmente útil no caso de Singapura, devido à escassez de espaço e à alta densidade populacional que tornam o planeamento altamente complexo. O *Virtual Singapore* surge como uma versão digital, imersiva e interativa do *Singapore Central Area Model* (Fig. 2.47) – um modelo físico do centro da cidade à escala 1:400, construído em pequenos módulos que foram reunidos num modelo de grandes dimensões em 1998, e que era utilizado pelos arquitectos da *Urban Redevelopment Authority* como um modelo de trabalho para simular novas áreas de crescimento da cidade, sendo ainda hoje mantido em permanente atualização.

25 Segundo a IBM (n.d.), um *digital twin* é uma representação virtual precisa de um objeto ou sistema que acompanha o seu ciclo de vida, é atualizada a partir de dados em tempo real e utiliza a simulação e o *machine learning* para suportar a tomada de decisões.



Fig. 2.46 – *Virtual Singapore*. Fonte da imagem: https://infra.global/singapores-digital-twin-from-science-fiction-to-hi-tech-reality/



Fig. 2.47 – Modelo em balsa e acrílico da área central de Singapura, *Singapore City Gallery*. Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Model_of_Singapore_Central_Area_-_taken_from_Singapore_City_Gallery_Third_Floor,_Mar_2014.JPG

No âmbito da educação, o *software zSpace*[26] (Fig. 2.48) permite a estudantes em diferentes fases do seu percurso – desde a escola básica ao ensino superior – interagir com modelos tridimensionais pertinentes em áreas disciplinares como a biologia, a física e a engenharia, recorrendo a hardware específico que inclui, entre outros dispositivos, um ecrã preparado para exibir imagens estereoscópicas.



Fig. 2.48 – Imagem promocional da *zSpace*. Autoria de Amanda Austin (2018). Fonte: https://zspace.com/

Enquanto na SA toda a componente virtual é construída com o objetivo de informar sobre um determinado referente real, com o propósito de facilitar o que Shin et al. (2023) designam por *in-situ sensemaking*, na IMA há uma exploração da visualização de dados em ambientes mais ou menos imersivos, em que a ligação ao real não é preponderante. Assim, a investigação em torno da SA foca-se sobretudo no uso da realidade aumentada, enquanto a IMA abrange todas as classes de ambientes imersivos possíveis ao longo do continuum realidade-virtualidade (Milgram & Kishino, 1994).

2.3.1. O panorama da investigação na área da *Immersive Analytics*

Por incluir várias classes de ambientes imersivos e, consequentemente, diferentes dispositivos de visualização, o panorama da investigação em IMA é bastante vasto. Apesar de o termo IMA ter sido proposto recentemente, em 2015, por investigadores interessados em explorar a visualização de dados com RA e RV, autores como Fonnet & Prie (2021) e Klein et al. (2022) reconhecem que essa investigação se baseia em trabalhos que remontam ao início da década de 1990. O desenvolvimento e a estruturação contemporânea da IMA como campo de investigação nos últimos anos está relacionada

26 *zSpace*: https://zspace.com/ (acedido em: 11/09/2024).

principalmente com os recentes avanços tecnológicos em *hardware* e *software* imersivos de alta qualidade e com uma maior democratização desses recursos. Talvez por se tratar de uma área de investigação relativamente recente, a literatura em torno da IMA enquadra-se sobretudo no contexto da ciência computacional, com exceções pontuais de projetos que exploram uma dimensão mais comunicacional da visualização – é o caso de uma sub-área emergente da IMA conhecida como *Immersive Unit Visualization*[27], que pressupõe a imersão do público num universo de dados através da representação individual de cada entrada de uma base de dados (unidade), fomentando, entre outras coisas, a empatia do público.

Para Saffo et al. (2023), a IMA representa um vasto espaço de design que confronta investigadores e criadores com variadas opções de design, algumas das quais são partilhadas com a visualização de dados tradicional, outras que são exclusivas deste campo, nomeadamente as que se prendem com decisões relativas à tecnologia imersiva, aos ambientes virtuais, à perspetiva do utilizador, à escala e posição espacial do conteúdo virtual. Numa revisão sistemática de literatura de 2023 suportada numa recolha de artigos académicos publicados entre 2013 e 2022, esses autores dividiram a literatura revista em cinco categorias: teoria e contributo académico, tecnologia imersiva, dados, apresentação espacial e apresentação visual. A primeira categoria diz respeito à IMA enquanto prática académica e engloba as oportunidades criadas pela IMA e os tipos de estudo realizados neste âmbito. Aqui, os estudos de design – tipicamente estudos centrados na aplicação da IMA em contexto real utilizando metodologias próprias do design – foram os menos observados. Apesar da escassez de estudos a partir da lente do design, os autores reconhecem a sua utilidade: *"these works offer valuable insights into what elements of Immersive Analytics can improve domain-specific data visualization applications while providing domain-specific knowledge for future research*" (Saffo et al., 2023, p. 498). As restantes categorias englobam a literatura sobre as várias tipologias de dispositivo e tecnologias; tipos e gestão de bases de dados adequadas; aspetos técnicos relacionados com a apresentação espacial – ambiente, espaço, *embodiment* e colaboração; e aspetos relacionados com apresentação visual que determinam a forma como o utilizador interage com o conteúdo (eg. tipo de visualização, posicionamento, escala, orientação, forma de manipulação, etc.).

Também Fonnet & Prié (2021) propuseram uma revisão sistemática da literatura sobre IMA, abrangendo o período entre o início da década de 1990 e o final de 2018. Essa recolha revelou dois tipos de trabalhos – artigos com descrições de sistemas IMA e artigos de avaliação a aspetos ligados à investigação na área da IMA. O primeiro grupo de trabalhos envolve os seguintes tópicos: tecnologias; dados e mapeamento dos dados; modalidades de interação e colaboração. O segundo grupo de trabalhos inclui: a avaliação de sistemas considerados IMA; a comparação de sistemas de IMA com sistemas não imersivos; bem como a comparação de tecnologias; tipos de representação; e formas de interação.

---

27 O tópico da *Immersive Unit Visualization* é desenvolvido no capítulo 4 – Integração da Narrativa, especificamente no Ensaio IV – *Floating Companies II*.

Ao categorizar os estudos com descrições de sistemas IMA segundo o tipo de imersão, os autores identificaram 100 estudos envolvendo realidade virtual, e apenas 15 estudos recorrendo à realidade aumentada. Paralelamente à revisão sistemática realizada, os autores construíram um repositório online – o *Immersive Analytics Survey* (http://www.immersiveanalyticssurvey.org/) (Fonnet & Prié, n.d.). – onde publicaram os projetos de IMA que encontraram ao longo da sua pesquisa e onde é possível constatar a existência de somente 9 projetos classificados como RA, comparativamente a 78 projetos de RV.
Esta diferença sugere um muito maior investimento e interesse por parte da comunidade de investigação em IMA na tecnologia da RV em detrimento da RA, possivelmente devido ao seu maior grau de imersividade. No entanto, a RA, embora menos explorada, apresenta características únicas, nomeadamente a fusão dos ambientes real e virtual, que justificam um estudo aprofundado, nomeadamente nos casos em que não há uma ligação semântica evidente entre o conteúdo virtual e o ambiente real onde esse conteúdo será inserido – casos tipicamente abordados pela IMA.

2.3.2. O papel do Design

Atualmente, a investigação em torno da RA na representação de informação está a ser feita maioritariamente no âmbito da ciência computacional, do ponto de vista dos desafios técnicos e das questões ligadas à perceção visual, mas não tanto do ponto de vista experiencial do design. Tal como refere Casteleiro-Pitrez (2022), apesar de a informação visual e de a visualização serem áreas de interesse para a comunidade de investigação em RA, e apesar do estado de maturidade desta tecnologia ter sido já anunciado pela consultora tecnológica *Gartner* (Herdina, 2020) a investigação existente cruzando a visualização de dados e a RA parece focar-se sobretudo em tópicos e técnicas particulares para melhorar a perceção visual e a sobreposição entre o virtual e o real.

No entanto, abordar este tópico de um prisma estritamente funcionalista sem a intervenção do Design seria alienar o papel da tecnologia como mediadora da experiência humana. Na sua "Teoria da Mediação", Peter-Paul Verbeek (2015) defende que aquilo que é desenhado não é apenas uma coisa, mas uma relação entre o humano e o mundo em que as práticas e experiências tomam forma. Assim, o design implica não apenas o desenho de objetos tecnológicos possibilitadores de determinadas interações, mas sobretudo o desenho de uma relação específica entre o utilizador e o mundo, dando origem a experiências e práticas específicas (p. 28)[28]. Segundo Verbeek, as tecnologias vão muito além da mera função, no sentido em que ajudam a moldar a experiência da existência humana e é por isso que os designers são também mediadores:

---

28 *"The design of interactions therefore implies not only the design of technological objects that allow for specific interactions, but also the design of the human subjects who interact with these objects. Designing technology is designing human beings: robots, vacuum cleaners, smart watches—any technology creates specific relations between its users and their world, resulting in specific experiences and practices."* (Verbeek, 2015, p. 28).

"Designers, in fact, do not merely design products, but human practices and experiences as well. Products do not only have functional, interactive, and aesthetic qualities, but are in fact also mediators in the lives of human beings. Designing things is designing human existence." (p. 29).

Justifica-se assim a importância de que a aproximação entre o desenho da informação e a RA seja também feita através de uma dimensão autoral do design, ligada às questões estéticas, semânticas e éticas que tornam a tecnologia significante para o ser humano. No caso dos meios de comunicação, é através da exploração dessa dimensão semântica e experiencial que a transformação da tecnologia em meio de comunicação ocorre (Pitrez, 2022, p.79), e consequentemente também a sua entrada no circuito *mainstream*.

A exploração do potencial de um meio na criação de uma linguagem própria implica necessariamente um olhar sobre as propriedades únicas que esse meio apresenta e que o diferenciam de meios precedentes. Autores como Nilsson & Johansson (2006) e Azuma (2015b) falam mesmo da incongruência de conceber projetos de RA tendo por base o pensamento sobre interfaces gráficas tradicionais. De facto, são essas qualidades únicas que fazem com que cada meio conforme o significado da informação à sua maneira, apresentando simultaneamente formas próprias de resistência ao esforço informador do designer. No que configura o problema da expressão descrito por Flusser (1981) na palestra "Como explicar a Arte": "Os objetos que me cercam, barreiras que se deverão transformar em mediações, resistem ao meu esforço. São inertes. A inércia objetiva, a "perfídia da matéria", é extremamente variada: cada tipo de objeto opõe determinada resistência ao meu esforço informador que exigirá uma estratégia específica para ser vencida. A fita fílmica rasga, o bloco de mármore racha, o algodão cede, o ar ecoa. Cada tipo de objeto desafia, à sua maneira, a minha intenção de o transformar, a fim de alcançar o outro através dele." (Flusser, 1981).

A transformação da RA em meio implica, por isso, a criação e reflexão acerca de uma nova estética gráfica-técnica, bem como novos paradigmas de interação, assentes nas suas características únicas, nomeadamente: a mistura dos mundos virtual e físico, o controlo do ponto de vista contínuo e implícito pelo utilizador e a interatividade inerente (MacIntyre et al., 2001). É neste propósito que a ação do designer se enquadra e que ganha relevância, ie. na busca por uma linguagem própria através da sua praxis, o que implica por um lado ultrapassar os desafios do meio, as barreiras ao esforço informador de que fala Flusser, e por outro lado, desbloquear o seu potencial semântico, ie. encontrar as formas populares do meio.

Num paralelismo com o aparecimento do cinema, Azuma (2015b) resume os desafios dos pioneiros da RA da seguinte forma:

"Advancing the technology of moving pictures from those early days into the art form of cinema that we know today required progress on many fronts, not just in technology, but also in art, design, and business models. In AR and MR storytelling, we do not yet have the equivalents of the early pioneers in cinema, such as Buster Keaton, Sergei Eisenstein, and D.W. Griffith. These future pioneers will need to overcome some of the core challenges of this new form of media while simultaneously unlocking its potential." (p. 17).

Atualmente, as tecnologias de base que permitem criar experiências de RA, encontram-se suficientemente desenvolvidas e disseminadas para que esta tecnologia seja alvo de uma intervenção, não de natureza tecnológica, mas sim de ordem criativa, conceptual, estética e funcional. Para Casteleiro-Pitrez (2022), vivemos um momento-chave que permite que o designer se torne num pioneiro da RA, à semelhança do que aconteceu no passado com outras tecnologias. Atualmente, a RA já não se apresenta como uma folha em branco. A sua apropriação pelo design começa a ser construída, mas oferece ainda um vasto campo aberto à exploração para que a ação mediadora do design ocorra.

Capítulo 3.
Um Roteiro de Ensaios e Experiências

3.1. Introdução

Neste capítulo descreve-se a evolução desta investigação, especificamente da sua dimensão projetual, no sentido de permitir uma melhor compreensão das opções estratégicas tomadas ao longo dos vários ensaios práticos desenvolvidos e implementados.

3.1.1. Motivação

O interesse pela realidade aumentada (RA) no âmbito do design de comunicação começou em 2016, com a capa de RA – *On the Go* (Fig. 3.1) – desenhada por Christoph Niemann para o número de maio da revista *New Yorker*. Apesar da mediática capa não ter configurado à altura um marco do ponto de vista tecnológico – com as primeiras experiências pioneiras de realidade a surgirem na década de 1960 – ou mesmo um caso pioneiro da utilização de RA em papel – há exemplos da utilização desta tecnologia como extensão do meio impresso no jornalismo desde 2009, nomeadamente na revista *Esquire* (Ikonen & Uskali, 2021, p. 150) – foi marcante pela forma como a dimensão física imita a ação da dimensão virtual, como a ilustração ultrapassa artificialmente as barreiras do meio impresso que lhe serve de suporte.



Fig. 3.1 –
On the Go.
Capa e contracapa da revista *New Yorker* (16 de maio de 2016), por Christoph Niemann.
A capa e a contracapa da edição impressa conduzem a uma experiência de realidade aumentada – uma animação tridimensional – quando vistas através da aplicação *UNCOVR*.
Fonte da imagem: https://www.christophniemann.com/detail/virtual-reality/

Ao transformar, através do desenho, a revista na porta do metro, o designer consegue subverter a planicidade do papel e simular a tridimensionalidade do mundo virtual. O exercício de aumentar a perceção começa por ser feito no papel, com uma perspicácia que aparenta simplicidade, sendo posteriormente expandido em RA, através de uma animação tridimensional que dá continuidade à narrativa iniciada na capa impressa. Como refere o próprio Christoph Niemann no primeiro episódio da série *Abstract* (2017)[1]: [40:59] *"In a way, we have that augmented reality cover [digital animation], but this [printed magazine] already is an augmented reality cover, because you can look at the same scene from two sides."*.

O interesse pela capa de Christoph Niemann não veio tanto da solução virtual encontrada, mas sobretudo do domínio sobre a banda desenhada e a imagem sequencial, que lhe está subjacente. A maturidade do meio impresso e, neste caso, da banda desenhada contrasta de forma óbvia com a fase de maturidade atual do conteúdo para RA, uma tecnologia que só recentemente ultrapassou as principais contingências técnicas e as questões de usabilidade, tornando-se acessível a um público não especialista. Especificamente, no design de informação, a ainda insuficiente exploração da RA, sobretudo à data do início desta investigação em 2019, contribuiu para manter aceso o interesse por esta área. A necessidade de uma apropriação das tecnologias de realidades mistas por designers de informação tornou-se ainda evidente em representações de dados com RA cuja abordagem consistia em transpor diretamente gráficos convencionais para a RA – o caso, por exemplo, da aplicação *Graphmented* (2017)[2] – levando-nos a questionar a adequação do conteúdo ao meio e necessariamente a imaginar alternativas para o que poderia vir a ser a representação de dados com recurso a RA.

3.1.2. O carácter exploratório do Design como abordagem à investigação

Segundo MacIntyre et al. (2001), um meio de comunicação nunca é apenas a tecnologia que o torna possível. A tecnologia oferece um conjunto de funcionalidades que abrem o caminho a determinadas possibilidades de uso, que, por sua vez, evoluem e desenvolvem-se de formas específicas, dentro de um contexto histórico e cultural particular. Estas formas de media resultam da utilização da tecnologia conforme determinadas convenções e práticas estabelecidas ao longo do tempo. O autor exemplifica esta ideia com a história do cinema: a câmara de filmar, a projeção e o sistema de distribuição, constituíram à data da sua invenção (entre 1890 e 1930) uma nova tecnologia de representação, que foi depois desenvolvida e deu origem a diferentes formas cinematográficas, de que são exemplo o documentário, o filme de propaganda, ou o filme narrativo (p. 198).

---

1 Episódio disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=q_k8fVNzbGU (consultado em: 02/03/2023).

2 *Graphmented* (2017) é uma aplicação educacional que permite criar gráficos convencionais – bidimensionais e tridimensionais – em RA a partir de bases de dados *Excel* fornecidas pelo utilizador.

Atualmente, a RA constitui um novo meio de comunicação digital para o qual as convenções, tanto experienciais como simbólicas, ainda estão a formar-se. Essas convenções estão relacionadas não só com as qualidades inerentes do novo meio, mas também com as convenções de meios precedentes (MacIntyre et al., 2001) e como refere Mitchell (2008, p. 13) *"All media are mixed media"* lembrando que não existe um meio "puro".

Ultrapassadas as questões técnicas e de usabilidade, é, portanto, necessário compreender e explorar a dimensão experiencial da RA (Rouse et al., 2015), uma tarefa abrangente e iterativa que envolve a interdisciplinaridade entre vários campos de estudo e onde o Design, pela sua natureza construtiva, normativa e criativa (Cross, 1982), pode atuar na sua mediação cultural e como forma de imaginar o novo. MacIntyre et al. (2005) exalta o papel do designer nesta tarefa, ao referir que a história dos *media* mostrou que qualquer meio (não apenas a RA) não atingirá o seu potencial enquanto não for colocado nas mãos de designers que, através do seu trabalho, definam as formas populares do meio.

De facto, a imaginação do novo, que MacIntyre refere, é um ato exploratório que está no centro do pensamento em Design, e que vários autores têm vindo a desconstruir. Dos autores que abordam o design como uma prática de indagação que transcende a criação de objetos ou soluções, envolvendo uma exploração profunda e contínua de problemas e possibilidades, destacam-se, no contexto desta tese, as propostas de Cross (1982, 1999) e Schön (1992).

Ao defender a existência de uma "inteligência natural" no design, Cross refere que o design "não é a procura por uma solução ótima para um determinado problema, mas sim uma atividade exploratória. O designer interpreta o *briefing* não como uma especificação para uma solução, mas como um mapa parcial de um território desconhecido, de onde parte para uma exploração que visa a descoberta de algo novo, em vez de responder com mais um exemplo de algo que já é familiar"[3] (1999, p. 28). Este carácter exploratório manifesta-se em outros aspetos que identificam a prática do design, segundo Cross, para quem o design é emergente, oportunista e reflexivo. É emergente no sentido em que a solução e o problema se desenvolvem em conjunto; é oportunista uma vez que a informação relevante não pode preceder a atividade projetual, fazendo com que as direções seguidas ao longo do projeto sejam influenciadas pelo que vai sendo apreendido nessa exploração; e é reflexivo, tendo em conta que os processos mentais do designer se articulam numa espécie de diálogo entre processos mentais internos e a sua expressão externa (que permite considerar, rever, desenvolver e retomar soluções que vão sendo criadas iterativamente).

---

3 Citação original: *"design is not a search for the optimum solution to the given problem, but that design is exploratory. The creative designer interprets the design brief not as a specification for a solution, but as a kind of partial map of unknown territory (as suggested by Jones, 1970), and the designer sets off to explore, to discover something new, rather than to return with yet another example of the already familiar."* (Cross, 1999, p. 28).

No contexto do design, outros autores abordam a importância da exploração como prática integradora da ação e da reflexão, sendo, porventura, Schön um dos autores mais paradigmáticos desse pensamento. Donald Schön (1992) descreve a forma como os designers refletem e ajustam suas práticas em tempo real durante o processo de criação, definindo o conhecimento em design como sendo tácito e reflexivo, simultaneamente: *"Design knowledge is knowing in action, revealed in and by actual designing. It is mainly tacit, in several senses of the word"* (p. 3). Schön refere um processo de "ver-desenhar-ver" para traduzir a sua ideia do design como uma conversa reflexiva com os materiais num determinado contexto[4]. Nesta "conversa", o designer vê – regista visualmente a informação, enquanto constrói o seu significado – e move-se – atua no sentido de uma transformação que é feita através do desenho[5], ao longo de vários ciclos iterativos.

Nesta tese, a exploração ocupa um papel central na procura de possíveis abordagens à aproximação entre o design de informação e a RA, nomeadamente no âmbito da representação de dados. O rizoma de caminhos exploratórios alternativos nesse campo torna-se desde logo evidente, pela diversidade que o "ambiente real" traz para esta situação projetual. É que neste contexto, o real pode ser tudo o que tenha uma dimensão física visível – um objeto, uma pessoa, uma paisagem, um espaço, uma localização geográfica, etc.. Para fazer um reconhecimento desse território de possibilidades, explorámos, com base no projeto – e através de uma sequência de ensaios práticos – diferentes formas de combinar realidade e virtualidade para a representação de dados com recurso a RA, usando três diferentes tipologias de objeto real: uma imagem, um objeto tridimensional e um espaço interior (este tópico encontra-se descrito em maior detalhe na secção 3.1.4. "Um Roteiro de Experiências").

3.1.3. O projeto Design OBS como banco de ensaio

O Projeto "Design OBS - Para um Observatório de Design em Portugal: Modelos, Instrumentos, Representação e Estratégias" (com a referência POCI-01-0145-FEDER-032445), financiado pela FCT, e que teve o seu início em 2018 foi, pela sua natureza, escolhido como campo de aplicação para realizar a dimensão prática desta investigação.

Entre os principais objetivos deste projeto (https://designobs.pt/) incluíam-se: (1) a definição de um modelo para o ecossistema do Design português; (2) a construção de instrumentos para uma efetiva observação deste ecossistema e da sua evolução no tempo; (3) a recolha, análise, interpretação e representação de dados sobre o ecossistema; (4) o desenvolvimento de uma plataforma digital participativa; (5) a investigação e teste de novos mecanismos para a representação de dados e (6) da interpretação, promoção, divulgação e discussão do conhecimento construído, a nível nacional e internacional,

---

4 *"designing as a reflective conversation with the materials of a situation"* (Schön, 1992, p. 5).

5 Embora a ação do designer se baseie noutros sentidos além da visão: *"The designer designs not only with the mind but with the body and senses"* (Schön, 1992, p. 5)).

através de publicações, exposições e outros eventos; (7) a definição das estratégias e da estrutura organizacional que permitam a sustentabilidade de um Observatório do Design Português; (8) a sugestão de orientações de política pública para a promoção do design português (Branco et al., 2018).

Assim, um dos propósitos fundamentais do projeto Design OBS consistia na investigação específica em design de informação, nomeadamente na visualização dinâmica e interativa das interpretações decorrentes dos dados recolhidos e analisados no processo de observação do ecossistema do Design Português. Nesse âmbito, foi também elencada a necessidade de conceber, desenvolver e testar novas estratégias (numa mistura entre novos media e suportes convencionais) para uma melhor compreensão e visibilidade do ecossistema do design português, que possibilitassem o envolvimento do público[6].
Foi com o intuito de investigar e testar novos mecanismos de representação, especificamente estratégias capazes de misturar novos media e suportes convencionais, que a investigação sobre design de informação com RA e o projeto Design OBS confluíram e aproveitaram sinergias. Ao disponibilizar, na plataforma online, bases de dados previamente curadas sobre o ecossistema do Design Português, o Design OBS ofereceu um banco de ensaio a esta investigação, dotando-a de um campo de aplicação rico. Em contrapartida, a criação de artefactos de informação com RA contribuiu para endereçar duas necessidades do projeto – a investigação de novas estratégias de representação de informação misturando meios convencionais e novos *media* para o envolvimento público; e a criação de materiais de disseminação do projeto. O decurso desta investigação acabou por determinar, a partir dos seus próprios objetivos, a natureza dos materiais de comunicação a utilizar, privilegiando-se como âmbito de aplicação e teste as exposições, primeiro na Faculdade de Belas-Artes de Lisboa (Dezembro 2021) e, mais tarde, na Faculdade de Belas-Artes do Porto (Maio 2022) realizadas no âmbito do projeto Design OBS.

3.1.4. Os momentos essenciais

A fase projetual desta investigação pode ser dividida em duas partes: uma primeira parte composta por três ensaios preparatórios – *Minard Revisited*, *Graduates and Companies* (GRAC) e *Floating Companies* (FLOC) – abordados neste capítulo, e uma segunda parte composta por dois ensaios – *Floating Companies II* (FLOC II) e *Pencils II* – abordados no capítulo 4. De caráter mais exploratório, os ensaios da fase preparatória descrevem, na sua materialização, um percurso que começou com uma certa subordinação da camada virtual à componente física (real) da experiência, seguindo para uma progressiva emancipação do

6 Objetivo retirado da candidatura do projeto Design OBS (POCI-01-0145-FEDER-032445) a financiamento pela FCT. Excerto original: *"On the other hand, the research team will need to conceive, develop and test new strategies (a mix between new media and conventional support) towards a better understanding and visibility of the ecosystem of Portuguese Design enabling public enrollment."* (p. 55).

virtual relativamente ao real, ie. uma maior autonomia da camada virtual relativamente ao seu referente físico. Simultaneamente, verificou-se, também, um descolamento crescente do projeto de formas tradicionais de design de informação, na direção de uma dimensão mais exploratória ou especulativa.

Os dois primeiros ensaios – *Minard Revisited* e *Graduates and Companies* (GRAC) – tiveram em comum a subordinação da camada virtual à componente física (real) da experiência. Em *Minard Revisited*, a componente virtual comenta sobre um objeto real – o mapa Figurativo (Charles Minard, 1869) – que é, ele próprio, o produto acabado de uma interpretação sobre a realidade, com um forte caráter comunicacional. Em *Graduates and Companies* (GRAC), a componente virtual continua a construir-se em função de um objeto físico, mas desta vez o objeto físico foi projetado e desenvolvido para manter com a dimensão virtual uma relação que se aproxima da complementaridade – apesar de as duas peças serem desenhadas com o intuito de proporcionarem uma interpretação em conjunto, o objeto físico pode ser lido sem a camada virtual, embora o contrário não seja possível. Nestas duas experiências, a leitura da peça física antecede a leitura da camada virtual que, por sua vez, se subordina ao objeto físico numa forma de remediação, ou de reinterpretação na sua dependência.

Floating Companies (FLOC) constituiu o passo seguinte no que diz respeito a uma exploração mais profunda da virtualidade, inaugurando uma relação de maior autonomia do ambiente virtual relativamente ao ambiente real, que se vai tornando progressivamente apenas o cenário onde a camada virtual se desenrola. No ensaios *Floating Companies*, e posteriormente em *Floating Companies II* e *Pencils II,* a emancipação do virtual em relação ao real permitiu uma exploração livre do espaço híbrido e das suas qualidades, em particular da imersividade.

Nos ensaios preparatórios *Minard Revisited* e *Graduates and Companies* (GRAC) partiu-se de uma premissa assente numa aceção da RA ligada à origem das *Tangible User Interfaces* (TUI), que atribuía à RA a função de resgatar a interação dos humanos com o real (Shaer & Hornecker, 2010) e que teve origem no artigo *Back to the Real World* (Wellner et al., 1993). Neste artigo, que marcou o início da TUI, os autores defendem que tanto os computadores como a realidade virtual alienam os humanos do seu ambiente natural, pelo que em vez de forçar os utilizadores a entrar no mundo virtual, deve aumentar-se o mundo real com funcionalidades digitais. Outros autores referem o potencial da RA como forma de comentar o mundo real. Para Bolter & Grusin (1999), a realidade virtual está completa em si própria, é na verdade o simulacro de Baudrillard (p. 213) enquanto a RA não bloqueia o mundo, em vez disso comenta sobre ele (p. 215). Ou, como defende Vairinhos (2014, p. 22): "Por oposição à Realidade Virtual (RV), a Realidade Aumentada não substitui a realidade por um ambiente imersivo e sinestésico, antes combina-os com os elementos reais que rodeiam o utilizador aumentando ou condicionando a percepção que ele tem do cenário real. Na RV o utilizador não observa diretamente o cenário real que o rodeia – é imerso num ambiente totalmente sintetizado.".

A conceção da RA como forma de retornar ao real poderá ser útil em vários aspetos, particularmente quando se procura fomentar a interação entre os seres humanos e o seu ambiente físico, evitando uma alienação da realidade. Contudo, este olhar sobre a RA coloca o ambiente real em primeiro plano e diminui o papel da dimensão virtual, retirando o foco das suas qualidades inerentes e do ambiente que resulta da combinação dos ambientes real e virtual.

Contrariando esta primazia do ambiente real, os ensaios FLOC, FLOC II e *Pencils II* utilizam a realidade apenas como um espaço expositivo onde o conteúdo virtual é integrado e assumem o intuito de explorar a RA pelas suas qualidades intrínsecas. Esta abordagem ancora-se no contributo de Azuma (2015) que defende que a legitimação da RA como novo meio implica a exploração das suas potencialidades inerentes – das quais se destaca a possibilidade inédita de combinar os ambientes físico e virtual. De facto, o autor exclui do seu estudo os casos de RA aplicada a meios tradicionais, como o livro, por considerar que tais experiências não tiram partido das possibilidades desta tecnologia. Ao longo dos cinco ensaios houve uma progressiva autonomização da experiência virtual em relação ao real – tanto em *Minard Revisited* como em GRAC a componente física funciona como instância principal da informação, conduzindo a experiência virtual. Em FLOC a experiência virtual é reproduzida através do reconhecimento de um determinado espaço, que não tem qualquer relação semântica com o conteúdo virtual apresentado, mas que ainda assim é essencial para que a experiência virtual ocorra. Em FLOC II e *Pencils II* a componente virtual pode ser colocada em qualquer local através da deteção de um plano horizontal, o que permite, por exemplo, que cada utilizador acrescente algum significado extra, em função do plano horizontal que decida usar.

Ao mesmo tempo que a relação de dependência entre o ambiente real e o conteúdo virtual se foi modificando – com o real a ser progressivamente menos determinante, semanticamente, para as experiências – houve uma crescente apropriação do espaço real no sentido da escala. Com exceção de *Pencils II*, houve ao longo dos restantes ensaios, um aumento da escala e uma crescente apropriação do espaço no sentido físico: em *Minard Revisited* a instância real encerra-se num objeto bidimensional – uma imagem numa folha de papel com aproximadamente 297 x 420 mm (A3); em *Graduates and Companies* (GRAC) o real consiste num modelo tridimensional com cerca de 580 x 788 x 190 mm (largura, comprimento, altura) e em *Floating Companies* (FLOC) o ambiente real que lança a experiência RA é uma divisão com cerca de 2,20 x 5,90 m. Esta apropriação crescente do ambiente real teve na sua origem uma maior importância atribuída ao espaço – uma dimensão fundamental da experiência digital e em particular da RA (algo que abordamos atrás no Capítulo 2).

Os diferentes ensaios tiveram na sua base diferentes questões de investigação e objetivos. Os ensaios preparatórios, *Minard Revisited* e GRAC, tiveram como objetivo principal avaliar a viabilidade semântica e técnica de acrescentar uma camada virtual a uma peça de informação física. A viabilidade semântica relaciona-se com a necessidade de averiguar se a camada virtual consegue acrescentar novos significados ao ambiente real, nomeadamente a peças de informação fechadas, uma delas amplamente reconhecida na cultura do design de informação por ser muito completa – o *Figurative Map*, de Charles Joseph Minard (1869). Nesta fase, havia ainda a oportunidade de explorar formas

de combinar o real e o virtual de forma significante, observando as possibilidades de criação de significado daí resultantes. Por outro lado, a viabilidade técnica consiste em testar, através da prática, a possibilidade de alguém sem conhecimento de programação computacional construir uma experiência de RA.

Com FLOC procurámos, fundamentalmente, compreender como é que os dados são percebidos no espaço híbrido, quando não há uma relação semântica entre o espaço real e os dados representados. Esta circunstância foi introduzida pelo campo de aplicação da investigação – o projeto Design OBS. – e pela necessidade, daí decorrente, de criar artefactos de informação para integrar uma exposição itinerante. Com o desenvolvimento do protótipo FLOC II pretendia-se reconhecer possíveis disparidades na perceção do espaço híbrido, utilizando duas tipologias diferentes de dispositivos: *hand-held display* e *head-mounted display*, verificando a hipótese de um *head-mounted display* contribuir para tornar o espaço híbrido mais credível devido a uma mais eficaz combinação entre os ambientes real e virtual. O último ensaio – *Pencils II* – enquadrou-se num estudo sobre ferramentas de autoria em RA *no-code*, cuja utilidade foi suscitada por uma limitação identificada ao longo dos ensaios anteriores – a necessidade de recorrer a programação computacional na criação de interações em conteúdo de RA – o que pode ser um entrave à entrada de designers sem conhecimentos de programação. O caráter de *Pencils* difere dos ensaios anteriores no sentido em que o desenvolvimento do protótipo visa ilustrar a possibilidade de criar uma representação de dados unicamente com recurso a ferramentas *no-code*, identificando possíveis implicações daí resultantes para designers, e não tem como objetivo a produção de investigação com base em testes de utilizador.

De uma perspetiva global, o percurso construído ao longo dos ensaios *Minard Revisited*, *Graduates and Companies* (GRAC), *Floating Companies* (FLOC), e *Floating Companies II* (FLOC II) procura responder à questão central: Em que medida a tecnologia da realidade aumentada, enquanto matéria da invenção, determina o desenho da configuração ou da conformação de conteúdos?

3.2. Explorando a Realidade Aumentada no Design de Informação (Ensaio I)[7]

As primeiras experiências foram realizadas com base na reinterpretação do programa materializado em *Figurative Map* (1869) por Charles Minard, e tinham como principal objetivo reconhecer e sistematizar abertamente diferentes formas de adequar a RA ao design de informação, ou seja, de "aumentar" as dimensões informativa, comunicativa, e empática dos artefactos convencionais desenhados para informar. *Figurative Map* foi selecionado por constituir um artefacto de design de informação amplamente reconhecido como exemplar na cultura da disciplina (Friendly, 2008) (Tufte, 2006). Com base nestas experiências em torno do mapa de Minard, foram reconhecidas diferentes funções da RA relativamente ao objeto físico, que podem potencialmente expandir as formas tradicionais de design de informação. Esta proposta foi construída num paralelismo com o estudo das relações entre texto e imagem provenientes da área da Ilustração, nomeadamente a partir do estudo de Sophie Van Der Linden (2011). As conclusões desta investigação devem orientar a sua futura aplicação ao projeto Design OBS, nomeadamente na construção de artefactos de informação sobre aspetos do design português em que a incorporação de RA seja uma mais-valia. Com as experiências realizadas com base no mapa de Minard, pretende-se discutir os conceitos subjacentes à aplicação da RA ao design de informação, confirmando o seu interesse numa fase que precede a aplicação desta tecnologia ao projeto Design OBS.

3.2.1. A seleção de *Figurative Map*

A seleção do *Figurative Map* (1869) de Charles Minard para testar narrativas aumentadas deveu-se ao facto de ter sido considerado por Tufte como um gráfico narrativo de tempo e espaço que ilustra como a complexidade multivariada pode ser subtilmente integrada (Tufte, 2001, p. 40) (Friendly, 2002); mas também pelo seu reconhecimento como um artefacto de excelência na cultura do design de informação:

"Charles Joseph Minard's data-map describes the successive losses in men of the French army during the French invasion of Russia in 1812. Vivid historical content and brilliant design combine to make this one of the best statistical graphics ever."
(Tufte, 2006, p. 122).

---

7 Esta secção é uma adaptação do artigo que foi originalmente publicado como:
Marques, A. B., Branco, V. & Costa, R. (2020). Minard Revisited – exploring augmented reality in information design. In N. Martins & D. Brandão (Eds.), *Advances in Design and Digital Communication: Proceedings of the 4th International Conference on Design and Digital Communication, Digicom 2020* (79-89). doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-61671-7_8.

As experiências *Pointing Finger* e *War Painting* foram abordadas em:
Marques, A. B., Branco, V. & Costa, R. (2021, julho). Augmented Narrative: Bringing Reality to Data and Bringing Data to Reality. Poster session presented at the Ciência 2021 – Encontro de Ciência e Tecnologia em Portugal, Lisboa.

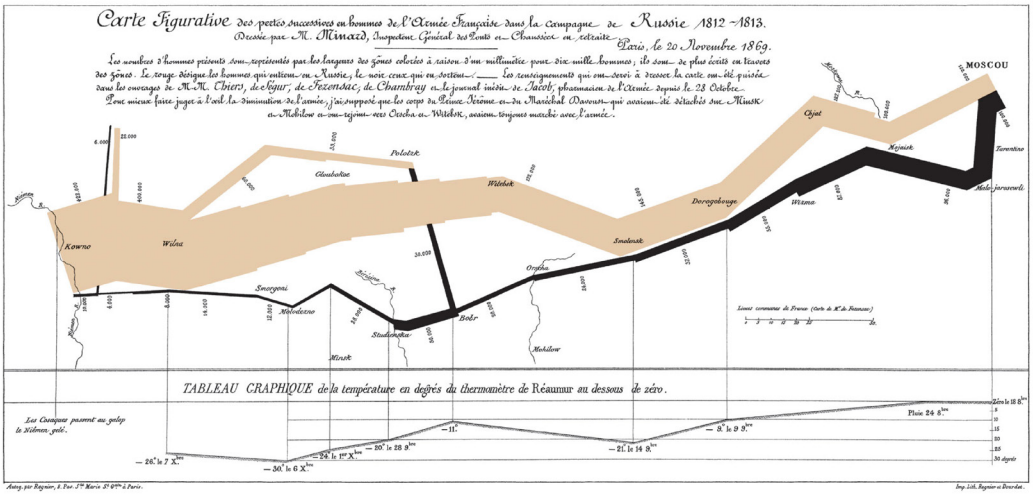


Fig. 3.2 – *Carte Figurative des pertes successives en hommes de l'Armee Français dans la champagne de Russe 1812-1813*. Mapa desenhado por Charles Minard em 1869.
Fonte da imagem: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Minard.png

Carte Figurative ou *Figurative Map* (Fig. 3.2), em inglês, mostra através de um diagrama de fluxo, atualmente designado diagrama de *Sankey*[8], as catastróficas perdas de vidas sofridas durante a campanha do exército de Napoleão, entre Kaunas e Moscovo. O tamanho decrescente do exército, que inicialmente contava com 422.000 homens, é realçado pelo estreitamento acentuado da mancha castanha que representa a partida para Moscovo e pela mancha preta que marca o regresso a Kaunas, terminando com 10.000 homens. Minard retrata numa única imagem múltiplas dimensões: localização geográfica, número de soldados em cada posição do mapa, temperaturas suportadas pelo exército e passagem do tempo.

Além da referência às baixas temperaturas durante o regresso, Minard não identifica as causas de morte nos vários pontos do mapa onde a linha de fluxo se estreita drasticamente, deixando essa explicação à curiosidade do leitor, o que Willers (2015) designa de final aberto. Com base em algumas destas questões deixadas em aberto, foram concebidas três reinterpretações do mapa de Minard, utilizando a RA como meio para as integrar no mapa original.

8 Segundo Costa (2014), a designação "diagrama de *Sankey*" resulta de um diagrama sobre eficiência energética criado em 1898 pelo engenheiro irlandês Mathew Sankey.

3.2.2. Reinterpretações de *Figurative Map*

O conjunto de experiências apresentado de seguida foi desenvolvido a partir da base de dados representada em *Figurative Map*, e disponibilizada por Michael Friendly na sua página *DataVis.ca* (Friendly, 2001), no âmbito de um concurso chamado *Re-Visioning Minard*, lançado a designers no sentido de apresentarem as suas reinterpretações do mapa de Minard. Tecnicamente, as experiências de RA foram desenvolvidas com recurso ao *Unity*[9] – um motor de jogos para a construção de aplicações interativas multiplataforma, com integração do *Vuforia*[10] – um *kit* de desenvolvimento de *software*, ou *software development kit* (SDK).

Experiência 1 – *Tridimensional Terrain*

Numa primeira experiência testou-se a modelação tridimensional do terreno geográfico abrangido no mapa de Minard e a sua sobreposição ao mapa original através de RA para dispositivos móveis. A modelação tridimensional foi feita com recurso ao *software Cinema 4D*[11], combinado com *3D Map Generator*[12]. A componente virtual sob a forma de uma aplicação de RA para dispositivos móveis permitiu sobrepor o modelo 3D (ver figs. 3.3 e 3.4) ao mapa original, transformado em *image target*[13].

---

9 A escolha do *Unity* (https://unity.com/pt) deveu-se à sua versatilidade no desenvolvimento de experiências interativas em diferentes tipologias de ambiente imersivo, incluindo a RA. A vasta comunidade de utilizadores proporciona ainda um apoio valioso, disponibilizando recursos, tutoriais e plugins que aceleram o desenvolvimento e a resolução de desafios técnicos. Além disso, esta plataforma destaca-se pela sua capacidade de integração com outras ferramentas de design, permitindo uma transição fluida entre a criação e a implementação de conteúdos. A possibilidade de exportar projetos para múltiplas plataformas reforça a sua adequação para investigações que explorem novas abordagens em ambientes digitais imersivos.

10 O *Vuforia* (https://developer.vuforia.com/home), foi utilizado neste estudo pelas suas mais-valias técnicas que incluem, quer a rápida deteção de alvos, quer a boa capacidade de *tracking*, mesmo em condições de baixa luminosidade, distância ou em que o alvo está parcialmente oculto, mas também pela fácil integração com o *Unity*.

11 O *Cinema 4D* (https://www.maxon.net/en/cinema-4d) é um *software* de modelação, animação, simulação e renderização 3D.

12 O *3D Map Generator* (https://www.3d-map-generator.com/) é um *plugin* do *Photoshop* que permite gerar mapas geográficos tridimensionais a partir de mapas de alturas, que por sua vez, podem ser criados através do *Google Maps*.

13 *Image targets* são imagens utilizadas em aplicações de RA para desencadear a exibição do conteúdo digital. Esses elementos visuais são reconhecidos e rastreados por um *software* de RA, como o *Vuforia*, que compara a imagem capturada pela camara com imagens disponíveis numa base de dados de alvos conhecidos. Quando o *software* identifica um *image target*, posiciona e exibe elementos digitais sobre si no ambiente real, permitindo que os utilizadores vejam e interajam com o conteúdo aumentado.

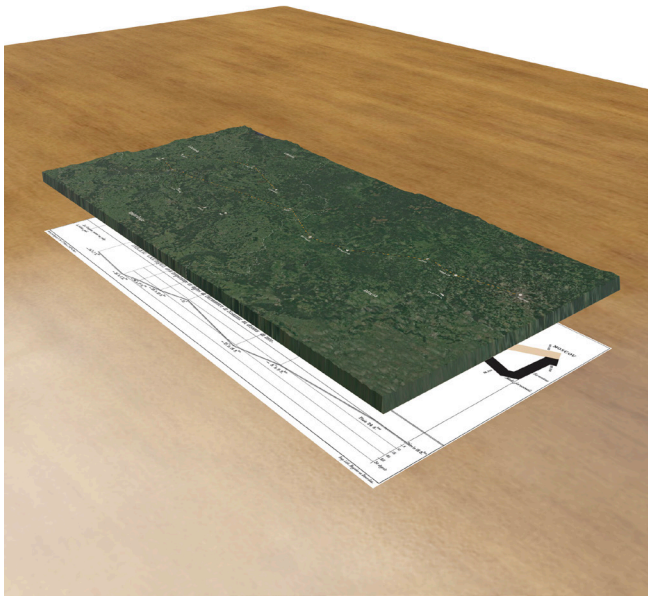


Fig. 3.3 – Montagem da sobreposição do mapa de relevo ao mapa original em papel.

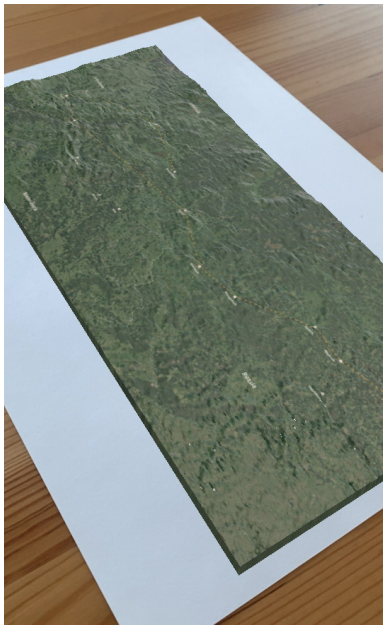


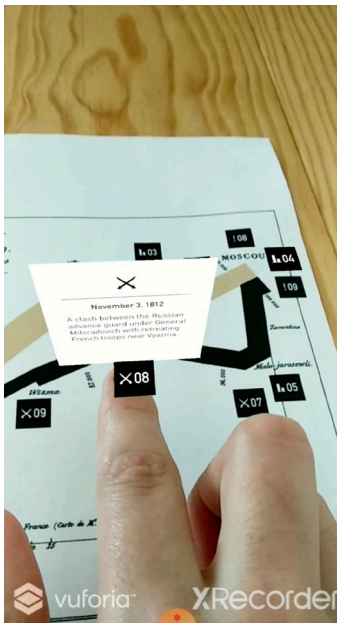
Fig. 3.4 – Captura de ecrã da aplicação protótipo *Figurative Map*, onde é visível a modelação tridimensional da área terrestre abrangida pelo mapa de Minard.

A área geográfica modelada é muito extensa, abrange atualmente três países - Lituânia, Bielorrússia e Rússia. A textura do mapa tridimensional é gerada através de uma captura de ecrã à mesma área geográfica no *Google Maps*, contribuindo para que o resultado seja um terreno muito homogéneo em que a perda de detalhes, como pequenos lagos e rios, é notória. A experiência permitiu observar que a ocultação total do objeto real pelo virtual anulou o propósito da RA, evidenciando a necessidade de procurar outras formas de integrar melhor realidade e virtualidade.

Experiência 2 – *Battle-Map*

A segunda experiência consistiu em assinalar as batalhas e os eventos relevantes em diversos pontos do mapa, aumentando-o através da criação de novas camadas de informação que não constavam no mapa original, mas que podiam fornecer pistas para a sua melhor compreensão. A recolha e tratamento da informação sobre a campanha do exército francês à Rússia circunscreveu-se ao conteúdo retirado da visualização dinâmica

When Napoleon Ventured East[14], publicada online pela agência noticiosa russa *Tass*. Essa informação adicional, composta por textos explicativos e gráficos comparando o número de homens e armas de cada exército nos sucessivos confrontos bélicos, começou por ser apresentada em painéis tridimensionais nos respetivos locais do mapa e ativados através de *image targets* independentes – quadrados pretos numerados com um símbolo correspondente ao tipo de informação. Inicialmente este ensaio veio a expor a dificuldade técnica no reconhecimento de alvos pequenos. Num desenvolvimento posterior (Figs. 3.5a e 3.5b), em que todos os painéis informativos foram associados ao mapa de Minard, e apesar do registo ter sido bem-sucedido, a grande quantidade de painéis próximos criou entropia na visualização e gerou a projeção de sombras nos painéis como é possível observar na figura 3.6.



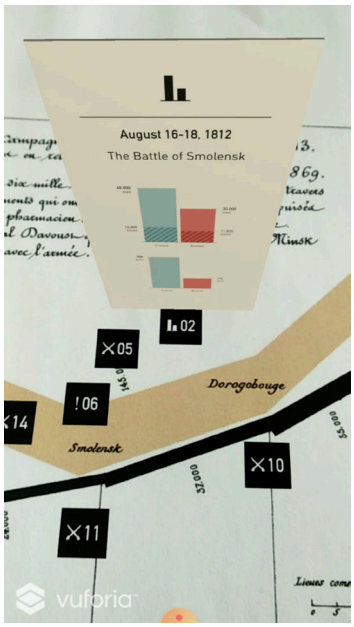


Fig. 3.5 – Captura de ecrã do protótipo da aplicação protótipo *Battle-Map* (versão com botões virtuais). **Fig. 3.5a** – Modo de interação com um botão virtual, que em vez de ser interativo através do ecrã, é interativo no ambiente real. **Fig. 3.5b** –Painel informativo ativado através de um botão virtual.

14 *When Napoleon Ventured East*: https://1812.tass.ru/en (consultado em: 9/10/2024).

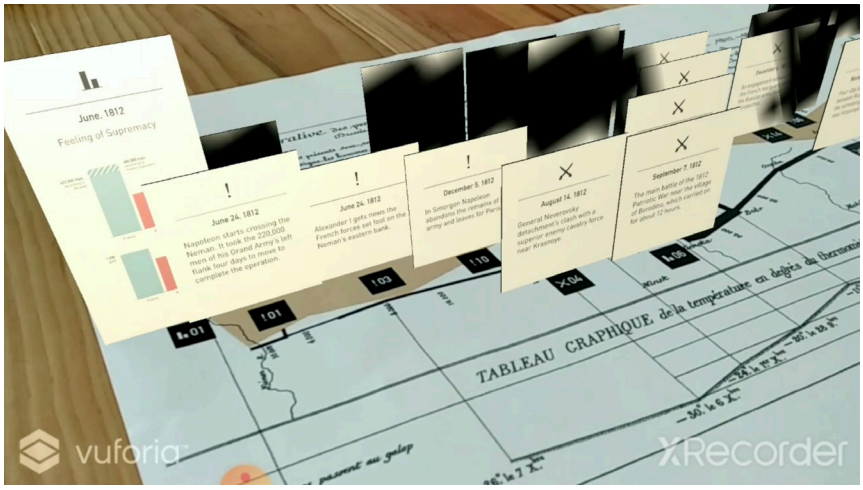


Fig. 3.6 – Captura de ecrã do protótipo da aplicação *Battle-Map* (versão sem botões).

De forma a dissolver alguma da confusão visual causada pela disposição simultânea de vários painéis informativos, foram criados botões virtuais que permitem ativar individualmente os painéis. Os botões virtuais, ao contrário dos botões convencionais, são clicáveis no objeto real e não no ecrã, como mostra a figura 3.5. Apesar de permitir uma melhor integração entre real e virtual, a utilização de botões virtuais em dispositivos móveis apresenta algumas desvantagens, nomeadamente pela necessidade de o utilizador executar várias tarefas em simultâneo: procurar com o dispositivo o melhor ângulo para a detecção do botão virtual e ler o painel informativo associado.
O passo seguinte consistiu na substituição dos botões virtuais por botões convencionais, em que o toque é feito no ecrã (Fig. 3.7). Aos painéis aplicou-se um material transparente, tornando o mapa original completamente visível em prejuízo da informação adicional.
A possibilidade de transformar qualquer objeto virtual num botão através da sua programação abre múltiplas possibilidades criativas ao design de informação. Apesar de neste caso apenas terem sido adicionados painéis textuais, os botões abrem a possibilidade de acionar materiais de naturezas diversas – gráficos tridimensionais; som; animação; modelos tridimensionais; mapas do terreno; etc.. A utilização de botões permite ainda disponibilizar uma grande quantidade de informação associada ao mapa que não tem de estar imediatamente visível, podendo ser descoberta interativamente.

Pointing Finger

Pointing Finger (Figs. 3.8, 3.9, 3.10, 3.11) consiste numa segunda versão do protótipo *Battle-Map* (experiência 2) (Figs. 3.5 – 3.7). Nesta fase de desenvolvimento, a camada virtual traduz o gráfico de Minard em sucessivos gráficos cuja área é proporcional ao número de baixas em cada local do mapa original (Figs. 3.8 – 3.11). Além disso a camada virtual adiciona informação precisa sobre o número exato representado em cada parte do gráfico, assinalando momentos chave como batalhas, divisão do exército em várias frentes, reunião das frentes de combate, travessia de rios, entre outros.
Os dados numéricos e geográficos que suportam esta experiência foram retirados da página de Michael Friendly (2001) (https://www.datavis.ca/gallery/re-minard.php), que disponibiliza uma base de dados contendo os dados representados originalmente em *Figurative Map* no sentido de promover novas interpretações do mapa.

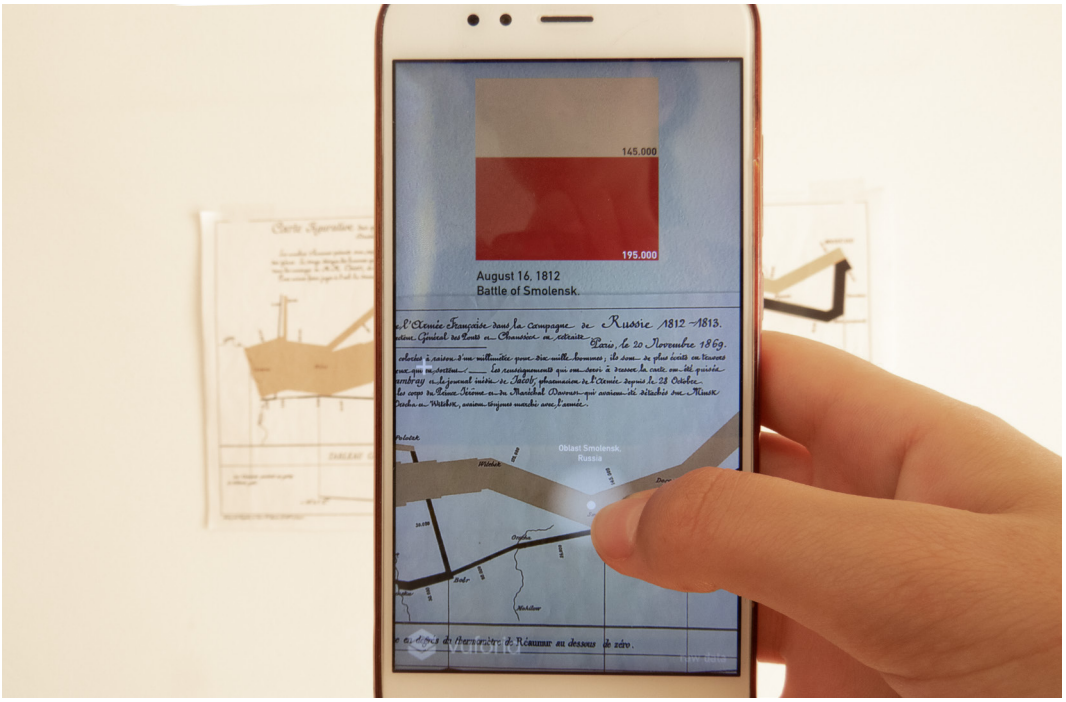


Fig. 3.8 – Protótipo de aplicação RA para dispositivo móvel *android Pointing Finger*.
O quadrado virtual no topo do mapa representa o número de sobreviventes na rota de ida (castanho suave), o número de sobreviventes na rota de regresso (preto) e o número de mortos (vermelho) em cada ponto do mapa onde há uma representação gráfica das vítimas.



Fig. 3.9 – Captura de ecrã da aplicação protótipo *Pointing Finger.*

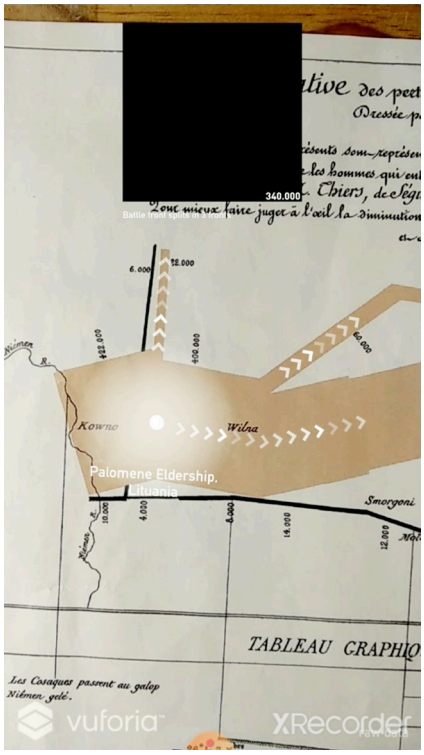


Fig. 3.10 – Animação bidimensional em RA representando a divisão da frente de batalha.

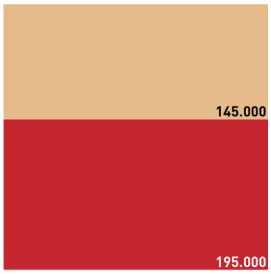


Fig. 3.11 – *Pointing Finger* (detalhe). O gráfico indica o número de sobreviventes e de baixas no dia 16 de agosto de 1812 no oblast de Smolensk, Rússia.

Os gráficos de área podem ser ativados através de botões com o aspeto de pontos brancos luminosos. Nesta fase, recorreu-se ainda à animação de setas indicando a divisão e posterior reunião das frentes de batalha (Fig. 10), uma informação que não era suficientemente compreensível com recurso apenas aos gráficos de área.
Ao suportar o acesso a informação adicional, a camada virtual permite ultrapassar limites inerentes ao meio impresso, neste caso o limite do espaço - o tamanho da folha e a quantidade finita de informação que cabe na sua área, bem como o limite da imagem estática ou o limite do som.

Experiência 3 *Further Reading*

A experiência *Further Reading* (Figs. 3.12 e 3.13) consistiu na colagem de diversos objetos relacionados com a Campanha de França à Rússia ao mapa original, situando esses materiais nas localizações geográficas a que se reportam. Estes materiais incluem pintura, fotografia, poster, vídeo, áudio, música, relatos pessoais retirados de Paton (2001), e excertos de artigos sobre esta temática. Em *Further Reading*, ensaiou-se a criação de uma peça multimédia interativa, abordando a experiência cultural em torno da guerra.

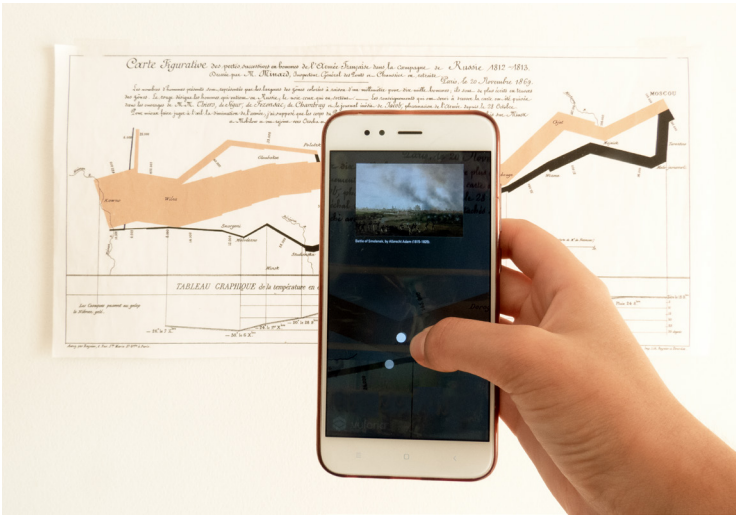


Fig. 3.14 – Protótipo de aplicação RA para dispositivo móvel *android War painting* (2021).

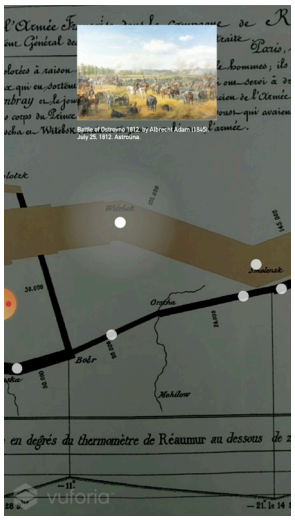


Fig. 3.15 – Captura de ecrã de *War painting* (experiência 5).

Tecnicamente, a terceira experiência apresenta aspetos que podem ser corrigidos ou otimizados. Por exemplo, a leitura dos textos implica afastar o dispositivo móvel do alvo (o mapa de Minard) e quando isso acontece o texto é desativado.

A visualização de cada objeto em ecrã inteiro através da seleção e a opção de ampliar a visualização facilitariam a interação com a aplicação e a experiência de cada material. A disposição das fontes sonoras em locais específicos é possível e pode contribuir para uma fusão mais profunda entre o real e o digital, bem como a projeção de sombras dos objetos virtuais.

War Painting

War Painting (figs. 3.14 e 3.15) é a segunda versão do protótipo *Further Reading* (figs. 3.12 e 3.13), em que, tal como o nome indica, são apresentadas pinturas na localização geográfica a que se reportam no mapa. Cada imagem é assinalada no mapa através de um botão em RA. Ao ativar a imagem, o fundo escurece de forma a evidenciar a pintura sem apagar completamente o mapa que lhe serve de fundo e que a contextualiza no espaço e no tempo (Fig. 3.15).

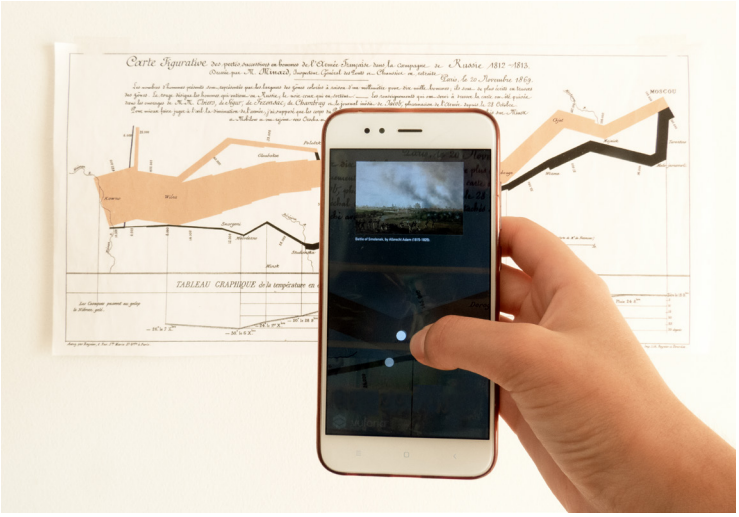


Fig. 3.14 – Protótipo de aplicação RA para dispositivo móvel *android War painting* (2021).

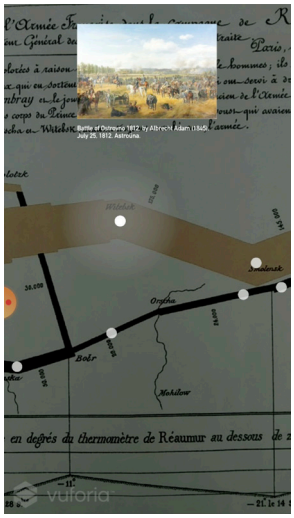


Fig. 3.15 – Captura de ecrã de *War painting* (experiência 5).

Conceptualmente, somos obrigados a questionar se uma peça como esta pode sugerir o "branqueamento" ou uma suavização do horror da guerra. Considera-se, contudo, nesta fase da investigação, ser essencial a ponderação de todos os cenários de apropriação da tecnologia, passíveis de revisão após curadoria.

3.2.3. Relações semânticas entre o Real e o Virtual

No campo da Ilustração, e particularmente do álbum ilustrado, diversos autores abordam as relações imagem-texto ancorados na semiótica (e.g. Martinec & Salway (2005); Van Der Linden (2011); Nodelman (1988)). Ao abordar diferentes tipos de relação entre texto e imagem no livro ilustrado, Van Der Linden (2011, pp. 123-125) enumera as respetivas funções semânticas:
1. repetição – a função de repetição está presente quando ambas as instâncias – texto e imagem – se repetem, introduzindo uma relação de redundância;
2. seleção – na função de seleção, uma das instâncias seleciona apenas uma parte da outra, representando-a (por exemplo, um texto que menciona apenas alguns elementos específicos da imagem);
3. revelação – a função de revelação diz respeito às situações em que uma instância dá sentido à outra, revelando o seu verdadeiro significado;
4. completiva – na função completiva, uma das instâncias completa a outra, preenche as suas lacunas, sendo essencial para a compreensão do conjunto;
5. contraponto – a função de contraponto prevê os casos em que uma expressão faz o contraponto da outra, quebra as expectativas geradas no leitor (por exemplo, os casos em que o texto narra uma coisa e a imagem mostra outra);
6. amplificação – na função de amplificação, uma expressão estende a outra sem a contradizer ou repetir, por exemplo quando a imagem comunica plasticamente detalhes que não foram enunciados no texto.

O resultado semântico da combinação de texto e imagem tem assim o potencial de ir além da mera junção das partes. Esta temática foi trazida para o nosso estudo sobre RA em design de informação com o intuito de procurar traçar paralelismos entre as relações texto/imagem e as relações real/virtual, para perceber, à semelhança da combinação texto/imagem, qual o potencial semântico da combinação real/virtual. Além disso, procura-se estabelecer uma ligação entre o design de informação, particularmente a visualização narrativa, e a ilustração, seguindo a ideia de que a narrativa deve ser trazida para o design de informação a partir de áreas tradicionalmente ligadas ao propósito narrativo.

Quando a componente virtual não é redundante em relação ao ambiente real a que se associa, pode incorporar várias funções. Em qualquer caso, a RA móvel é uma forma de abrir, desvendar, exibir qualquer coisa que está oculto numa dimensão virtual, visível apenas com recurso a um dispositivo adequado. Bolter & Grusin (1999) chegam a referir que a RA é uma remediação do estilo das janelas na interface do ambiente de trabalho. Apesar de ser possível adicionar virtualmente diversos materiais ao objeto físico, como em *Further Reading*, e essa possibilidade poder contribuir para alguma horizontalidade da informação, a forma de desencadear a componente virtual é sempre o real, neste caso a imagem do mapa de Minard.

Com base nas observações das experiências anteriores, reconhecem-se, de uma forma aberta, diferentes funções da RA na sua relação com o objeto físico, e que podem, potencialmente, expandir formas tradicionais de design de informação. Embora não sejam integralmente extrapoláveis, estas funções tomam emprestados alguns conceitos da Ilustração, especificamente das funções do texto e da imagem definidas por Van Der

Linden (2011) como indicado acima. A principal diferença entre a lógica das relações imagem-texto estudada na Ilustração e a lógica das relações entre real-virtual implicadas em experiências de RA é que, enquanto as relações texto-imagem foram formuladas considerando o meio impresso, designadamente o livro, que se baseia na ideia da passagem do tempo através da sequência de páginas, no caso da RA em vez da sequência, o meio promove a profundidade construída com camadas de informação digital que se sobrepõem à realidade. Outra diferença entre a construção de relações texto-imagem na Ilustração e a construção das relações real-virtual que agora propomos é que enquanto o primeiro caso diz respeito à relação de dois modos diferentes (imagem e texto) incorporados no mesmo meio (impresso), o segundo caso diz respeito à relação entre vários modos (imagem, texto, vídeo, som, discurso, etc.) e meios diferentes (neste caso, o meio impresso e o meio digital).

A partir das funções imagem-texto definidas por Linden no campo da Ilustração, tentou-se fazer um paralelismo com as funções real-virtual. Partindo desse exercício, observou-se que a camada virtual pode potencialmente desempenhar as seguintes funções em relação à realidade: 1. materializar / tornar concreto; 2. completar; 3. explicar; 4. duplicar; 5. ampliar e 6. contrapor.

1. A **função de materializar** ou tornar concreto engloba os casos em que o virtual é utilizado para tornar "mais real", para simular a tangibilidade dos objetos, aproximando-se da lógica do simulacro característico da realidade virtual. Ao aparentar existência física, através de uma estética realista, o modelo tridimensional do mapa topográfico utilizado na primeira experiência (Fig. 3.16) ilustra visualmente a ideia de utilizar o virtual para simular a qualidade tangível dos objetos físicos.

2. A **função completiva** visa situações em que a camada virtual intervém sobre o real, fornecendo informação adicional, preenchendo lacunas ou omissões. À semelhança da função completiva na Ilustração, no jogo semântico entre o real e o virtual estas duas instâncias podem ser integradas para ser compreendidas como um todo. O protótipo *Battle-Map* (Fig. 3.17) exemplifica a relação completiva entre o real e o virtual, uma vez que os painéis informativos virtuais disponibilizam informação que explica a perda de vidas humanas evidenciada pelo gráfico original.

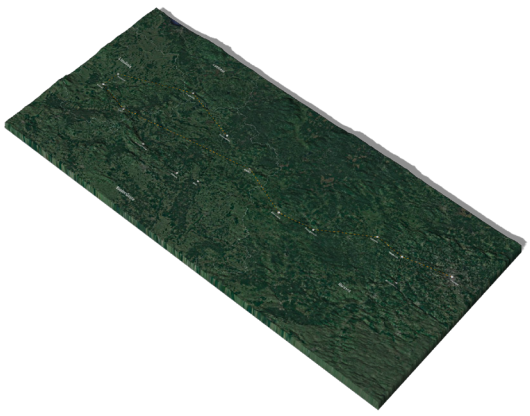


Fig. 3.16 – Imagem do modelo tridimensional utilizado na primeira experiência, intitulada *Tridimensional Terrain*.

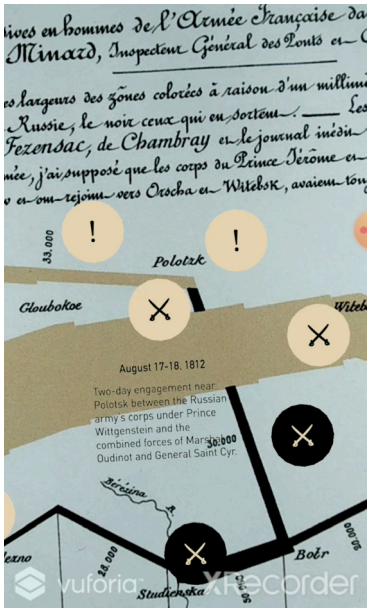


Fig. 3.17 – Captura de ecrã da aplicação protótipo *Battle-Map*. Informação relativa aos dias 17 e 18 de Agosto de 1812.

3. A **função explicativa** encerra os casos em que a camada virtual é utilizada para explicar ou desconstruir a informação veiculada pela componente real, tornando-a mais facilmente compreensível. É o caso, por exemplo, das animações utilizadas em *Pointing Finger* (Fig. 3.12) para explicar a divisão e posterior reunião da frente de batalha. Apesar dessa informação já estar presente no gráfico original, a animação torna-a explícita.

4. A **função de repetição** está presente quando o virtual adiciona outros modos de percepcionar a mesma informação, através por exemplo de sinestesia. A sinestesia visa a criação de uma ligação entre a informação apresentada visualmente com outro sentido, para que a informação seja assimilada através de diferentes canais. A repetição da informação pela componente real e virtual está presente na aplicação *Pointing Finger* (Figs. 3.8 – 3.11), uma vez que a aplicação repete a informação contida no mapa original, traduzindo-a em novos gráficos que permitem olhar isoladamente para cada um dos momentos do mapa em que o número de soldados diminui.

5. A **função de ampliação** está presente nos casos em que a componente virtual ilustra os dados apresentados no artefacto físico, estendendo o seu significado, sem o contradizer ou repetir. Um exemplo desta relação real/virtual é observável em *War Painting*, em que os materiais relacionados com cada momento da Campanha Napoleónica à Rússia ampliam o significado dos dados quantitativos. Uma imagem atual do rio Berezina (Fig. 3.18) associada ao momento da sua travessia no mapa amplia o significado dos dados sobre a perda de vidas humanas.



Fig. 3.18 – Imagem do rio Berezina. Autor: Paju (2008). Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Svetlahorsk_Berezina_river_BY.jpg

6. Por último, na **função de contraponto** a componente virtual é utilizada para veicular uma perspetiva contraditória àquela apresentada pelo artefacto físico, no sentido de apresentar mais do que um entendimento da mesma informação.
O contraponto estaria presente se a informação da componente virtual desmentisse o mapa original ou apresentasse uma visão contraditória, como por exemplo: um documento que comprovasse um número de baixas diferente daquele que consta do mapa; ou uma pintura que retratasse uma paisagem primaveril a servir de fundo à retirada das tropas de Moscovo.

3.2.4. Discussão dos Resultados do Ensaio

A RA pode acrescentar possibilidades semânticas ao design de informação, mesmo quando está em causa a adição de uma camada virtual a um objeto impresso, neste caso o *Figurative Map*.. A dimensão virtual pode desempenhar várias funções relativamente à dimensão física, entre as quais se destaca a materialização intrínseca à RA, que ao simular um objeto virtual no ambiente real, procura imitar a realidade, ou seja aparentar a qualidade tangível dos objetos não virtuais. A enunciação de possíveis funções da RA na sua relação com o real foi deduzida das experiências descritas, mas não pretendeu ser exaustiva. Admite-se que este é um modelo aberto para ser repensado e reformulado em várias iterações de ação reflexão e alimentado através do estudo da narrativa.

Os resultados das experiências realizadas permitiram extrair pistas úteis acerca da aplicação das tecnologias de RA em design de informação. Ao longo das experiências, tornou-se óbvia a necessidade de explorar formas de melhor integrar realidade e virtualidade. A ocultação integral do objeto real pelo virtual demonstrou anular o propósito da RA – o virtual deixa de comentar sobre o real, para em vez disso o substituir. As estratégias para recriar uma fusão mais profunda entre o real e o digital poderão passar, por exemplo, pela atribuição das fontes de áudio a locais específicos, bem como a projeção de sombras dos elementos virtuais tridimensionais. A interação com o dispositivo móvel e, simultaneamente, com o objeto físico revelou-se trabalhosa e pouco natural, distraindo o utilizador do conteúdo. Esta observação foi transversal a todas as experiências em torno do mapa de Minard, mas foi particularmente evidente na experiência com os botões virtuais, experiência 2 – *Battle-Map*, em que a interação com esses botões é feita no mapa de papel. Estas limitações tornaram indispensável testar outras modalidades de RA em que a forma de visualização do conteúdo virtual seja mais transparente ao utilizador, como acontece por exemplo com a utilização de dispositivos *head-mounted*. Os botões e, de modo geral, a atribuição de comportamentos aos objetos virtuais permitem disponibilizar ou esconder informação associada ao objeto físico. Esse jogo de invisibilidade e descoberta pode proporcionar oportunidades para o design de informação explorar. Voltaremos a este ponto na secção 4.1. "Narrativas para o Espaço Híbrido".

3.3. A combinação da fisicalização com a Realidade Aumentada (Ensaio II)[15]

O contexto tecnológico em rápida transformação, nomeadamente pelo desenvolvimento e integração da inteligência artificial colocou a produção e a utilização de dados na vanguarda da inovação (Buchanan, 2019; Morelli et al., 2017; Verganti et al., 2021). O facto de "os dados não terem uma forma naturalmente correspondente" (Dulake & Gwilt, 2017) representa uma potencial oportunidade para a exploração/afirmação do papel do design como "mediador cultural" nestes contextos emergentes – onde a exploração da interface (entre pessoas, funcionalidade, necessidades e desejos), a construção simbólica, a dimensão estética e a experiência são de vital importância (Branco & Providência, 2018).

Na investigação em design, já existem estudos que exploram o papel do design nos dados, através de meios digitais e/ou objetos físicos. Por exemplo, o trabalho de Ishii e Ullmer com garrafas de vidro – *musicBottles* (Ishii & Ullmer, 1997)[16] (Fig. 3.19); a coleção de 250 *data driven objects* (dataphys.org/list/) (Fig. 3.20) de Pierre Dragicevic e Yvonne Jansen; ou o copo impresso em 3D com base em 150 anos de dados sobre a temperatura

15 Esta secção baseia-se na publicação: Costa, N., Marques, B. A., Costa, R., & Branco, V. (2023, October 20). Challenges and opportunities in combining physicalization with augmented reality. An exploratory case. 15th International Conference of the European Academy of Design. http://hdl.handle.net/10773/39197

16 O registo vídeo de *MusicBottles* pode ser visto em: https://vimeo.com/683490087 (consultado em 07/07/2024).

de Sydney de Whitelaw (2010) (Fig. 3.21) são alguns dos exemplos mais comuns que utilizam o design para comunicar dados de forma não verbal através de objetos físicos, a que Jansen et al. (2015) chama *data physicalization* ou 'fisicalizações'.



Fig. 3.19 – *MusicBottles* (Ishii & Ullmer, 1997). Imagem retirada de Ishii (2004). *MusicBottles* consiste numa interface tangível que utiliza garrafas como controlos de informação digital, permitindo uma interação física com a música. O sistema é composto por uma mesa e três garrafas, que contêm os sons do violino, violoncelo e piano de uma composição musical de Edouard Lalo. Quando uma garrafa é colocada na área de palco da mesa e a sua rolha é retirada, o som correspondente torna-se audível, acompanhado por um padrão de luz projetada que reflete as alterações de tom e volume. Esta interface permite aos utilizadores manipular fisicamente as diferentes faixas de som, estruturando a experiência musical de forma interativa e sensorial.



Fig. 3.20 – Histograma tridimensional sobre a correlação genética das alturas dos pais (eixo horizontal) e dos filhos (eixo vertical), construído por Karl Pearson e Alice Lee (c. 1898). Departamento de Ciências Estatísticas da University College London. Exemplo de uma visualização física documentada na coleção de *data driven objects* (dataphys.org/list/) de Pierre Dragicevic e Yvonne Jansen. Fonte da imagem: https://dataphys.org/list/pearson-lee-height-correlation-chart/



Fig. 3.21 – Mitchell Whitelaw. *Measuring Cup* (2010).
Os dados sobre a temperatura anual em Sydney ao longo de 150 anos encontram-se organizados cronologicamente, com cada camada horizontal a corresponder a um ano específico – o ano mais antigo (1859) localiza-se na base e o mais recente (2009) no topo. Cada camada é um gráfico radial, em que os dados mensais são representados em torno de um círculo, seguindo o sentido dos ponteiros do relógio. Assim, o comprimento do raio de cada ponto neste gráfico é determinado pelos valores mensais.
Fonte da imagem: https://mtchl.net/measuring-cup/

No domínio do design de informação, as metáforas visuais, as formas, as cores e a informação numérica foram integradas através de múltiplas práticas (ilustração, design gráfico, design de informação) para fornecer uma camada semântica capaz de facilitar a interpretação dos dados, tornando algumas ideias sobre conjuntos de dados específicos acessíveis a públicos não especializados (Costa et al., 2023).

Estes casos constituem uma importante base para a visualização e interpretação de dados, demonstrando a riqueza trazida pelo design na materialização de dados. Embora exista uma extensa literatura sobre o processo de design no desenvolvimento de "fisicalizações" (artefactos físicos cuja geometria ou propriedades materiais codificam dados (Jansen et al., 2015)) ou materiais infográficos, os desafios de desenhar na intersecção entre o ambiente real e o ambiente virtual ainda não foram registados.

Assim, considerando esses desafios e utilizando conjuntos de dados do projeto DesignOBS (www.designobs.pt), foram concebidos e desenvolvidos dois artefactos: uma fisicalização sobre o ensino do design e um objeto digital sobre empresas de design desenvolvido em RA. Na descrição deste ensaio apresenta-se em pormenor o processo de design que esteve na sua base, os desafios enfrentados no desenho de objetos combinados e apontam-se para futuras direções de investigação nesta área.

3.3.1. Incorporação de dados em objetos físicos

As representações físicas de dados ajudam as pessoas a pensar, explorar e partilhar dados (Jansen et al., 2015). A ideia de transformar dados em artefactos físicos não é nova. As fisicalizações têm sido utilizada ao longo de milhares de anos para recolher e arquivar dados quantitativos (e.g. dataphys.org/list/), tirando partido das capacidades de exploração percetiva; tornando os dados mais acessíveis, com potencial para beneficiar a cognição e a aprendizagem; e envolvendo pessoas e públicos mais vastos (Jansen et al., 2015). As fisicalizações oferecem vantagens do ponto de vista percetivo, cognitivo e comunicativo que nem o papel nem os ecrãs digitais podem oferecer.

Os avanços tecnológicos no fabrico digital, nas *tangible user interfaces*, nas matérias programáveis e nas interfaces de utilizador alteraram radicalmente a forma como os dados podem ser tornados físicos. Os designers têm recorrido a estes novos materiais para criar esculturas de dados (*data sculptures*), utilizando escala, cores e/ou diferentes materiais para transmitir informações – expandindo a perceção e permitindo uma experiência mais integrada dos dados (Gwilt et al., 2013). A coleção *State of the World* (Figs. 3.22 e 3.23) de Mathieu Lehanneur (2021) exemplifica a utilização da impressão 3D e o acesso a bases de dados online na criação de esculturas de dados, no contexto da arte.



Fig. 3.22 – *State of the World*, Mathieu Lehanneur (2021). Cada escultura apresenta dados demográficos relativos a um país: a idade é codificada em anéis, desde o nascimento na parte inferior, aos 100 anos, na parte superior; a largura de cada anel codificada a proporção da população com essa idade. Fonte da imagem: https://www.dezeen.com/2021/10/19/state-world-mathieu-lehanneur-aluminium-sculpture-pyramids/

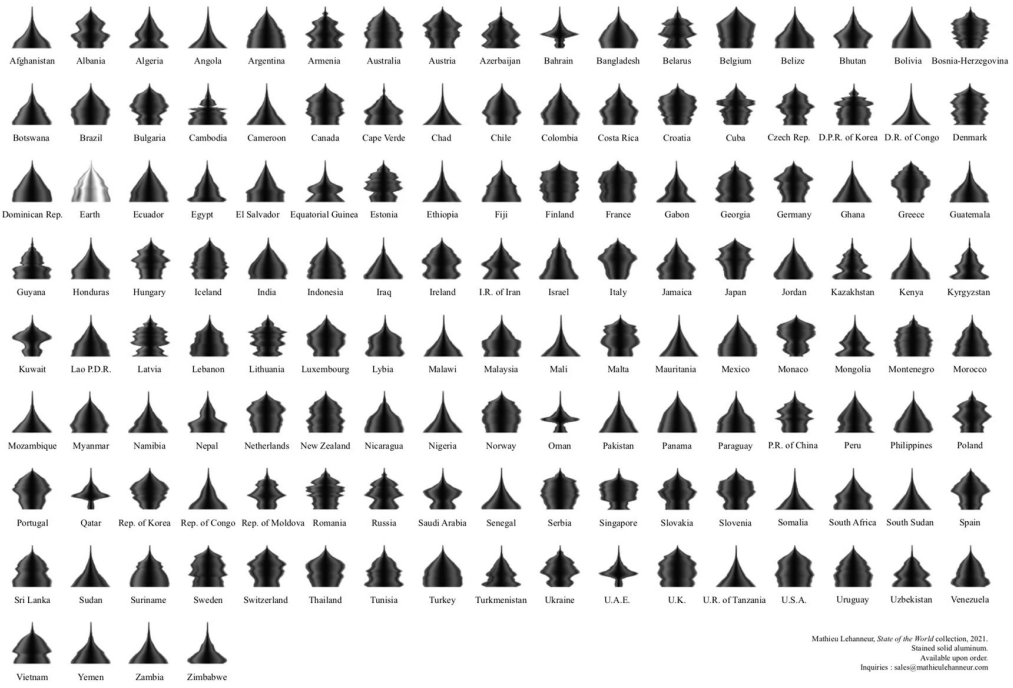


Fig. 3.23 – *State of the World*, Mathieu Lehanneur (2021). Vista de frente do conjunto de 140 países representados na coleção. Fonte da imagem: http://dataphys.org/list/images/uploads/2021/09/mathieu-lehanneur-state-world-miami-designboom-010.jpeg

Outras fisicalizações têm sido utilizadas para enfatizar determinadas mensagens, aumentar o poder persuasivo durante as apresentações – o caso das apresentações de Hans Rosling[17]; ou para atualizar manualmente informações sobre linhas de produção em fábricas, por exemplo, a placa de legos da *General Motors*[18]. Contudo, estas fisicalizações são, na sua maioria, estáticas e podem ser de difícil leitura para os utilizadores, uma vez que os dados estão incorporados no objeto (Jansen et al., 2015). Algumas fisicalizações incluem a "visualização dinâmica" da informação que pode ser feita, por exemplo, através da reconfiguração de peças modulares – o caso da visualização *Just use Lego* de Samuel Granados (2011) (Fig. 3.24), mas isto pode ser restritivo.

17 Vídeo disponível em: tinyurl.com/roslingBox (consultado em: 22-08-2024).

18 Artigo sobre a utilização de legos como ferramenta de visualização pela *General Motors* disponível em: https://www.fastcompany.com/1669468/how-gm-is-saving-cash-using-legos-as-a-data-viz-tool (consultado em: 22-08-2024).



Fig. 3.24 – Fisicalização modular, de Samuel Granados (2011) sobre a imigração nas Américas. Fonte da imagem: http://dataphys.org/list/lego-prism-maps/

Outros estudos já exploraram a forma como a utilização de tecnologias de fabrico digital (e.g. impressão 3D) pode ser mais viável para desenvolver estes objetos em prazos mais curtos, concebendo objetos mais próximos das configurações e gráficos 2D (Swaminathan et al., 2014) (Fig. 3.25).

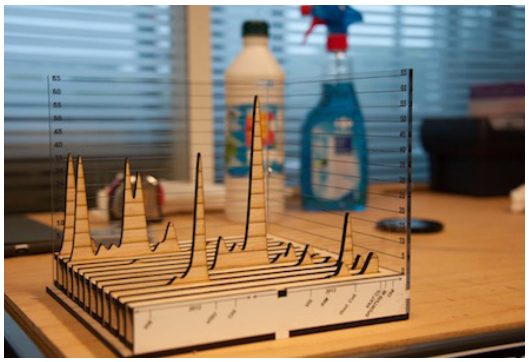


Fig. 3.25 – Gráfico de linhas físico criado com a *MakerVis* (Jansen, 2014), uma ferramenta para a criação de fisicalizações que suporta algumas formas de visualização convencionais, como o gráfico de barras ou o gráfico de linhas. Fonte da imagem: https://aviz.fr/makervis

Embora úteis, estes estudos ainda não tiram pleno partido das mais recentes tecnologias aplicadas à visualização de dados, como a RA, nem exploram ou detalham a forma como a integração da fisicalização e destas novas interfaces digitais deve ser efetuada.

3.3.2. Realidade aumentada para visualização de dados

Para Walter Benjamin, a importância da localização da obra de arte está relacionada com a sua aura, que é uma qualidade única e irreproduzível que resulta do seu contexto original. Associar uma experiência virtual a um local físico recupera a importância da presença física perante o artefacto visitado, que se perdeu com a era da "reprodutibilidade técnica" (Benjamin, 2012). A perda da aura, por sua vez, é uma consequência da reprodutibilidade técnica, que transforma a obra de arte numa mercadoria descontextualizada (cuja cópia pode existir fora do seu contexto original). Neste tipo de combinação entre o mundo físico e o virtual, a experiência integral só acontece na presença do referente físico.

Aplicações populares deste tipo de tecnologia incorporam informação em locais históricos, como é o caso dos projetos *5G Roman Baths AR* (BBC Research & Development, 2019) e *Heritage Within* (Heritage Within, 2020) referidos na secção "2.2. Sobre a Realidade Aumentada". Por outro lado, pouca pesquisa foi realizada sobre a utilização de RA individual aplicada a objetos físicos desenvolvidos para a visualização de dados, uma vez que a literatura existente sobre fisicalizações com RA é bastante recente (Satriadi et al., 2022). Num inquérito recente realizado por Djavaherpour et al. (2021), foram identificados apenas 3 em 141 projetos com estas características.
Embora úteis, essas referências não tratam especificamente da visualização de dados, mas sim de visualização científica[19], ie. uma forma de visualização que lida especificamente com dados científicos, que normalmente têm uma base física associada (Gillet et al., 2004, 2005; Nittala et al., 2015). Um exemplo dessa forma de visualização é o modelo molecular de Gillet et al. (2005) (Fig. 3.26).

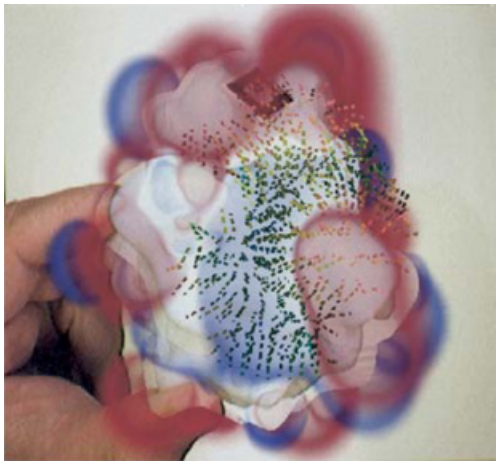


Fig. 3.26 –
Modelo molecular da enzima superóxido dismutase, expandido com recurso a realidade aumentada (Gillet et al., 2005).
Imagem reproduzida com permissão de Arthur J. Olson.

19 Card et al. (1999, p. 7) oferecem a seguinte definição operacional de visualização científica: *"the use of interactive visual representations of scientific data, typically physically based, to amplify cognition."*.

As experiências que ensaiam a combinação da fisicalização com o uso da RA para representar informação são ainda escassas e isso apresenta um conjunto de oportunidades para o design cuja ação passa por imaginar o novo, e criar significado através da mediação cultural da tecnologia (Branco & Providência, 2018). Além disso, a utilização, exploração e apropriação desta tecnologia por designers não está vulgarizada, pelo que os estudos empíricos são claramente necessários.

Os projetos mencionados por Djavaherpour et al. (2021) constituem os primeiros passos da integração de artefactos físicos com digitais, mas até agora têm abordado principalmente a visualização científica, pelo que se torna necessário investigar noutros domínios da visualização, nomeadamente a visualização de dados.

3.3.3. A relação com o projeto Design OBS

No seguimento dos desafios de investigação acima mencionados, este estudo centrou-se na exploração de dois conjuntos de dados sobre vetores-chave do ecossistema do design português, nomeadamente, o ensino do design e as empresas de design, utilizando uma abordagem de investigação através do design.

Costa et al. (2022, 2023) exploraram estes conjuntos de dados utilizando técnicas de visualização de informação convencionais e uma abordagem participativa com estudantes de design e profissionais de design para representar esses dados em cartazes infográficos (Figs. 3.27 – 3.29). Este ensaio acrescentou uma nova dimensão, combinando artefactos físicos e digitais para apoiar a exploração e interpretação desses dados.

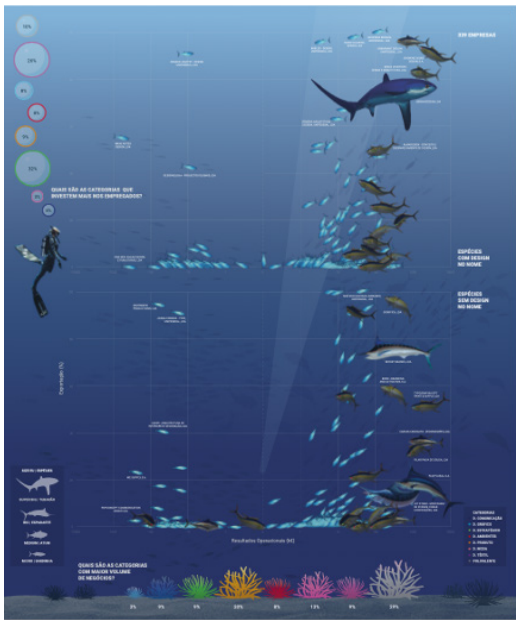


Fig. 3.27 –
Fish Design (2020-2021).
Autores: Catarina Matos, Nuno Vinhas, Sofia Nogueiro. Mestrado em Design, Departamento de Comunicação e Arte (DeCA), Universidade de Aveiro.

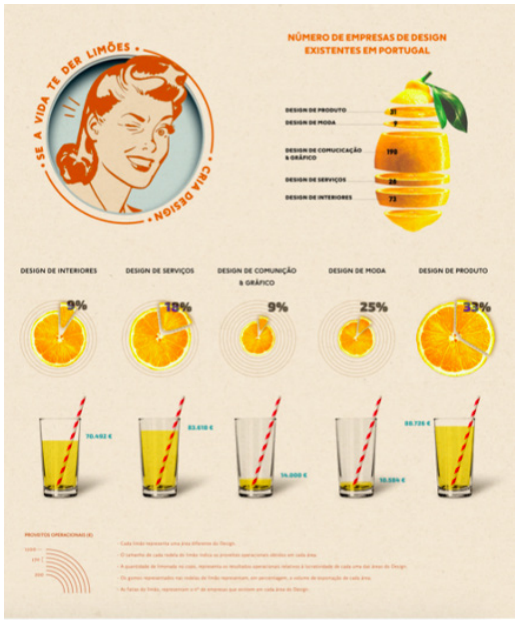


Fig. 3.28 – *Design Lemonade* (2020-2021). Autores: Marisa Guerreiro, Pedro Aleixo, Sara Campos. Mestrado em Design Gráfico e Projetos Editoriais, Faculdade de Belas-Artes da Universidade do Porto.

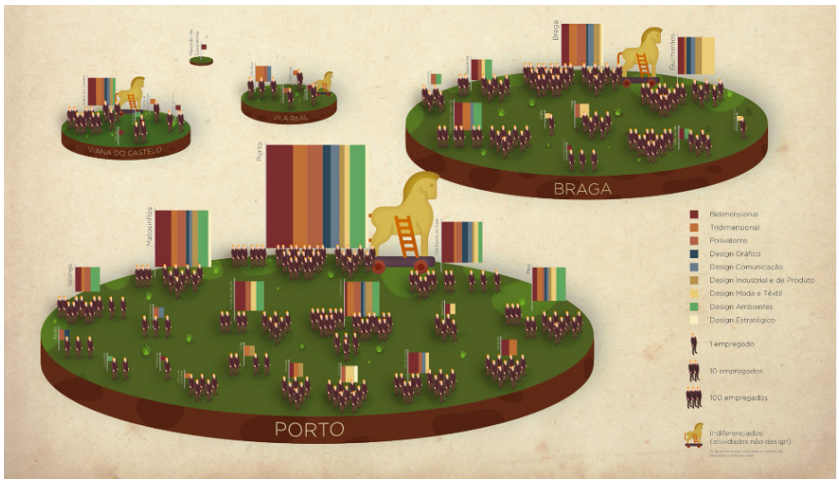


Fig. 3.29 – *To the conquest of Design* (2020-2021). Autores: Joana Rodrigues, Laura Santos, Sofia Palinha. Mestrado em Design, Departamento de Comunicação e Arte (DeCA), Universidade de Aveiro.

Ambos os conjuntos de dados contêm múltiplas variáveis que caracterizam o "ensino do design" e as "empresas de design". Em particular, o "ensino de design" contém informações sobre as escolas de design, os níveis oferecidos (ou seja, bacharelato, mestrado, doutoramento); a área de design (por exemplo, design industrial, design de

comunicação); o número de diplomados nos diferentes graus entre 2002 e 2020 e a localização geográfica.O conjunto de dados "empresas de design" contém informações sobre o número de empresas em Portugal com o código de atividade económica (CAE) 74.10 (atividade de design), sobre o volume de negócios, o número de empregados e os custos com pessoal, bem como a localização geográfica.

3.3.4. Metodologia

O desenvolvimento e a combinação dos artefactos de apoio à interpretação dos dados seguiram as fases iterativas resultantes das orientações metodológicas propostas por Fallman (2008) e Forlizzi et al. (2009):

i) Construção dos novo(s) artefacto(s): Embora as fisicalizações já tenham sido combinadas com aplicações 2D e 3D (Swaminathan et al., 2014), ainda existem poucos estudos empíricos que forneçam orientações para os designers tirarem mais partido da combinação destes diferentes tipos de meios. Esta investigação centrou-se na exploração da forma como a combinação de artefactos físicos e digitais pode apoiar melhor a exploração e interpretação de dados. Com base nos conhecimentos existentes sobre visualização de dados, fisicalização e RA, foi criado o GRAC (nome que combina *graduates* e *companies*): um objecto físico de madeira combinado com uma aplicação de RA. A construção do GRAC seguiu as fases do processo de design, passando iterativamente por (1) exploração e análise de dados; (2) seleção de informações e materiais; (3) conceção e desenvolvimento; (4) teste e reflexão. Estas fases são descritas em pormenor na secção seguinte.

ii) Reflexão sobre o(s) artefacto(s): Para refletir sobre o artefacto numa aplicação em contexto real, o GRAC foi integrado na exposição "Observatório de Design em Portugal – Situação", na Galeria da Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa entre 3 e 10 de Dezembro de 2021, onde foi testado por 21 visitantes. Em média, cada experiência teve a duração de 15 minutos. O *feedback* dos utilizadores foi recolhido através do método *thinking aloud* (Nielsen, 2012), um teste de experiência de utilizador em que se pede aos participantes que interajam com um sistema enquanto verbalizam os seus pensamentos em voz alta, num monólogo contínuo. Para além disso, os testes foram precedidos de uma breve apresentação do estudo em curso e de uma contextualização sobre o projeto DesignOBS; do pedido de assinatura do consentimento informado para a gravação áudio e da ficha de caracterização sociodemográfica (consultar anexos).

Os registos áudio foram transcritos e analisados através do *software Atlas.ti*[20], seguindo as orientações propostas por Charmaz (2014), processo que envolveu a análise de dados qualitativos através da sua codificação temática. Os códigos iniciais emergiram dos dados e foram depois partilhados e discutidos pela equipa de investigação durante

20 O *Atlas.ti* (https://atlasti.com/) é um *software* de análise de dados qualitativos que permite a colaboração entre vários utilizadores.

sessões conjuntas e online, através da plataforma web colaborativa *Atlas.ti*, criada para permitir iterações mais eficientes dos códigos emergentes e das descrições temáticas.

A investigação envolveu a recolha de dois tipos de dados: gravação áudio e observação participante com notas de campo. As observações centraram-se na análise da forma como as pessoas se envolviam na exploração de dados com o(s) artefacto(s). Para além das métricas de tempo e erro que poderiam ajudar a melhorar os aspetos técnicos e o design do GRAC (por exemplo, mudar as cores ou aumentar o tamanho dos botões), foram recolhidas outras informações, para compreender em que medida estes artefactos promoviam outros tipos de experiências interativas e estéticas.

3.3.5. O surgimento de GRAC

O desenvolvimento do objeto físico seguiu quatro etapas principais no processo de design, passando iterativamente por (1) exploração e análise de dados; (2) seleção de informações e materiais; (3) design e desenvolvimento; (4) teste e reflexão (Fig. 3.30). Estas etapas já foram retratadas noutro exercício com alunos de design, para apoiar a conceção de cartazes infográficos (Costa et al., 2022), não tendo sido aplicadas na conceção e no desenvolvimento de uma fisicalização com uma aplicação em RA.

Em primeiro lugar, a exploração e análise de dados, incluiu a aplicação de vários programas/ferramentas, por exemplo, *excel*, *tableau* e/ou *rawgraph* (ferramentas de visualização online) e tratamento de dados (Costa et al., 2022) para compreender e discutir sobre os dados disponíveis. Foi realizada uma primeira análise de cada conjunto de dados para compreender que informação selecionar/integrar dos dois conjuntos de dados, quer sobre os licenciados em design, quer sobre as empresas (por exemplo, como estão distribuídos geograficamente os licenciados em design e as empresas de design ao longo do tempo).

Em segundo lugar, como os artefactos são a combinação de dois conjuntos de dados com diferentes tipos de informação, foram selecionadas variáveis comuns para permitir a sobreposição e a comparação: a localização geográfica (distrito); e o tempo (ano). Assim, os artefactos combinados forneceriam uma representação da evolução do número de licenciados e de empresas ao longo do tempo e por localização geográfica[21]. Decidiu-se manter uma visão mais detalhada dos dados, incluindo 20 distritos no artefacto, para uma observação mais fina e mais rica comparativamente a uma possível representação dos dados por NUTS II.

---

21 As bases de dados relativas à informação sobre diplomados e empresas, bem como algumas representações, encontram-se disponíveis em: https://public.tableau.com/views/Graduates-CompaniesApp/Planilha1?:language=pt-BR&publish=yes&:sid=&:display_count=n&:origin=viz_share_link

Em terceiro lugar, os esboços preliminares sobre a forma para representar a evolução dos licenciados em design ao longo do tempo foram realizados iterativamente através de técnicas de desenho à mão (Fig. 3.30a) e de modelação 3D. Foram testadas várias configurações: desde cones a pinos, colunas e linhas – tendo também em conta a sobreposição de duas camadas de informação (número de licenciados vs. empresas de design), que seriam realizadas com diferentes suportes (físico vs. digital).

Os primeiros protótipos físicos foram desenvolvidos, primeiro, em papel e, depois, em esferovite (Fig. 3.30b), para experimentar diferentes tamanhos e analisar proporções, tendo em conta quer o custo mais baixo para os testes e o desenvolvimento,quer a facilidade de deteção do objeto pela aplicação de RA (próxima secção).

Paralelamente a estas decisões de design, tiveram de ser consideradas outras variáveis contextuais, nomeadamente o espaço em que o artefacto seria exposto.
A exposição "Observatório de Design em Portugal – Situação" foi pensada para, pelo menos, dois locais diferentes, com condições de luz e arquitetura diferentes (Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa; e Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto) que afetariam a perceção dos artefactos físicos e digitais (por exemplo, sombras do objeto físico; ou o correto funcionamento da aplicação digital). Além disso, o artefacto GRAC estava integrado na exposição com outros materiais infográficos, pelo que o seu enquadramento e a sua localização teriam de ser considerados.

Esta circunstância trouxe desafios e restrições adicionais ao objeto físico em termos de tamanho. Se fosse demasiado pequeno, o objeto físico poderia "perder-se" na exposição e resultar numa difícil integração com o conteúdo de RA; se fosse demasiado grande, poderia ser impossível apresentá-lo em ambos os locais. Paralelamente à dimensão e às proporções, a escolha do material também foi assunto de discussão.
Determinou-se que o tamanho do objeto fosse de 580 x 788 x 190 mm (largura x comprimento x altura) para facilitar o transporte, a instalação e ainda permitir uma interação eficaz com a aplicação de RA. O material foi alterado, de esferovite para madeira de pinho (um material leve, agradável à vista e ao toque); e a forma foi também iterada várias vezes, para explorar diferentes potencialidades de visualização (por exemplo, de linhas curvas a blocos amovíveis, para permitir a reconfiguração da forma física) numa base de material contraplacado reciclado. Os anos, bem como a primeira peça de madeira de cada linha (ano 2015), com a identificação do distrito, foram gravados a laser (Fig. 3.30h).

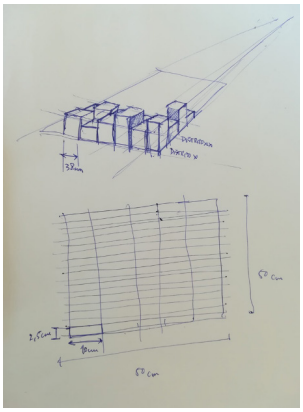
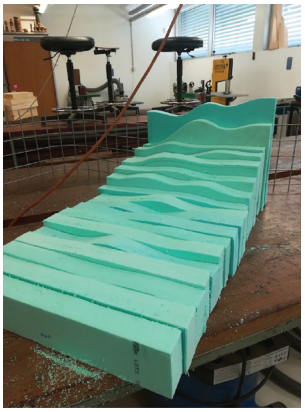
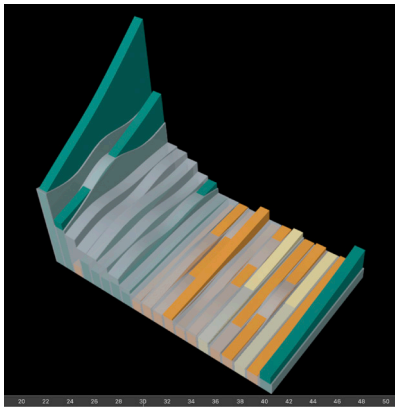
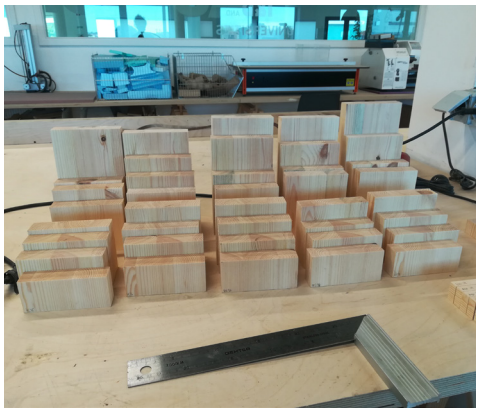




Fig. 3.30 – Desenvolvimento da componente física do protótipo GRAC; **Fig. 3.30a** – Esboços iniciais; **Fig. 3.30b** – Protótipo preliminar feito em esferovite; **Fig. 3.30c** – Simulação intercetando as duas bases de dados (número de diplomados versus número de empresas por ano e por distrito).





Figs. 3.30d – 3.30f – Organização dos blocos removíveis.




Fig. 3.30g – Montagem do objeto físico final; **Fig. 3.30h** – Gravação da informação numa peça de madeira.

O objeto físico apresentado na exposição representava o número de diplomados em design em Portugal (incluindo licenciatura, mestrado e doutoramento) por ano (2015 a 2019) e por distrito (20 no total, sabendo que nos Açores não existem cursos de design). Os anos são representados na largura da peça, os distritos são representados no comprimento (Fig. 3.31) e o número de diplomados na altura. Assim, cada pedaço de madeira representa o número total de diplomados em design num determinado ano e distrito. A disposição dos distritos segue uma ordem decrescente do número de diplomados relativamente ao ano mais recente (2019) (Fig. 3.30e), podendo, no entanto, ser movidos de acordo com outros critérios que possam surgir (por exemplo, de Norte para Sul, ou por ordem alfabética, etc.).



Fig. 3.31 – Organização das peças de madeira por ano e distrito.

3.3.6. Combinando a fisicalização com realidade aumentada

O desenvolvimento da aplicação de RA foi iniciado assim que o primeiro protótipo físico foi construído e teve como objetivo representar a evolução do número de empresas de design ao longo do tempo. Como já foi referido, o desenvolvimento da aplicação para dispositivos móveis *android* foi feito com base no motor de jogos *Unity* combinado com o *Vuforia*, o qual foi utilizado para criar um *model target*[22].

Pretendia-se que o objeto físico pudesse ser percebido independentemente da componente virtual (embora o contrário não seja possível ou desejável neste caso) e que a camada virtual acrescentasse mais informação à componente física. Assim, os visitantes da exposição podiam compreender a informação codificada na peça física independentemente da dimensão virtual. Esta relação, em que o virtual está subordinado ao real, orientou o desenvolvimento da aplicação, ou seja, o protótipo virtual acompanhou as sucessivas fases de desenvolvimento do objeto físico e não o contrário. De facto, as únicas imposições do objeto virtual em relação ao desenho da peça física tiveram a ver com a sua escala e com a sua exposição à luz: o objeto não podia ser demasiado pequeno para não comprometer o rastreio e o registo, e era também necessário evitar a exposição à luz natural, que, estando em constante mudança, poderia comprometer a experiência de RA.

O principal desafio no desenvolvimento da aplicação consistiu em encontrar uma forma suficientemente adequada de sobrepor a informação virtual sobre as empresas à peça física sobre os diplomados, complementando-a sem a substituir.
Com este propósito, foram testadas diferentes hipóteses de conteúdo virtual, que acompanharam a configuração das várias iterações do objeto físico (Fig. 3.32). Testámos, por exemplo, a representação do número de empresas utilizando pinos colocados no local correspondente da peça física (sendo o número de pinos equivalente ao número de empresas por ano) (Fig. 3.32a), antecipando assim a possibilidade de, através de RA, poder estabelecer diálogos com outras bases de dados. Testámos a utilização de círculos com diferentes raios colocados no local correspondente da peça física, sendo a área do círculo correspondente ao número de empresas (Fig. 3.32b).

---

22 Um *model target* (https://developer.vuforia.com/library/objects/model-targets) é um recurso do *Vuforia*, utilizado para o reconhecimento e rastreamento de objetos tridimensionais.
Esta tecnologia permite que as aplicações reconheçam e rastreiem determinados objetos do mundo real com base na sua configuração física e ativem o conteúdo virtual.

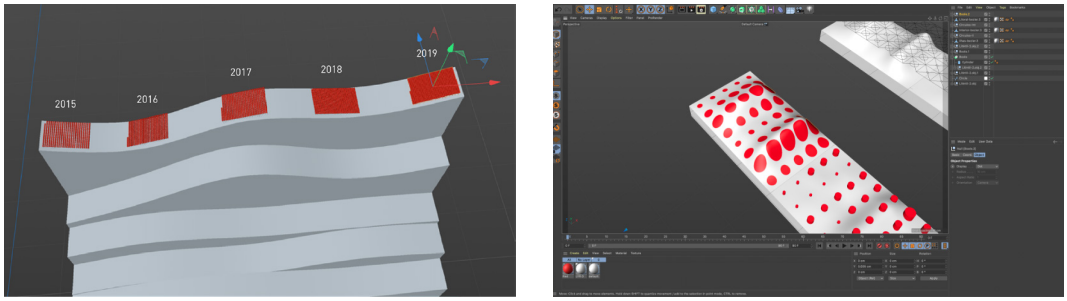


Fig. 3.32 – Exploração de formas de sobrepor as informações relativas às empresas ao objeto físico. Capturas de ecrã do *Cinema 4D*. **Fig. 3.32a** – Número de empresas representado através do número de pines vermelhos. O objeto físico (em branco), representando o número de diplomados, é formado por uma sucessão de gráficos de linha tridimensionais – cada um correspondente a um distrito. **Fig. 3.32b** – Número de empresas representado através da área dos círculos. O objeto físico (em branco), é comparável a um terreno em que o declive codifica o número de diplomados nesse distrito e ano.

Na última versão, a informação sobre as empresas foi representada segundo a mesma lógica do objeto físico, já que a altura de cada figura poligonal é proporcional ao número de empresas de design instaladas num distrito num ano determinado (Fig. 3.33). Este modelo virtual foi sobreposto ao modelo físico representando os diplomados (Fig. 3.34).

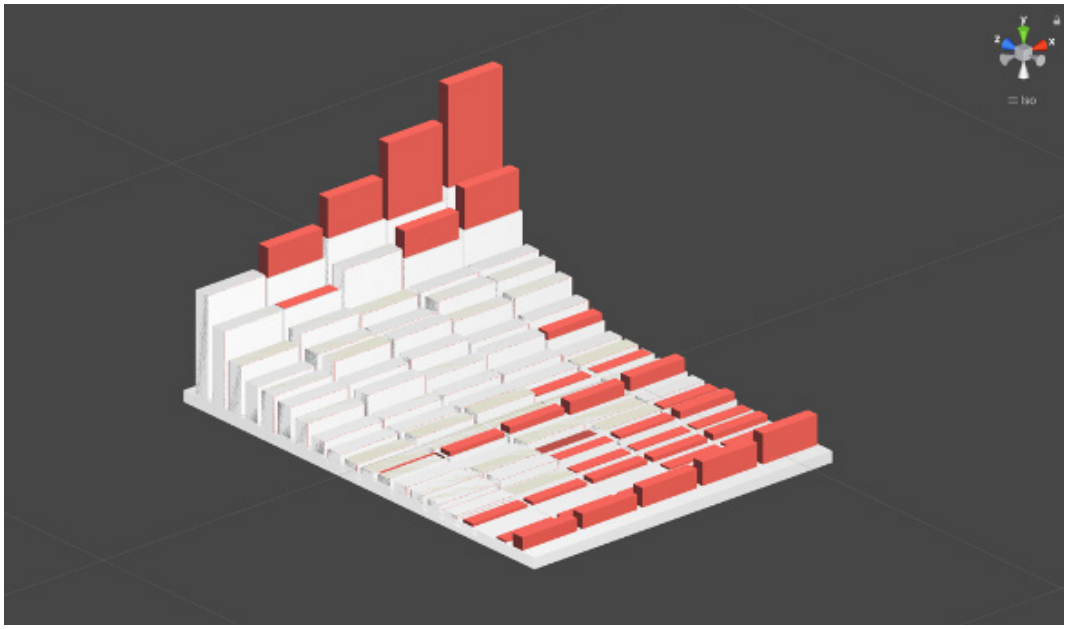


Fig. 3.33 – Versão final de GRAC, com as empresas (polígonos vermelhos) representadas segundo a mesma lógica do objeto físico (objeto branco). Captura de ecrã do editor do *Unity*.

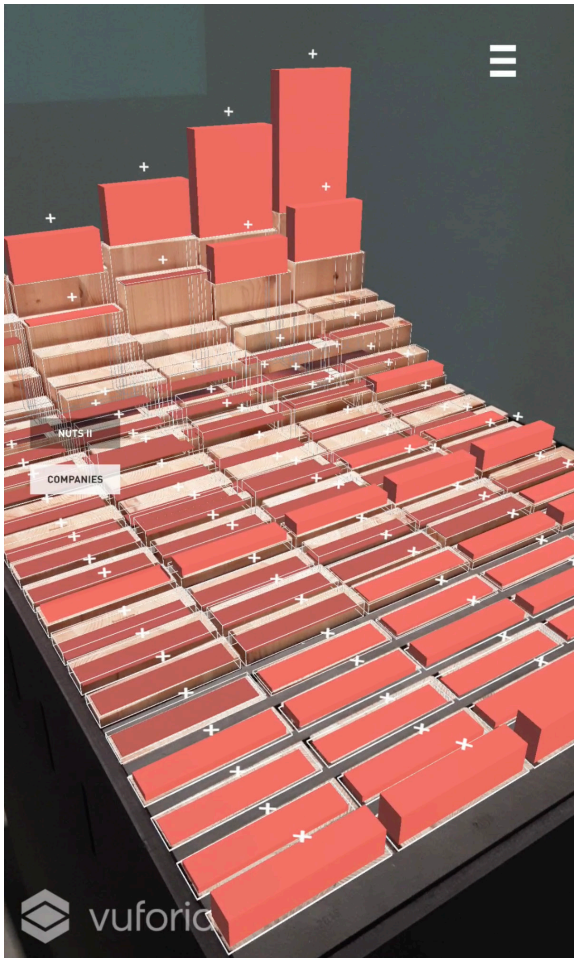


Fig. 3.34 – Captura de ecrã da aplicação GRAC mostrando a intersecção do número de diplomados (objeto físico) e número de empresas (em vermelho).

O objetivo desta solução era obter uma linguagem visual coerente para a mesma tipologia de informação (número de diplomados e número de empresas). No caso específico das empresas, julgámos interessante tentar perceber se existia alguma proporcionalidade entre o número de diplomados num distrito e o número das suas empresas de design. Estabelecer estas novas relações e diálogos é especialmente interessante através desta abordagem com RA.

Paralelamente a este exercício, exploraram-se formas de complementar a informação da peça física, dando um novo aspeto às peças de madeira, utilizando filtros, mas também através da opção designada por *details-on-demand*. Os filtros permitem atribuir a cada peça a cor da sua região NUTS II (i.e. Norte, Centro, Lisboa, Alentejo, Algarve, Ilhas da Madeira e Açores), enquanto a opção *details-on-demand* fornece o valor numérico exato codificado em cada peça. As sucessivas alterações ao objeto físico não só implicaram modificações na configuração dos objetos virtuais ao nível visual, como também alteraram a dimensão simbólica e as possibilidades de produção de sentido na dimensão virtual.

Um exemplo claro destas implicações é evidente na funcionalidade *slice-by-year*. Inicialmente, a peça física foi concebida como uma peça única. Em resposta a esta configuração, a dimensão virtual permitia simular cortes na peça física por cada ano, através de animações (Fig. 3.35). O corte da peça por anos resultou num gráfico bidimensional que permitia visualizar o número de diplomados e de empresas em cada distrito e por ano. Com *slice-by-year*, a componente virtual adicionava à peça física uma nova forma de olhar para os dados em análise – uma forma tradicional, bidimensional. Esta funcionalidade manteve-se, mas como a peça física deixou de ser uma peça única, o *slice-by-year* perdeu o seu valor original.

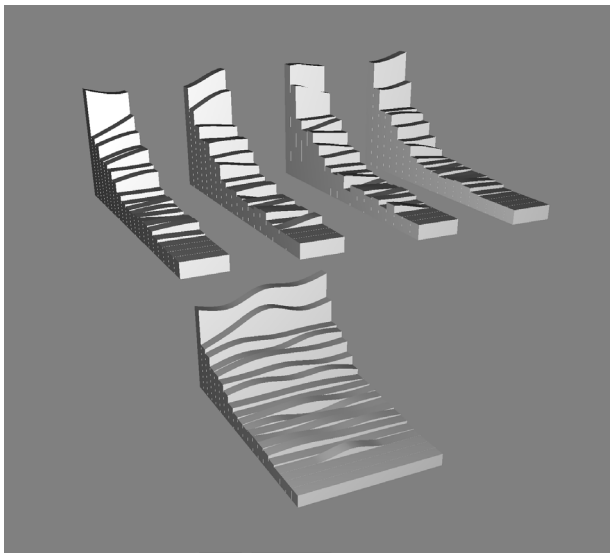


Fig. 3.35 –
Animação dos cortes numa versão inicial da peça física.

Na versão apresentada na exposição, a aplicação (Figs. 3.36 - 3.40) permite a combinação de três filtros de RA a partir do reconhecimento do objeto físico: (1) o filtro "NUTS II" (Figs. 3.36) atribui aos objetos (físicos e virtuais) a cor da sua região geográfica correspondente; (2) o filtro "Empresas" sobrepõe o modelo das empresas ao objeto físico (Figs. 3.37 e 3.40b) e (3) o filtro *slice-by-year* secciona os objetos ativados por ano, utilizando animação 3D (fig. 3.38).

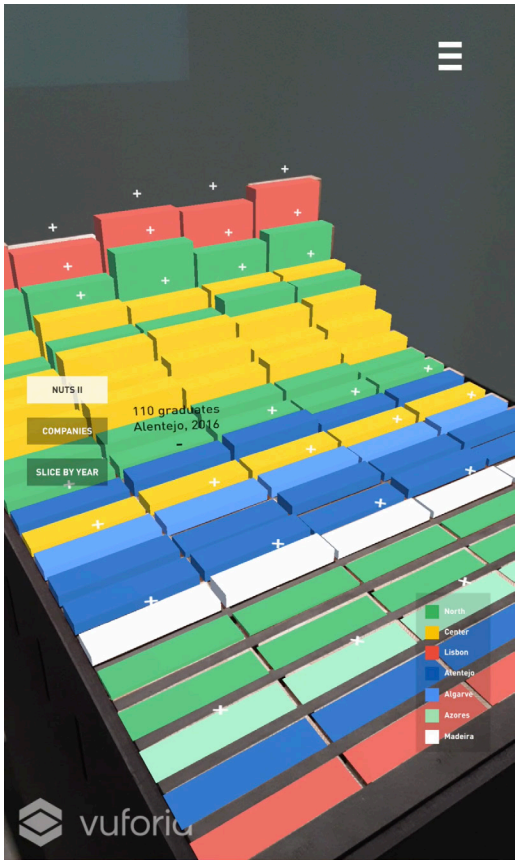


Fig. 3.36 – Captura de ecrã da aplicação GRAC mostrando o filtro por cor – "NUTS II". Informação sobre o número de diplomados no Alentejo no ano 2016 tornada visível.

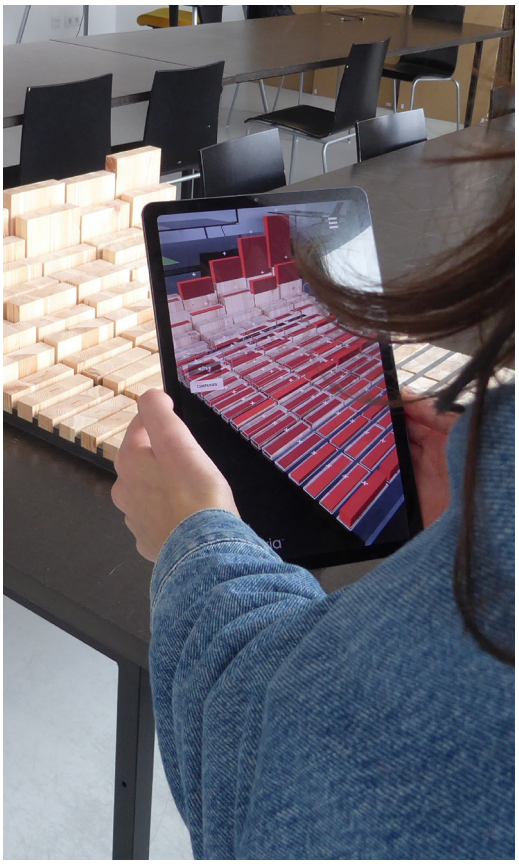


Fig. 3.37 – Aplicação GRAC. Filtro "Empresas" – intersecção do número de diplomados (objeto físico) e número de empresas (em vermelho) por ano e por distrito.

Para além dos filtros, foi também utilizada a técnica de interação *details-on-demand*: um botão '+' aparece em cima de cada peça física para disponibilizar o valor exato dessa peça (Fig. 3.39).

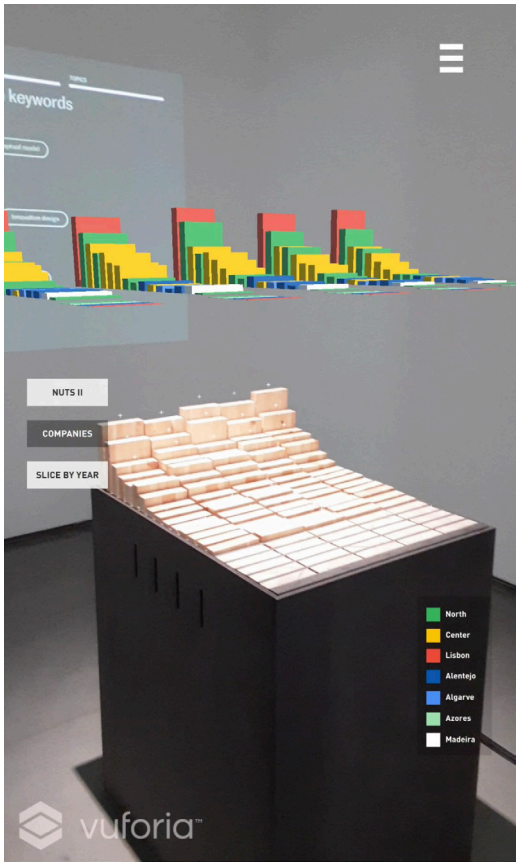


Fig. 3.38 – Captura de ecrã da aplicação GRAC mostrando a funcionalidade *slice-by-year* na sala da exposição (FBAUL).

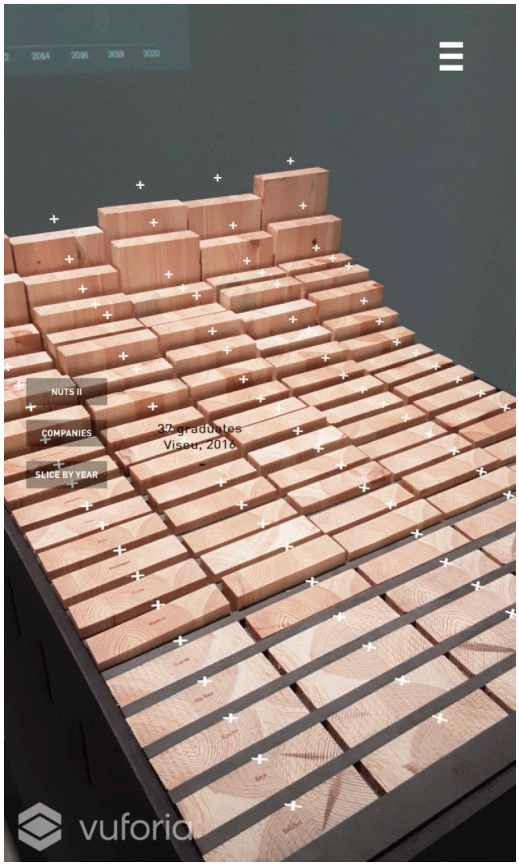


Fig. 3.39 – Captura de ecrã da aplicação GRAC mostrando a funcionalidade *details-on-demand*. Informação sobre o número de diplomados em Viseu no ano 2016 tornada visível.



Fig. 3.40 – Protótipo final do GRAC;
Fig. 3.40a – Fisicalização feita em madeira de pinho com informação gravada a laser.



Fig. 3.40b – Aplicação de RA desenvolvida com *Unity* e *Vuforia*.

3.3.7. Testes com utilizadores e reflexões sobre o GRAC

A fisicalização como dispositivo para o envolvimento: O objeto físico revelou-se bastante útil para captar a atenção dos visitantes e gerar envolvimento: "Acho-o [objeto físico] mais apelativo do que se fosse apenas uma folha de papel. Acho que é muito mais curioso e interessante assim. Se eu estivesse a passar por ali parava para ver, muito mais do que se fosse uma folha de papel" (P21[23]); "E por isso gostei muito dessa ideia de construir o gráfico assim [referindo-se à fisicalidade]" (P7). De facto, o objeto físico transmite uma experiência estética forte, mencionada por vários participantes, com o material a convidar ao toque e a tridimensionalidade a convidar os participantes a movimentarem-se à volta da peça, visualizando a informação de várias perspetivas. "A madeira é bonita, sim, é bonita. É bom tocar, se lhe pudermos tocar. É bom. O acesso à informação é rápido, a leitura da informação funciona bem." (P9). A compreensão da tridimensionalidade foi mais fácil através do objeto físico do que virtualmente, com vários utilizadores a referirem uma compreensão imediata da informação na peça física. Esta facilidade de leitura foi também evidente no discurso descritivo rico sobre os dados representados.

Integração e complementaridade do físico e do virtual: Apesar de se procurar uma integração total entre o físico e o virtual, a representação dos dados da aplicação parecia substituir o modelo físico por um modelo virtual, contrariando de certa forma a ideia de complementaridade que constituía um conceito fundamental. Esta substituição não intencional pode ter contribuído para uma questão frequentemente observada e confirmada através do discurso dos participantes, que é a dificuldade em estabelecer uma integração eficiente entre a peça física de madeira e a respetiva peça virtual. Frequentemente, os participantes olhavam através do ecrã enquanto apontavam para um determinado pedaço de madeira com o dedo para confirmar o ano e o distrito para onde estavam a olhar. "Às vezes é um bocado difícil perceber a que '+' corresponde a peça." (P3).

A linguagem visual na intersecção entre o físico e o virtual: Apesar de ter sido utilizada a mesma linguagem visual do objeto físico (diplomados) no modelo virtual (empresas), recorrendo a uma *wireframe* branca para delinear as arestas do objeto físico na aplicação, os utilizadores referem dificuldade em posicionar o gráfico das empresas dentro do objeto físico, interpretando-o como um todo. "Esta [peça vermelha virtual] está em cima do objeto ou engloba o objeto e vai ainda mais para cima?" (P1); "Talvez eu não esteja a ver bem. Mas aquelas linhas brancas significam alguma coisa?" (P6). A partir da observação e do *feedback*, compreendemos que a dimensão virtual deve evitar substituir a dimensão física. A experiência híbrida tornar-se-á tanto mais rica quanto mais utilizar um vocabulário específico da camada virtual.

Além do objeto existente: Alguns participantes fizeram sugestões de design no sentido de uma maior interação entre o ambiente real e os objetos virtuais. Um dos participantes sugeriu a existência de uma sombra projetada por si na peça virtual, ao apontar e tocar nas peças de madeira: "Às vezes é um pouco difícil perceber a que é que a peça corresponde. (...) Talvez a sombra possa resolver isso. Não sei." (P3).

---

23 P - participante

O utilizador sugeriu que a realidade, neste caso o seu próprio corpo, poderia afetar a experiência virtual ao lançar uma sombra sobre o objeto virtual. Este tipo de sugestão indica a existência de alguma fricção ou resistência sentida na interação com o GRAC e a procura de uma maior imediacidade por parte do utilizador, ou seja, o desejo de transparência, como se o próprio meio pudesse ser apagado e o utilizador ficasse diretamente em contacto com o mundo representado.

A importância do contexto: A exposição que serviu de fundo ao GRAC revelou-se crucial para contextualizar e introduzir o tema do ecossistema do Design em Portugal, permitindo a exploração de diferentes tipos de questões e padrões. Um dos participantes sugeriu a possibilidade de acrescentar camadas de dados para além dos apresentados, referindo que foi um cartaz da exposição que lhe deu essa ideia: "Foi aquele cartaz [apontando para o cartaz cartaz "A última vez que represento géneros por cor" (Silva Designers, 2021) (Fig. 3.41) sobre a percentagem de representatividade por género do corpo docente em design]. (...) Não é só informação quantitativa, quer dizer, não se percebe bem o número, mas percebe-se a dimensão das coisas. Percebe-se o peso do género no design. É fantástico!" (P9). Alguns pré-testes foram realizados sem a exposição e os resultados não são tão ricos como os que foram obtidos com os testes realizados na exposição. Nesses pré-testes os participantes apresentaram um discurso mais superficial. Este tipo de artefacto híbrido recupera a importância do "aqui e agora" (Benjamin, 2012) do objeto num contexto expositivo (neste caso, não como obra de arte, mas como artefacto de design), uma vez que o contexto físico onde a experiência se desenrola pode influenciar as interpretações da peça.

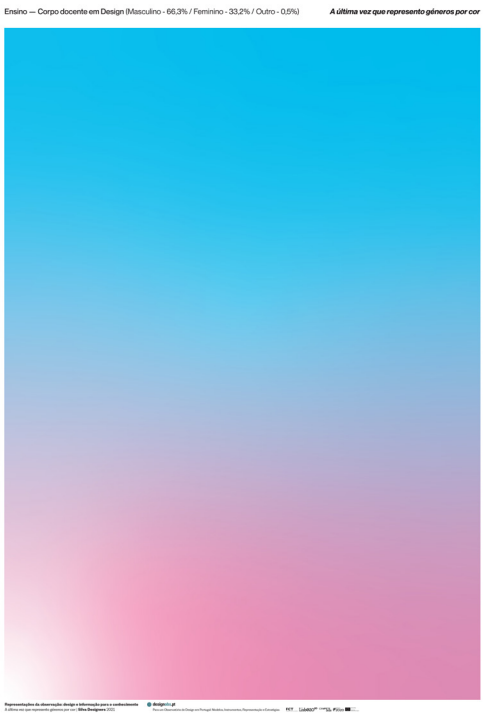


Fig. 3.41 – "A última vez que represento géneros por cor", Silva Designers, 2021. Cartaz desenvolvido a convite do Design OBS para a exposição "Observatório do Design em Portugal – Situação" (Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, 2021; Faculdade de Belas-Artes da Universidade do Porto, 2022).

3.3.8. Discussão de resultados do ensaio

A investigação em Design já abordou a materialização de dados através de artefactos (e.g. fisicalização) e a utilização de diferentes meios, incluindo a RA, nomeadamente na visualização científica (como se referiu na secção "Realidade aumentada para visualização de dados"). Contudo, há escassos casos empíricos que explorem a visualização de dados quantitativos aliando a fisicalização à RA, e que respondam aos desafios de design integrando diferentes meios numa única experiência e, especialmente, combinando bases de dados diferentes. Este ensaio abordou esta lacuna de investigação através do design e desenvolvimento do artefacto GRAC, detalhando o processo de design que combinou a fisicalização e a aplicação de RA e refletindo sobre as implicações para o design com base no feedback de 21 participantes provenientes de diferentes contextos.

Este estudo revela também limitações que, por sua vez, apontam para investigação futura: em primeiro lugar, este estudo extrai implicações de design apenas de um único caso de integração entre o físico e o virtual. Investigação adicional poderia focar-se na agregação de múltiplos artefactos que façam esta combinação, refletindo sobre as limitações/vantagens e implicações deste tipo de abordagem para designers. Em segundo, os dados estão sempre em constante transformação e o artefacto deveria acompanhar essa mutabilidade. Embora os objetos virtuais possam ser facilmente transformados e adaptados, os objetos físicos ainda não possuem esse tipo de capacidade – mas são, ainda assim, uma parte essencial da experiência estética. Nesse sentido, imaginar novas formas de integração e transformação física/virtual ao longo do tempo poderá ser um tópico de muita relevância para a pesquisa em design. Finalmente, considerando o design como uma atividade de mediação cultural, a transformação de dados através da combinação de artefactos físicos/digitais tem o potencial de gerar investigação criativa sobre o futuro, indo além da utilização de dados para suportar a própria criação de sentido.

3.4. A visualização de dados no espaço híbrido (Ensaio III)[24]

Nos últimos anos, as tecnologias de RA têm registado um grande progresso, tanto em termos de acessibilidade como de recursos de *hardware*, incentivando a sua aplicação em vários domínios (Cavallo et al., 2019), nomeadamente na visualização de dados. A sua aplicação está a expandir-se para domínios mais exploratórios, em que o objetivo não é fornecer informações *in-situ*, mas apoiar o raciocínio analítico – nomeadamente a área da *Immersive Analytics*[25] (Chandler et al., 2015). Ao adicionar a camada da RA à visualização de dados, a diferença mais evidente face a formas de visualização tradicionais prende-se com a perceção imersiva do espaço pelo utilizador. Apesar da importância que a perceção do espaço aqui assume, designadamente o espaço híbrido que resulta da combinação do espaço real com o espaço virtual, são escassas as referências ao design para o espaço híbrido no contexto da visualização de dados. Salvo algumas exceções (e.g. Marriott et al. (2018) e Hackathorn & Margolis (2017)) poucos são os estudos empíricos que permitam, por um lado, sustentar e difundir e promover a apropriação desta tecnologia pelos designers que trabalham na área da informação; e, por outro lado, verificar a eficácia do uso da RA no âmbito da *immersive analytics* para apoiar públicos diversos (não especialistas) na exploração de dados. Isto justifica o trabalho de investigação que se tem vindo a desenvolver para compreender os pontos fortes e as limitações das tecnologias de RA na perspetiva do design de informação, nomeadamente na visualização de dados.

Este ensaio/estudo abordou a visualização de dados com RA nos casos em que não existe uma relação semântica entre os dados a visualizar e o espaço real onde essa visualização terá lugar, um espaço que servirá apenas como cenário para a ação. Este ponto apresenta o processo de conceção, desenvolvimento e avaliação de uma aplicação de RA – *Floating Companies* (FLOC) – e no seu teste em contexto real, realizado em Portugal no âmbito de uma exposição do Projeto DesignOBS (FBAUL, 2021). Esta circunstância permitiu observar e qualificar a perceção do espaço híbrido no processo de visualização de dados a partir do protótipo desenvolvido. Os dados recolhidos durante os testes realizados serviram para refletir sobre os resultados alcançados e sobre os desafios inerentes à utilização da RA na construção de visualizações de dados. Este ensaio foi, assim, mais um contributo para a identificação de estratégias que permitam uma maior apropriação da tecnologia da RA por parte do(s) designer(s), tentando ultrapassar lacunas existentes, e identificar orientações de ação para o design.

---

24 Esta secção é uma adaptação de um artigo originalmente publicado em inglês: Marques, A. B., Branco, V., Costa, R., & Costa, N. (2022). Data Visualization in Hybrid Space—Constraints and Opportunities for Design. In N. Martins & D. Brandão (Eds.), *Advances in Design and Digital Communication III. DIGICOM 2022. Springer Series in Design and Innovation* (pp. 3–15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20364-0_1

25 O conceito *immersive analytics* foi apresentado no capítulo 2.

3.4.1. Imersividade e espaço híbrido

Como foi apresentado anteriormente (Capítulo 2), a *Situated Analytics* e a *Immersive Analytics* são técnicas complementares que surgiram em alturas semelhantes. Enquanto a *Situated Analytics* utiliza a RA para apoiar uma nova forma de análise visual interativa *in-situ*, ie. em que o espaço real desempenha um papel fundamental como referente, a *Immersive Analytics* abrange um espectro mais vasto de técnicas e tecnologias, não implicando a visualização da informação no local do seu referente físico (Thomas et al., 2018). O termo *Immersive Analytics* (IMA) foi proposto pela primeira vez em 2015 por Chandler et al. (2015) para designar um domínio multidisciplinar que integra o raciocínio analítico e os espaços virtuais imersivos.

A imersividade constitui um tema central na IMA e apesar dessa característica ter origem na perspetiva sobre o espaço, encontram-se escassas referências ao espaço híbrido nesta área. Bach et al. (2017) referem que apesar de existir alguma investigação em torno da 'embedded data visualization', não existe uma descrição sistemática do design desse espaço e das implicações resultantes. Marriott et al. (2018) abordam o espaço em aplicações IMA no sentido de avaliar as suas mais valias para a visualização de informação tridimensional, apontando que, atualmente, não existe uma metáfora consensualmente aceite que enquadre aplicações com realidades mistas, sendo este um tópico de investigação que merece atenção.

Uma metáfora ou paradigma de representação de dados no espaço híbrido surgida recentemente e ainda muito pouco explorada no âmbito da RA é a "Immersive Unit Visualization" (IUV). Ao contrário das visualizações tradicionais, que frequentemente agregam vários valores num número mais pequeno de marcas visuais, na IUV cada ponto de dados é representado individualmente por uma marca visual (Ivanov et al., 2018) (Fig. 3.42). Considerada por Lee et al. (2019) como um campo de investigação integrado na IMA, esta área emergente define-se como *"a three-dimensional unit visualization created for exploration in immersive virtual reality"* (Ivanov et al., 2018). Ao trazer a visualização de unidades para o ambiente imersivo, os autores defendem o surgimento de várias oportunidades, entre as quais se destaca a exploração imersiva dos dados.

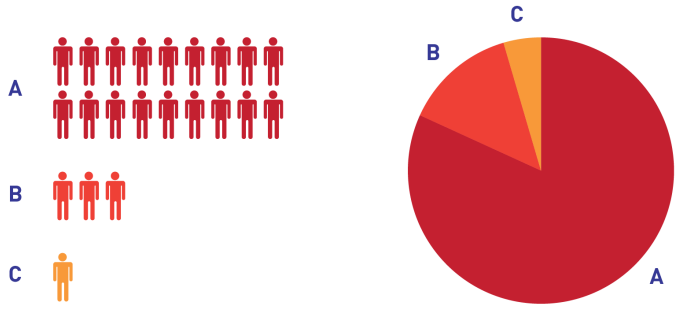


Fig. 3.42 – Conjunto de pictogramas e gráfico circular ilustrando uma forma de visualização unitária e uma forma de visualização agregada, respetivamente.

Hackathorn & Margolis (2017) refletem sobre o que pode ser uma visualização de dados no espaço híbrido. Os autores concebem o espaço dos dados (*data space*) como um jardim botânico por oposição a um filme. Enquanto a interpretação do jardim é feita de forma não linear / exploratória, utilizando os sentidos e o movimento corporal, a interpretação do filme apresenta uma maior linearidade, assenta sobretudo na visão e dirige-se ao corpo imóvel.

Por outro lado, no âmbito do estudo dos media, Ryan, (2015a) propõe uma análise do espaço nas narrativas digitais interativas segundo dois conceitos que considera particularmente relevantes: o espaço emocional e o espaço estratégico. O espaço emocional caracteriza-se por uma experiência do espaço associada a reações de natureza afetiva, quer positivas quer negativas, e a sua representação baseia-se numa perspetiva horizontal[26] que captura a perceção do corpo humano[27] ou do corpo vivido. O conceito do corpo vivido ou corpo próprio, em inglês *lived body,* tal como é definido por Svanæs, tem origem na fenomenologia de Merleau-Ponty e baseia-se na ideia de que, como seres humanos, estamos cientes do nosso corpo enquanto objeto no mundo, e enquanto corpo tal como experienciado por uma pessoa, ela própria – o que é diferente de ver o corpo refletido no espelho, tal como um objeto entre outros objetos no mundo (Svanæs, 2013, p. 11).
Por oposição ao espaço emocional, o espaço estratégico relaciona-se com as possibilidades de ação no sentido de atingir determinados objetivos, sendo representado através da vista de mapa (e.g. tabuleiro de xadrez), que favorece o planeamento estratégico da ação.

A partir deste binómio, Ryan (2015a) distingue dois modos segundos os quais uma narrativa interativa pode ser experienciada na sua relação com o espaço – a *Flânerie* e a *Quest*. A *Quest* é uma procura deliberada, segundo objetivos específicos e a *Flânerie* é uma deambulação livre aberta ao prazer estético e à experiência emocional do espaço:

"While a quest is a deliberate search for specific objects, flânerie is a free wandering open to chance meetings and random discoveries. In a quest, space only exists to be traversed, which means to be negated; in flânerie, it is enjoyed for its own sake and becomes the object of aesthetic pleasure, which should be considered an emotional experience." (Ryan, 2015a, p. 114).

A dualidade entre diferentes perspetivas do espaço também foi estudada no design de informação. Na visualização de informação o contraste entre perspetivas macro e micro dos dados foi abordada do ponto de vista do conteúdo e não tanto do ponto de vista do espaço. Card et al. (1999) referem a necessidade de disponibilizar simultaneamente duas perspetivas dos dados – a vista geral (contexto) e a informação detalhada (foco),

---

26 No âmbito do estudo dos jogos, a chamada perspetiva na primeira pessoa (*first person perspective*) diz respeito à perspectiva gráfica que imita o ponto de vista da personagem controlada pelo jogador. Este conceito ilustra a ideia da perspetiva horizontal, de que fala Ryan (2015a) no estudo da narrativa interativa, por oposição à perspetiva vertical ou estratégica, que a autora ilustra com o exemplo da perspetiva sobre um tabuleiro de xadrez.

27 *"Emotional space is best represented by pictures taken from a horizontal perspective (...) because this perspective captures the perception of the human body, and therefore comes closest to the lived, embodied experience that produces emotions."* (Ryan, 2015a, p. 106).

apontando várias técnicas de interação que podem possibilitar essa coexistência.
Mais recentemente, no âmbito da investigação em torno da representação visual do tempo histórico, Davis et al. (2013) identificam o modo de observação e o modo de imersão. O que distingue estes dois modos é a distância percebida entre o observador e a informação. *"Seeing the full scope of a comprehensive data-set, patterns emerge for the observer stands outside time; but when the user moves closer and studies individuals in their context, instead a sense of immersion is promoted."* (Davis et al., 2013, p. 359).

Apesar da RA ser um meio totalmente distinto quer do ambiente *desktop*, quer do meio impresso, os autores que experimentam e abordam a RA na visualização de dados utilizam frequentemente a linguagem tradicional dos gráficos 2D. A RA no design de informação ainda não parece dispor de uma cultura própria, que facilite a sua apropriação por designers. Compreender a razão dessa lacuna, demonstrar o interesse desta tecnologia no âmbito do design de informação e apontar caminhos que promovam a sua apropriação pelos designers são objetivos centrais desta investigação. Neste ponto específico partimos do pressuposto de que, para se afirmar como meio de comunicação, a RA precisa de desenvolver uma linguagem própria, ancorada nas características que a distinguem de meios anteriores, nomeadamente a combinação das seguintes particularidades: a integração contínua do real e do virtual, o controlo do ponto de vista pelo utilizador e a interatividade inerente. Apesar da importância do espaço em experiências de RA, são escassas as referências teóricas ao design para o espaço híbrido. Nesse sentido, é fundamental pensar a visualização de dados no espaço híbrido tendo em conta o "modo de ver" nesse ambiente. Ryan (2015a) aborda o espaço na perspetiva da narrativa digital interativa (Interactive Digital Narrative), mas não faz referência à visualização de dados. Por outro lado, Davis et al. (2013) abordam o espaço na perspetiva do design de informação, mas sem a utilização de qualquer camada de RA.

3.4.2. Metodologia

Este estudo específico (ensaio III) pretendeu dar resposta à seguinte pergunta – do ponto de vista do design, quais as potencialidades e as limitações que o espaço híbrido apresenta para a visualização de dados, nomeadamente quando não existe *a priori* uma relação semântica entre esses dados e o espaço onde se vão inserir?. Um dos objetivos deste estudo consistiu na formulação de orientações para o design de visualizações de dados com RA nesses casos, ou seja nos casos específicos em que o espaço real é apenas um cenário de exposição sem qualquer relação semântica com os dados. A persecução desse propósito implicou as seguintes tarefas:
(1) a caracterização da perceção de uma visualização de dados no espaço híbrido;
(2) o reconhecimento dos pontos fortes e das limitações da utilização da RA sob a perspetiva da visualização de dados onde não existe uma ligação semântica ao espaço;
(3) a identificação dos aspetos em que a RA poderá complementar formas tradicionais de visualização de dados.

Para este efeito, foi realizada uma investigação baseada na prática do design, em que

o processo iterativo progrediu através do desenvolvimento de um artefacto de informação, da sua avaliação em contexto real e da reflexão daí resultante (Fallman, 2008b) (Forlizzi et al., 2008). Enquanto a fase projetual visava gerar novas soluções, a investigação refletiu sobre a utilidade e a eficácia do artefacto criado para resolver a classe de problemas identificados, contribuindo desse modo para a produção de novo conhecimento em design (Fallman, 2008b). O design deste artefacto seguiu a abordagem *double-diamond* (Design Council, 2004), e foi desencadeado, supervisionado e orientado por objetivos de investigação que não se limitaram ao artefacto em si.

O desenvolvimento deste artefacto foi desencadeado durante a preparação da primeira exposição do projeto DesignOBS (Branco et al., 2018), cujo objetivo era apresentar publicamente os resultados alcançados, tanto em termos da recolha e interpretação de dados sobre o ecossistema do Design português, como em termos da investigação sobre a representação desses dados. Esta exposição, que se pretendia itinerante, parecia uma oportunidade e o contexto de excelência para testar, junto de públicos interessados, a pertinência e potencialidades das tecnologias de RA para o design de informação e avaliar a adequação da implementação de alguns conceitos que se encontravam em fase experimental (Marques et al., 2020, 2021). A fase inicial focou-se, por um lado, (1) na análise e na exploração de precedentes (outros artefactos que usassem a RA) e na recolha de contributos de outros projetos de investigação (já analisados em ponto anterior) que pudessem constituir-se como fundações teórico-práticas para apoio ao desenho e à reflexão sobre o artefacto em conceção; e, por outro, (2) no estudo e seleção do conjunto de dados, no âmbito do ecossistema do Design português, que pudesse ser explorado por vários *stakeholders* na área do design através de uma aplicação de RA. Nesse sentido, foi escolhida a base de dados com origem na SABI (Costa et al., 2021) e curada pelo projeto DesignOBS que se foca nas empresas de design registadas em Portugal com o código de atividade económica 74100 (atividade de design), no ano 2019. A base de dados contém informação sobre 2.714 empresas, incluindo localização, volume de negócios, número de empregados, lucro, exportações, entre outros indicadores económico-financeiros relevantes. Ao convergir para a definição de um *briefing* que orientasse o desenvolvimento da aplicação de RA, outras decisões foram assumidas, nomeadamente, as que se prendiam com a representação da totalidade das empresas registadas na base de dados, implicando a perceção imediata da dimensão das empresas e da sua georreferenciação. Pretendia-se dar ao público, uma noção direta da distribuição das empresas de Design pelo território nacional, não só em número, mas também em dimensão relativa.

O design e desenvolvimento da aplicação foram efetuados de forma iterativa, envolvendo a exploração e materialização dos dados através da aplicação de várias técnicas analíticas e *software* de apoio à representação como o *Tableau*[28] ou o *Rawgraphs*[29]. Cada um dos indicadores na base de dados foi analisado e descrito. Este primeiro

28 O *Tableau* (https://www.tableau.com/) é uma plataforma de visualização de dados que permite criar gráficos interativos a partir de bases de dados fornecidas pelo utilizador.

29 O *Rawgraphs* (https://www.rawgraphs.io/) é uma ferramenta de visualização de dados online de código aberto (*open source*) que permite transformar dados em gráficos personalizados.

passo permitiu explorar como é que algumas variáveis se poderiam relacionar entre si, enriquecendo a análise primária, e apoiando a formação de perguntas. Esta análise e reflexão iterativas foram fundamentais na definição das orientações para a visualização de dados – forma, cor, tipografia, modos e estilos de interação, entre outros aspetos pertencentes ao campo do design. Este ciclo de projeto terminou com o teste e avaliação do protótipo da aplicação desenvolvida.

3.4.3. *Floating Companies* (FLOC)

O protótipo da aplicação que materializa a visualização de dados sobre o conjunto das empresas de Design em Portugal através da tecnologia de RA (Fig. 3.44) foi desenvolvido com recurso a *Unity* e *Vuforia* para ser executado em dispositivos móveis *android*.
A experiência é desencadeada por um *target* de área – uma funcionalidade de rastreamento desenvolvida pela *Vuforia* que permite reconhecer e aumentar áreas e espaços – neste caso, uma divisão com cerca de 2,20 x 5,90 metros da FBAUL, previamente digitalizada em 3D através de um dispositivo móvel equipado com sensor LiDAR[30].
Trata-se de um espaço vazio que não oferecia qualquer tipo de complementaridade semântica com os dados que aí seriam apresentados, o que era uma condicionante essencial para assegurar que a aplicação poderia acompanhar a exposição em situações de itinerância. Uma vez que a aplicação reconhece o espaço, surge no ecrã do dispositivo móvel um conjunto de esferas que parecem flutuar sobre um mapa de Portugal (Fig. 3.43), justificando o nome atribuído ao artefacto: *Floating Companies* (FLOC).

30 A tecnologia LiDAR (*light detection and ranging*) é um método de deteção remota utilizado para a medição de uma superfície através da luz, mais especificamente através da emissão de um laser. A velocidade da luz desde o sensor até ao objeto mapeado é convertida em distância, permitindo gerar informações tridimensionais precisas sobre a forma e as características da superfície desse objeto.

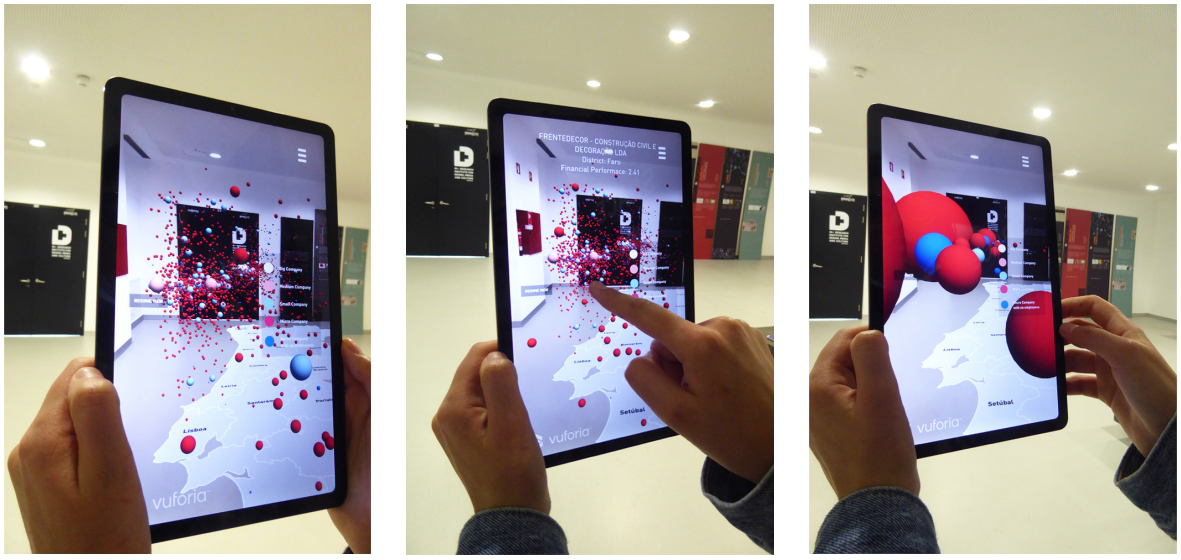


Fig. 3.43 – Ensaio do protótipo FLOC em *tablet android*, Universidade de Aveiro;
Fig. 3.43a – Vista principal de FLOC; **Fig. 3.43b** – Interação com as esferas; **Fig. 3.43c** – Vista resumo.

Seguindo o paradigma da *Immersive Unit Visualization*, cada empresa de Design corresponde a uma dessas esferas, cujo diâmetro traduz a sua dimensão (em número de empregados) e cuja cor indica a sua classe segundo a mesma variável (micro, pequena, média, grande, etc). A posição das esferas no espaço permite, de forma aproximada, ter uma noção da distribuição do universo das empresas pelo território português, mas também do seu desempenho relativo já que a altura (a distância ao chão) a que cada empresa se situa é um indicador do seu lucro por empregado (Fig. 3.44).

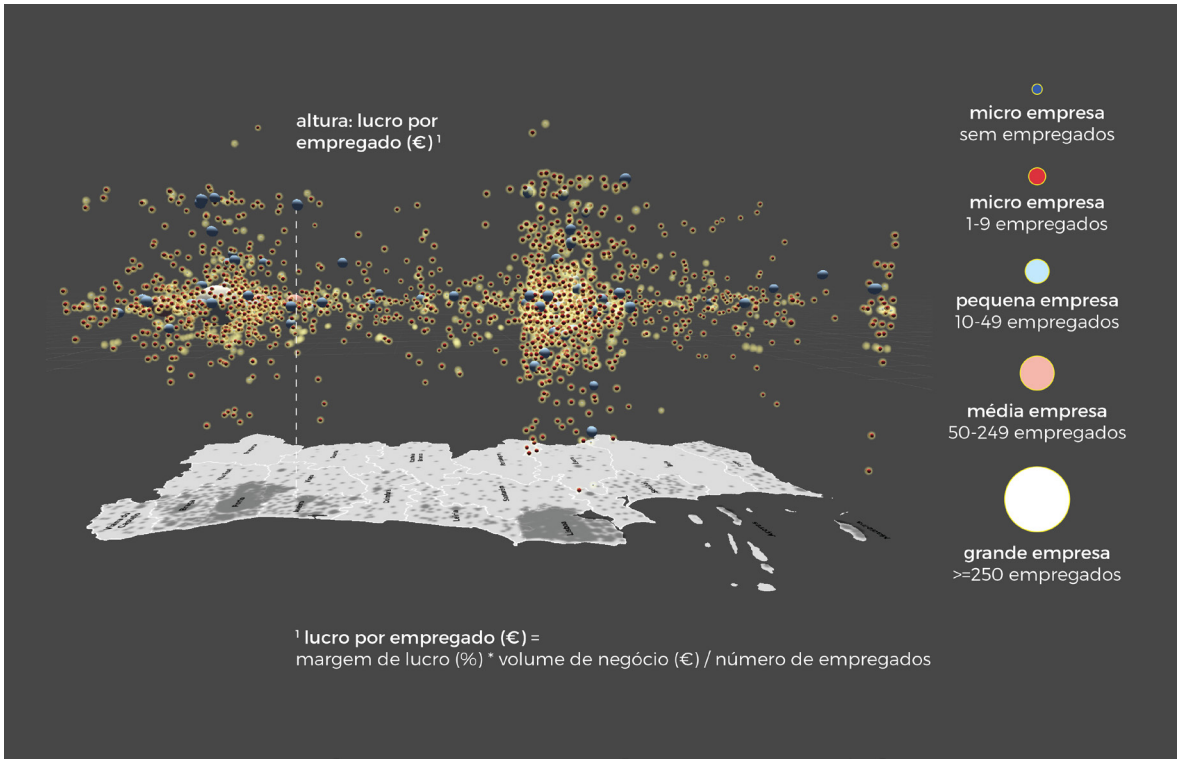


Fig. 3.44 – Protótipo de aplicação de realidade aumentada *Floating Companies*. Disposição dos elementos virtuais no espaço.

Ao "tocar" numa esfera visualiza-se mais informação relativa a essa empresa, nomeadamente, o nome, o distrito onde está sedeada e o respetivo lucro por empregado. No plano do chão encontra-se um mapa de Portugal, sintetizado pela aplicação, onde se representa a sua divisão administrativa por distritos (com indicação da respetiva capital), o que permite reforçar a perceção da localização e da distribuição das empresas de Design ao longo do país. É ainda possível optar por uma visualização dos dados – "vista resumo" – em que a quantidade de empresas por classe (número de empregados) por cada distrito, é representada com base num gráfico de esferas que sintetizam essa informação, permitindo comparar realidade entre os vários distritos (cada um desses elementos gráficos está posicionado por cima do distrito respetivo).
Com as duas vistas sobre a mesma informação procurou-se explorar novas lógicas de representação que não fossem totalmente ancoradas na gramática tradicional de representação bidimensional, disponibilizando simultaneamente uma vista geral dos dados.

3.4.3.1. Recolha de dados

A FLOC (*Floating Companies*) integrou a exposição "Observatório do Design em Portugal – Situação", na Galeria da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa entre o dia 3 e dia 10 de Dezembro 2021, onde foi testada por 21 visitantes. Tal como no Ensaio II, o *feedback* dos utilizadores foi recolhido através do método *Thinking Aloud* e os testes foram precedidos por uma apresentação breve da investigação que estava a ser realizada, pela contextualização do projeto DesignOBS e do tema em estudo, pelo pedido de preenchimento quer do consentimento informado para gravar áudio, quer da ficha de caracterização sociodemográfica (consultar anexos). Esta investigação envolveu a recolha de dois tipos de dados: a gravação áudio e a observação participante com notas de campo. Entre os 21 participantes (11 do género feminino e 10 do género masculino) a faixa etária mais representada situou-se entre os 21 e os 30 anos (57,1%). A habilitação académica mais frequente era o ensino secundário, com os participantes a frequentarem uma licenciatura nas áreas da Arte ou do Design na instituição onde se realizaram os testes. A grande maioria dos participantes era de nacionalidade portuguesa (90,5%), com apenas 9,5% de estrangeiros. Embora todos os intervenientes tenham indicado que se sentiam totalmente à vontade com o uso de *smartphone* ou *tablet* (71,4% indicaram uma pontuação de 5 pontos e 28,6% indicaram uma pontuação de 4 num máximo de 5), não estavam familiarizados com tecnologias de RA (somente 42,9% indicaram uma pontuação de 3 pontos num máximo de 5).

3.4.3.2. Análise dos dados

A análise das transcrições áudio foi inspirada metodologicamente na proposta de Jung et al. (2022) para a análise de entrevistas semi-estruturadas que desconstrói o discurso dos informantes ao longo de 5 passos, para estabelecer categorias de informação, para identificar os principais tópicos presentes nessas categorias e determinar temas a partir de tópicos que se relacionam. Neste caso, o processo de análise não percorreu os 5 passos inscritos na proposta referida, porque o tipo de objeto em análise não é exatamente o mesmo. Comparativamente às entrevistas semi-estruturadas, o método *thinking aloud* utilizado origina discursos tipicamente muito mais curtos, espontâneos e não-estruturados. No entanto, a análise das transcrições facilitou a identificação de categorias e pontos-chave – observações ou temas que se repetiram por diferentes participantes – e suportou uma análise geral das experiências, o que permitiu confrontar os seus resultados com as notas de campo. A análise das transcrições seguiu o seguinte processo:
1) Transferência das transcrições para uma tabela e seccionamento das transcrições de cada participante por episódio ou segmento.
Ideias diferentes correspondem a segmentos diferentes.
2) Exclusão de segmentos não relevantes para esta avaliação.
3) Atribuição de um código descritivo a cada segmento. Esse código é uma frase que descreve e circunscreve um segmento.

4) Categorização dos códigos descritivos em categorias relacionadas com o objetivo específico deste estudo – visualização de dados no espaço híbrido.
Algumas das categorias extraídas dos códigos descritivos foram: a percepção do espaço; as técnicas de interação; ou a natureza artística da experiência. Desta forma, uma categoria podia ter vários códigos descritivos.

Com base nessa tabela (ver tabela 1 em Anexos e tabela 3.1) foi possível verificar as categorias mais repetidas e os códigos descritivos relacionados com a experiência do espaço e com a sua perceção. A partir daqui, foi feita uma descrição geral das transcrições e, posteriormente, procedeu-se à triangulação dessa informação com as observações de campo (Yin, 2001), como se verá abaixo.

Tabela. 3.1 — Excerto da tabela 1 (Anexos) com a análise das transcrições áudio resultantes dos testes com utilizadores ao protótipo *Floating Companies* (ensaio III).

Passo 1	**Passo 2**	**Passo 3**	
Participante	Citação	Código descritivo	Categoria
1	"A compreensão espacial entre o tamanho das empresas e o mapa é um bocado confusa."	Dificuldade em estabelecer a relação entre o mapa e as esferas.	Perceção do espaço
3	"É um bocadinho difícil clicar devido ao movimento."	Dificuldade em interagir e movimentar-se simultaneamente.	Interação
1	"É quase como uma instalação."	A utilização da aplicação enquanto experiência estética.	caráter artístico / estético da experiência

3.4.3.3. Resultados

A observação dos participantes durante a interação com a aplicação FLOC possibilitou sobretudo constatar a perspetiva que este meio veicula sobre a informação no espaço híbrido utilizando um dispositivo *hand-held* e os aspetos que afetam a naturalidade e a fluidez da interação com os conteúdos em RA nesta tipologia de contextos. Por outro lado, os tópicos mais frequentes extraídos dos comentários recolhidos durante os testes com o artefacto FLOC foram os seguintes: 1) a dificuldade em fazer a correspondência entre o espaço físico e o espaço virtual; 2) a dicotomia entre o interesse suscitado pela aparência visual da experiência e a dimensão informativa; 3) as limitações encontradas e a apresentação de sugestões ou outras possibilidades; 4) a utilidade do conteúdo e o envolvimento; 5) o caráter surpreendente da RA. Sobre este ponto, é preciso ainda ter em conta que os mesmos participantes que tiveram acesso à aplicação FLOC, experimentaram momentos antes a aplicação GRAC – e na comparação imediata entre um objeto físico e outro virtual, pode ser mais fácil e rápido o elogio a um e a crítica a outro.

As pessoas exprimiram dificuldade em fazer a correspondência entre o espaço real e o espaço virtual, mas também entre diferentes objetos virtuais, verbalizando dificuldades a três níveis: (a) na perceção da localização das esferas no espaço físico da sala (relação entre o objeto virtual e o espaço real): "Eu não percebo bem onde é que está [a esfera]. Eu consigo ver que é para lá, para o lado de Lisboa. Mas daqui não consigo perceber onde é mesmo." (participante 18); (b) ao estabelecer a correspondência entre as esferas e o seu local no mapa de Portugal (relação entre dois objetos virtuais): "Não consigo ver a relação entre o mapa e a distribuição das esferas no espaço." (participante 9); (c) na compreensão da sua própria posição no espaço virtual (relação entre o corpo e o espaço virtual): "—Não consegue perceber a sua própria localização no espaço? — Sim, no espaço. Não no espaço da sala, no espaço virtual." (participante 2).

Enquanto que para alguns participantes a leitura da informação no espaço híbrido provocou curiosidade e vontade de explorar – observou-se uma forte componente lúdica e de exploração na interação com a aplicação FLOC – para outros a aplicação causou alguma agitação por não conseguirem estabelecer rapidamente uma visão geral da globalidade dos dados. Esta limitação prende-se com o posicionamento dos participantes no meio da informação, o que não favorece uma perspetiva estratégica, mas sim uma perspetiva imersiva. Vários utilizadores referiram que seria bom aceder a uma perspetiva afastada dos dados – seja trazendo as esferas para baixo, seja afastando-se das esferas. "A visão mais afastada seria melhor se houvesse mais espaço." (participante 1); "Só se me afastasse muito é que conseguia perceber." (participante 2); "Seria interessante ver isto de cima." (participante 1).

Dois participantes falaram da aplicação em termos estéticos como se se tratasse de uma instalação artística, opondo a experiência estética a uma experiência informativa ou utilitária: "Em termos visuais está bastante interessante, mas em termos práticos acaba por não ser tão eficaz como seria pretendido (…) como aconteceria com um gráfico circular capaz de representar as percentagens.". Um dos participantes referiu o seguinte: "Como trabalho plástico funciona muito bem, fica visualmente muito apelativo, mas como objeto de análise não é acessível. É demasiado.".

A interação com o conteúdo virtual depende da movimentação do utilizador no espaço – o *zoom*, a navegação e a busca, entre outras ações, dependem da sua deslocação no espaço dedicado à experiência. Se o registo do conteúdo virtual no espaço real não for completamente estável, a fluidez da interação fica comprometida já que os participantes tendem a evitar movimentar-se para impedir o desaparecimento da informação.

As limitações apontadas pelos utilizadores foram sobretudo relativas à interação direta com as esferas: por exemplo, sobre a dificuldade de segurar no *tablet* e tocar nas esferas simultaneamente, ou sobre a impossibilidade de conseguir selecionar uma esfera específica (quando se acumulam em grande número num pequeno espaço) para saber mais sobre a empresa associada. Mas foram igualmente apresentadas sugestões para alguns dos problemas detetados: por exemplo, a possibilidade de filtrar a informação por distrito ou a criação de um histórico das esferas anteriormente selecionadas sinalizado através da cor ou permitindo a eliminação temporária dessas esferas.

Alguns participantes referiram-se à aplicação – não como uma ferramenta de análise – mas como uma forma mais envolvente de explorar uma base de dados do que a sua forma mais tradicional de tabela de *Excel*, a qual não desperta curiosidade. Uma das participantes referiu que esta aplicação pode ser uma forma mais cativante de olhar para a informação que se estivesse sob a forma de texto ela, provavelmente, não iria ler, nem interessar-se. Depois de perceberem o funcionamento da aplicação, vários utilizadores gastaram algum tempo a tentar encontrar empresas que conheciam no meio do conjunto de esferas, conseguindo apenas em raras ocasiões nos distritos com mais empresas. Outros utilizadores mostravam interesse e faziam perguntas sobre as empresas que se encontravam mais "altas", denunciando maiores lucros.

Durante a experiência ouviram-se várias expressões de espanto e entusiasmo, denunciando o carácter lúdico da aplicação, mas também a "novidade" tecnológica que a RA ainda representa. Alguns participantes apontaram aspetos próprios desta tecnologia, nomeadamente a possibilidade de acrescentar "coisas" ao espaço físico que sem o dispositivo não existiriam ou a possibilidade de incorporar muita informação num espaço sem o saturar.

Finalmente, constatou-se que a informação textual sobre a aplicação feita no descritivo (*about*) não é suficiente para apoiar a interpretação dos dados, já que apenas um participante selecionou essa opção e não chegou a ler o texto explicativo. A assistência à interpretação da visualização poderá ser feita através de uma narrativa linear que inclua, por exemplo, áudio ou vídeo, e que preceda, intercale ou finalize a sua exploração livre pelas pessoas, no sentido de salvaguardar alguma contextualização.

3.4.4. Síntese

Os comentários dos participantes evidenciam, por um lado, o caráter imersivo, envolvente e lúdico da experiência, e por outro, a dificuldade em obter rapidamente uma visão global sobre a informação. Assim, os resultados apresentados parecem confirmar que o espaço híbrido é um espaço interativo em que o controlo do ponto de vista é feito de forma inerente pelo utilizador e, nesse sentido, é possível analisá-lo com base na distinção entre espaço emocional e espaço estratégico proposta por Ryan (2015a).
O espaço híbrido, característico de realidades mistas em que há uma fusão entre os ambientes real e virtual, enquadra-se no conceito de espaço emocional, favorecendo uma perspetiva horizontal, imersiva, que posiciona o utilizador no mesmo espaço do conteúdo virtual (Figs. 3.45 e 3.46).

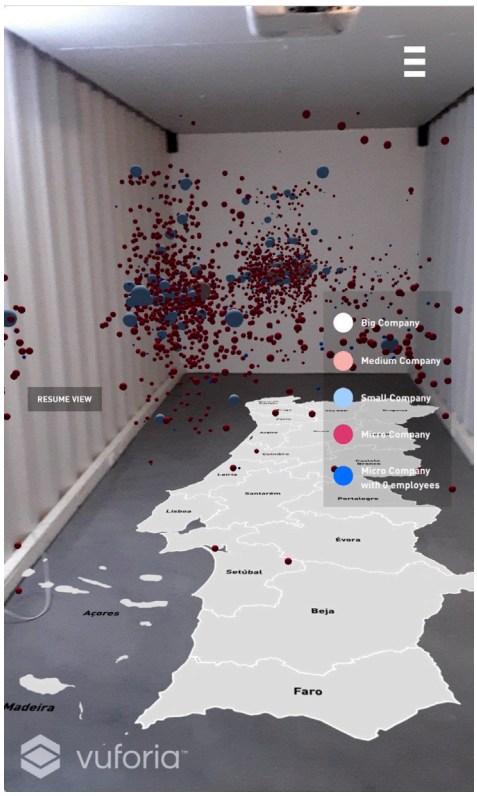


Fig. 3.45 – Captura de ecrã com *tablet* na exposição da FBAUL (vista principal).

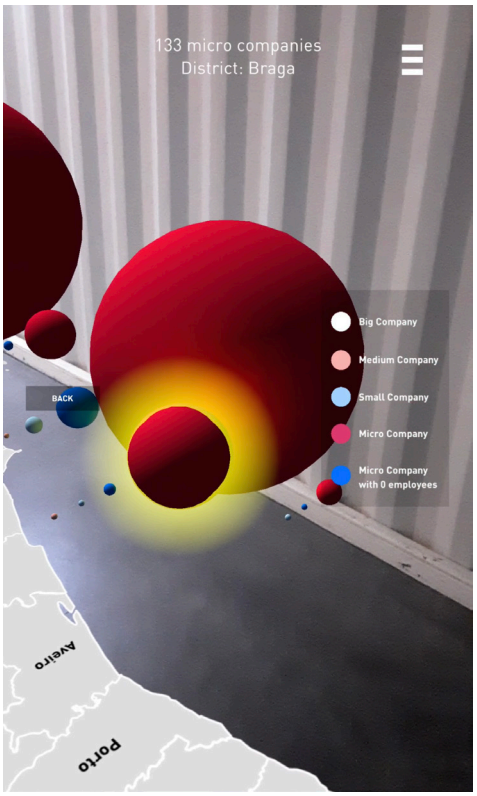


Fig. 3.46 – Captura de ecrã com *tablet* na exposição da FBAUL (vista resumo).

Há no espaço híbrido uma proximidade que privilegia o foco e proporciona uma perspetiva capaz de simular a experiência do corpo vivido, por oposição a uma perspetiva vertical (Figs. 3.47 e 3.48).

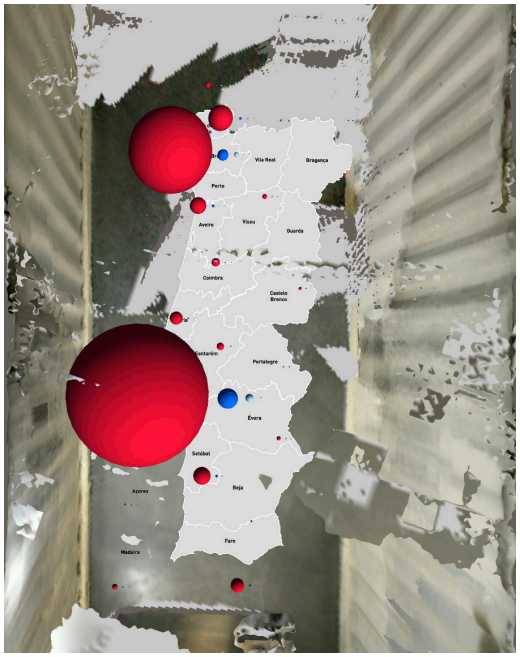


Fig. 3.47 – Vista vertical de FLOC no editor do *Unity* (vista principal).



Fig. 3.48 – Vista vertical de FLOC no editor do *Unity* (vista resumo).

3.4.4.1. Potencialidades da visualização de dados no espaço híbrido

A perspetiva horizontal na visualização de dados promove o prazer estético, a deambulação e a curiosidade, estimula a exploração e a descoberta. Nesse sentido, o envolvimento gerado pela imersividade, destaca-se como uma das grandes mais-valias da utilização de RA na visualização de dados onde não existe ligação semântica ao espaço físico. A conceção do espaço híbrido como espaço emocional vai de encontro ao conceito de *immersive data* space como um jardim botânico (Hackathorn & Margolis, 2017) – uma instalação permanente desenhada e curada em constante mudança, uma paisagem rica em informação que oferece vários níveis de resolução e serve vários propósitos – da deambulação à investigação.

O espaço híbrido permite trazer realidade aos dados, no sentido em que possibilita tornar concretos números abstratos, através da inserção da sua simulação em ambiente real. Por exemplo, se quisermos representar 50 árvores podemos introduzir a simulação de 50 árvores no ambiente real. A invenção dos gráficos para o meio impresso partiu de uma abstração da realidade para a página bidimensional, codificando a realidade e representando-a num plano. Se os gráficos são uma abstração da realidade, a devolução dessa abstração ao mundo real através da RA pode obedecer ao caminho inverso, da abstração para a concretização, do espaço estratégico para o espaço emocional, da perspetiva vertical para a perspetiva horizontal mais próxima do estar no mundo, da

perceção do ser humano. Através da simulação, a visualização no espaço híbrido promove a proximidade em relação aos dados, o foco, e nesse sentido propicia a aproximação a casos específicos, em detrimento de uma vista geral.

A presença de conteúdo virtual em ambiente real que o utilizador "habita", permite fazer comparações entre esse conteúdo virtual e aspetos visuais do ambiente real, facilitando uma apropriação dos dados – por exemplo o tamanho, o volume, ou o posicionamento – sem que seja necessária uma ligação semântica com o local da experiência. Um caso de estudo que representa na prática o que pode ser a simulação de conteúdo virtual no ambiente real com o objetivo de comunicar informação é o *Inflation Shrink Ray* do New York Times (20 abril 2022)(New York Times, 2022a) (Fig. 3.49). Trata-se de um efeito de RA para o *Instagram* que simula através de objetos colocados no ambiente real do utilizador o efeito da inflação em bens de consumo, encolhendo-os.

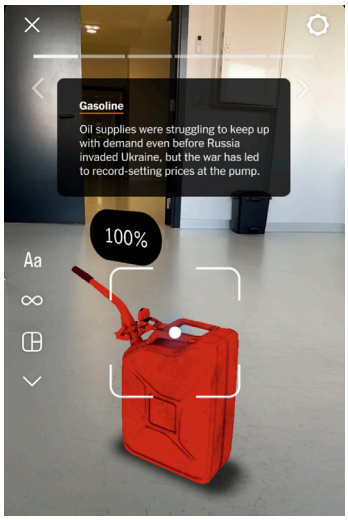


Fig. 3.49 – Filtro de instagram *Inflation Shrink Ray* do *New York Times* (2022a). Captura de ecrã a partir da rede social *Instagram*.

Embora a própria simulação possa atribuir significados ao espaço físico – no caso da aplicação FLOC um chão vazio passa a ser Portugal – esse espaço continuará a funcionar como um referente do real. Assim, para além das conotações semânticas, este tipo de experiência pode e deve aludir a conotações de caráter físico ou corpóreo para criar metáforas visuais úteis à comunicação da informação: por exemplo, o canto da sala vazia pode passar a "ser" um sistema de eixos cartesianos.

3.4.4.2. Limitações da visualização de dados no espaço híbrido

Mesmo quando se procura transmitir uma vista geral ou estratégica sobre os dados – o caso da *resume view* na aplicação FLOC – prevalece uma perspetiva imersiva, no sentido em que continuamos a estar no mesmo espaço híbrido do conteúdo virtual. Por privilegiar uma aproximação aos dados, o espaço emocional torna menos natural uma visão geral, essencial à compreensão de um conjunto de dados no seu todo.

A comunicação de dados no espaço híbrido pode gerar desorientação nas pessoas se esse espaço não for suficientemente credível, ie. se não houver uma combinação fluida entre os ambientes real e virtual, com os elementos simulados a aparentarem presença física. Para funcionar bem, as pessoas não devem ter dificuldade em perceber a posição no espaço físico onde se encontra um determinado objeto virtual. Só desta forma será possível, por um lado, perceber a relação espacial entre diferentes objetos virtuais, e por outro, perceber o seu próprio posicionamento relativamente a esses objetos, ie. conseguir posicionar-se no espaço híbrido.

A representação de dados no espaço híbrido apresenta mais desafios relativamente a situações de oclusão ou má visibilidade da informação do que o ambiente de *desktop* uma vez que o utilizador se encontra virtualmente no mesmo local dessa informação – não lê a informação de uma única perspetiva previsível, mas sim de várias perspetivas; além disso a visibilidade do conteúdo virtual depende também do ambiente real e do posicionamento do utilizador, tornando-se difícil prever todas as situações em que o plano de fundo pode não ser o mais adequado à visibilidade do conteúdo apresentado (Fig. 3.50).

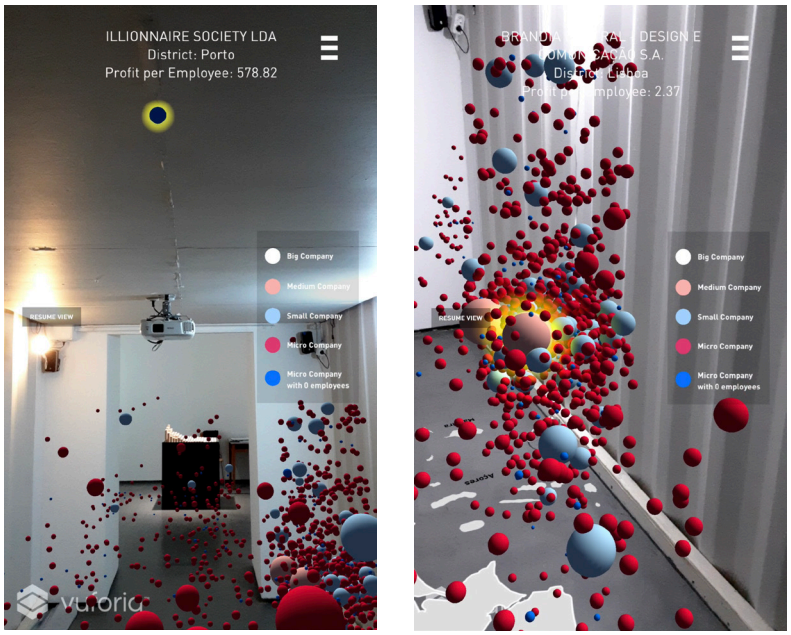


Fig. 3.50 – Capturas de ecrã durante a interação com o protótipo FLOC na galeria da FBAUL; **Fig. 3.50a** – O fundo facilita a visibilidade da legenda; **Fig. 3.50b** – O fundo inviabiliza a leitura da legenda.

A *Human Occlusion* (Figs. 3.51 e 3.52) é uma funcionalidade que permite que um corpo humano oculte fisicamente qualquer registo virtual que apareça atrás de si na câmara. Nos testes realizados foi utilizado um tablet *android* que não suporta esta funcionalidade e, por isso, o corpo do utilizador aparece ocultado pelo conteúdo virtual. Esta forma de registo, em que o objeto virtual se encontra em primeiro plano, quebra momentaneamente a integração entre a realidade e virtualidade, abalando a leitura do espaço como híbrido.

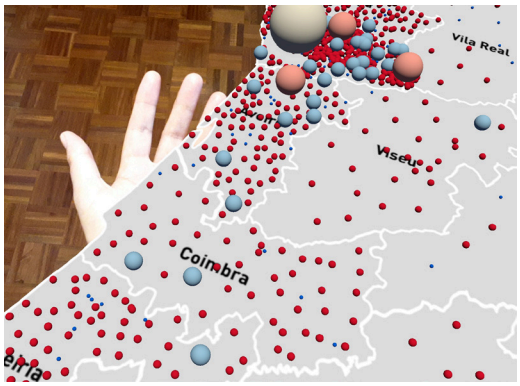


Fig. 3.51 – Ausência da funcionalidade *Human Occlusion*. A mão aparece tapada pelo mapa de Portugal, apesar de estar à sua frente (o mapa situa-se no plano do chão).

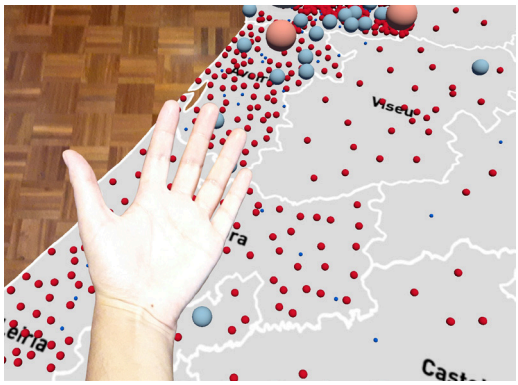


Fig. 3.52 – Integração da funcionalidade *Human Occlusion*. A mão é detectada pela aplicação e passa a ocultar o mapa.

As dificuldades referidas pelos participantes na compreensão da localização de uma esfera sobre o mapa podem relacionar-se com o facto de se utilizar um *handheld display* para ver esferas que flutuam no espaço, posicionadas em diferentes alturas.

3.4.5. Orientações para o Design

Face à dificuldade em veicular uma vista geral dos dados em sistemas de RA, é necessário encontrar formas para complementar o espaço emocional com alguma informação estratégica. No caso do artefacto FLOC, a abordagem a este problema passará pela introdução de pistas pictóricas (*pictorial cues*) no espaço híbrido, nomeadamente pela projeção das sombras das esferas no mapa (chão) (Fig. 3.53) para facilitar a perceção da distribuição das empresas pelo país.

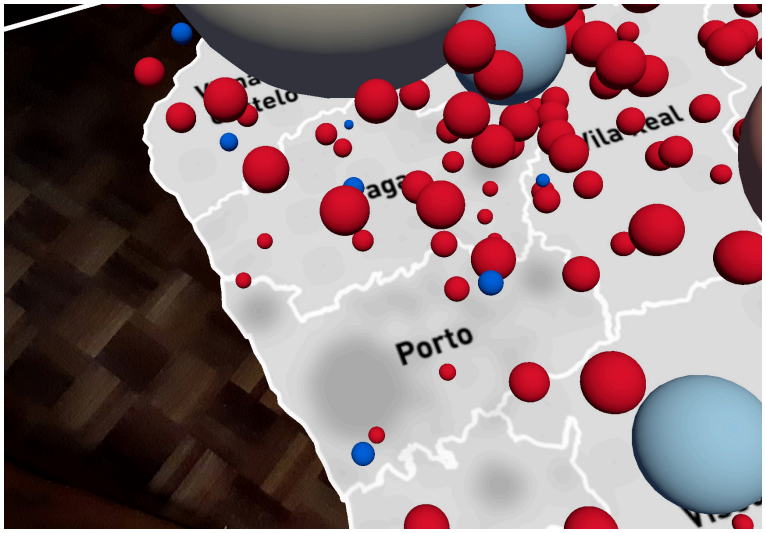


Fig. 3.53 – Projeção de sombras pelas esferas no mapa.

A visualização de dados com RA não substitui formas precedentes de visualização de dados e, nesse sentido, é necessário melhorar ou aperfeiçoar as qualidades que a distinguem em relação a outros meios – neste caso, cimentar a credibilidade do espaço híbrido. O desenvolvimento de estratégias para combinar o ambiente virtual e o ambiente real de uma forma cada vez mais natural, resultará num espaço híbrido mais credível e, consequentemente, numa maior qualificação da imersividade e do envolvimento.
Com esse intuito, é necessário que os objetos virtuais interajam em tempo real com o ambiente real como se de objetos físicos se tratassem. Visualmente recebem luz e projetam sombra; podem ocultar objetos reais e ser ocultados por outros objetos ou pessoas.
No caso da utilização de um *target*, a credibilidade do espaço híbrido também depende da sua total estabilização, assegurando a não interrupção da combinação entre o real e o virtual. A naturalidade da interação e da imersividade no espaço híbrido pode ser incrementada através da utilização de óculos de RA ou *head-mounted displays*, já que os *hand-held displays* dificultam algumas ações. Apesar disso, é preciso desenvolver estratégias para estes dispositivos, uma vez que são ainda a principal plataforma de visualização de conteúdo em RA.

Um maior controlo autoral ao nível narrativo contribuirá para evitar a sensação de desorientação experimentada por alguns utilizadores durante a experiência. Intercalar os momentos de exploração e interação livre com alguns momentos explicativos, permitirá trazer maior clareza e coesão à experiência como um todo, facilitando a transformação de informação em conhecimento.

3.4.6. Conclusões

As vantagens e limitações da visualização de dados no espaço híbrido relacionam-se em grande medida com as vantagens e limitações da imersividade no design de informação. Ao dissolver artificialmente as barreiras entre o conteúdo da visualização e o observador, a imersividade promove o envolvimento e encoraja a exploração livre.
Relativamente à representação da informação, a RA permite tornar concretas abstrações numéricas, simulando-as e integrando-as no ambiente real.
Embora apresente vantagens do ponto de vista do envolvimento, a perspetiva de proximidade promovida pelo espaço híbrido dificulta naturalmente a existência de uma perspetiva vertical sobre os dados.

Minimizar estas limitações e expandir o potencial da visualização de dados no espaço híbrido implica equilibrar a perspetiva imersiva com alguma "informação estratégica" sobre a base de dados representada. Para este efeito, foram identificadas as seguintes orientações para o design:

1) A atribuição de significado ao espaço a partir da própria simulação no sentido de gerar constrangimentos culturais que facilitem a compreensão do artefacto de informação e a sua exploração, qualificando a experiência;

2) O desenvolvimento de soluções para integrar vistas estratégicas ou verticais no espaço emocional através de pistas no espaço, com o intuito de complementar a vista imersiva sem a tentar substituir;

3) O design de um espaço híbrido cada vez mais credível, desenhado para uma melhor fusão entre os ambientes real e virtual. A presença dos objetos virtuais deve ter implicações no ambiente real como se de objetos reais se tratasse. Estas implicações podem ser de carácter visual, por exemplo a projeção de luz e sombra e a simulação de oclusão, mas também de natureza auditiva, se houver inclusão do som;

4) A integração da narrativa – procurar um maior controlo autoral da visualização através da criação de uma narrativa que intercale os momentos de exploração livre com momentos lineares controlados pelo autor, de forma a trazer coesão e garantir a comunicação da informação.

Este estudo, apesar de ter permitido definir algumas orientações para o design de informação em suporte de RA, ter-se-ia tornado mais robusto se fosse possível recorrer a outras aplicações de visualização de dados no espaço híbrido que possibilitassem uma avaliação comparativa. No mesmo sentido, um maior número de testes teria reforçado o interesse estatístico dos resultados, no entanto, e de acordo com Nielsen (2000), os resultados mais ricos dos testes de utilização de sistemas interação provêm dos primeiros 5 utilizadores, a partir dos quais se dá uma diminuição progressiva do retorno por participante com as respostas a repetirem-se. A abordagem seguida no desenvolvimento do protótipo da aplicação implicou, para a sua implementação, alguma competência

em programação computacional (neste caso em *C#*[31]) o que pode constituir um forte constrangimento para os designers que não a detêm. Neste sentido será interessante investigar sobre a adequação para o desenvolvimento de artefactos de informação baseados em RA das plataformas mais promissoras, entre as que têm aparecido no mercado reclamando oferecer a possibilidade de desenvolver aplicações de RA sem necessidade de programar (por exemplo: *Plugxr*[32], *UniteAR*[33] e *Zapworks*[34]).
Como trabalho futuro, prevemos a implementação de estratégias capazes de integrar a narrativa e a exploração na visualização de dados no espaço híbrido. Prevê-se ainda a utilização de um *head-mounted display* com o objetivo de comparar a integração entre os ambientes real e virtual em relação ao *tablet* utilizado neste ensaio.

---

31 Linguagem de programação desenvolvida pela *Microsoft* como parte da plataforma *.NET*, projetada para a criação de uma ampla gama de aplicações, desde *software* a aplicações web e jogos. A sua sintaxe baseia-se na linguagem C++, com influências de outras linguagens de programação, como o *Java*.

32 A *PlugXR* (https://www.plugxr.com/) é uma plataforma online que permite a criação, personalização e publicação de experiências de realidade mista e realidade virtual sem a necessidade de programação. Trata-se de uma ferramenta paga que disponibiliza uma versão limitada gratuita.

33 A *UniteAR* (https://www.unitear.com/) é uma plataforma online destinada à criação de experiências de realidade aumentada, sem necessidade de programação. Esta ferramenta oferece opções de utilização gratuita durante um período de teste de 14 dias, após os quais passa a ser paga.

34 A *Zapworks* (https://zap.works/) é uma plataforma online destinada à criação de conteúdo web de realidade mista e realidade virtual (*Web XR*) para várias classes de dispositivos, nomeadamente computador, dispositivo móvel e capacete. Esta ferramenta combina a abordagem *no-code* com a possibilidade de programar, permitindo que utilizadores sem experiência técnica criem experiências interativas de forma intuitiva, ao mesmo tempo que oferece recursos avançados de programação. Embora seja paga, esta ferramenta oferece uma versão gratuita que permite a criação de um número limitado de experiências.

3.5. Discussão dos Resultados

Em *Minard Revisited* (ensaio I), constatou-se a viabilidade semântica e técnica de incorporar RA numa solução de design de informação. A dimensão virtual pode desempenhar várias funções relativamente à dimensão física, entre as quais se destaca uma certa qualidade "material" intrínseca à própria RA, que ao simular um objeto virtual no ambiente real, procura imitar a realidade e aparentar a qualidade tangível dos objetos não virtuais. Esta tentativa de simular a existência de um objeto no mundo real, de imitar a qualidade física das coisas encontra reminiscências históricas na pintura europeia, nomeadamente na tradição da pintura a óleo do séc. XVI. Segundo com Berger (1972), os pintores da tradição a óleo procuravam recriar através da pintura o sentido do tato:

"What distinguishes oil painting form any other form of painting is its special ability to render the tangibility, the texture, the lustre, the solidity of what it depicts. It defines the real as that which you can put your hands on." (p. 88).

Num certo sentido, a RA resgata esta ideia de tangibilidade da pintura a óleo, reinterpretando-a através da virtualidade.

A exploração da combinação da fisicalização (*data fisicalization*) com RA, exemplificada em *Graduates and Companies* (GRAC) (ensaio II), é particularmente relevante em casos em que é importante oferecer um contexto específico à experiência de RA, limitando-a ao local do seu referente físico. Por exemplo, o caso de uma peça informativa que, para ser inteiramente compreendida, precisa de estar fisicamente enquadrada numa exposição juntamente com outros artefactos. Com o desenvolvimento e teste de GRAC observou-se a dificuldade em estabelecer uma integração eficiente entre a peça física de madeira (fisicalização) e a respetiva camada virtual. Além disso, a tridimensionalidade (limites e profundidade) continua a ser mais facilmente percebida no objeto físico do que no objeto virtual, o que pode ser tornado mais ou menos evidente pela configuração do objeto virtual. A linguagem visual estabelecida para o objeto virtual, embora tenha sido orientada pela mesma lógica do modelo físico, não resultou diretamente numa integração suficientemente fluida do real e do virtual. A quebra da integração entre real e virtual resulta numa leitura separada dos dois ambientes, em vez de um único espaço híbrido, que faz com que os utilizadores tenham dificuldade em fazer corresponder a peça física ao seu complemento virtual.

Do ponto de vista do design é, portanto, necessário continuar a desenvolver iterativamente uma linguagem específica para a intersecção entre o físico e o virtual, sem que a dimensão virtual oculte totalmente ou substitua o real. É necessário encontrar uma metáfora visual para a criação deste tipo de experiência que combina a fisicalização com

uma camada virtual, desenvolvendo um vocabulário próprio para a dimensão virtual[35].

Apesar desta via de exploração da representação de dados aliada à RA oferecer várias oportunidades para o design, a investigação evoluiu no sentido de uma exploração do espaço a uma escala mais alargada. Na base desta orientação esteve, por um lado, a necessidade de emancipar a componente virtual da componente física e de criar as condições ideais para se poder observar a forma de interpretar dados no espaço híbrido; e por outro lado, a necessidade de promover uma experiência cinética do conteúdo virtual, como forma de tirar partido de uma das qualidades intrínsecas dos meios digitais e particularmente da RA – a habilidade para exibir o espaço da perspetiva de um corpo em movimento e do olho em movimento (Ryan, 2015a).

A aplicação *Floating Companies* (FLOC) (ensaio III) foi suportada pelos dois ensaios anteriores (*Minard Revisited* e *Graduates and Companies*) e teve como principal intuito, aflorar a questão: "Em que medida a tecnologia da realidade aumentada, enquanto matéria da invenção, determina o desenho da configuração ou da conformação de conteúdos?".

A observação dos participantes durante a interação com a FLOC permitiu qualificar a 'forma de ver' informação no espaço híbrido que se caracteriza por ser um espaço interativo em que o controlo do ponto de vista é feito de forma inerente pelo utilizador. O espaço híbrido enquadra-se no conceito de espaço emocional e favorece uma perspetiva horizontal, imersiva, que posiciona o utilizador no mesmo espaço do conteúdo virtual. Através da imersividade, o espaço híbrido estimula o prazer estético e lúdico e promove a curiosidade, a exploração e a descoberta. Nesse sentido, o envolvimento destaca-se como uma das grandes potencialidades da utilização de RA na visualização de dados quando não existe *a priori* uma ligação semântica ao espaço físico. Por outro lado, a perspetiva de proximidade promovida pelo espaço híbrido dificulta naturalmente a existência de uma perspetiva vertical sobre os dados, que é essencial à compreensão de uma base de dados como um todo.

Com a estratégia visual seguida em FLOC, procurou-se, por um lado, evitar uma transposição de gráficos tradicionais para a RA , no sentido de tentar escapar aos paradigmas da representação de dados do meio digital e mesmo do meio impresso; e por outro lado, tirar o máximo partido do espaço tridimensional. A *immersive unit visualization* surge como uma metáfora visual para a representação no espaço híbrido que oferece muitas oportunidades para o design, uma vez tira partido da forma de experienciar o espaço emocional, onde a vista estratégica não é tão fácil ou tão natural. Este conceito vai de encontro à ideia de que se os gráficos são uma abstração da realidade, a devolução dessa abstração ao mundo real através da RA pode obedecer ao caminho inverso, da abstração para a concretização, do espaço estratégico para o espaço emocional, da perspetiva vertical para a perspetiva horizontal mais próxima do estar no mundo, da perceção do ser humano. Assim, o espaço híbrido incorpora um duplo sentido de materialização, por um

35 No caso de GRAC, optou-se por delinear virtualmente os limites da peça física usando uma linha branca, para depois sobrepor os polígonos vermelhos representando o número de empresas por distrito. Esta solução, que pretendia aludir à possibilidade de ver o interior de uma peça de madeira, visava dar resposta aos casos em que o polígono virtual era mais baixo que o polígono de madeira, e que por isso ficava totalmente oculto por ele.

lado permite trazer realidade aos dados, no sentido em que possibilita tornar concretas abstrações numéricas, através da inserção da sua simulação em ambiente real; e, por outro lado, a materialização constitui-se como qualidade estética do conteúdo virtual, quando busca imitar o carácter real, físico e tangível das coisas não virtuais.

Ao longo dos três ensaios, mas especialmente em *Floating Companies* (FLOC), confirmou-se que é possível desenhar e implementar uma experiência simples de RA sem conhecimentos de programação. Apesar disso, o desenvolvimento de interação e a configuração de comportamentos, entre outras tarefas, está dependente da escrita de programas, ainda que simples. Apesar do desenvolvimento de aplicações em RA sem um *background* de programação não ser totalmente inexequível, essa ausência pode, por vezes, ser limitadora do projeto.

Através da exploração de três modos de ambiente real numa experiência de RA com vista à representação de dados, este roteiro de experiências permitiu, por um lado, fazer um reconhecimento desse território específico, e por outro lado, observar e refletir sobre a forma singular como a RA configura os conteúdos informativos utilizados. Essa reflexão é essencial para delinear possibilidades de criação de sentido baseadas nas qualidades estéticas particulares da RA, como se verá no capítulo seguinte, e, nesse sentido, apontar o caminho para uma exploração mais profunda e focada de uma linguagem formal significante para a representação de dados no espaço híbrido. O caminho apontado sugere a exploração de duas ideias essenciais: a qualificação do espaço híbrido como um espaço emocional dominado por uma perspetiva horizontal que imita uma experiência vivida, e a ideia da simulação enquanto devolução da abstração dos gráficos ao ambiente real.

Capítulo 4. **A Visualização Narrativa no Espaço Híbrido**

"Able to be carried by articulated language, spoken or written, fixed or moving images, gestures, and the ordered mixture of all these substances; narrative is present in myth, legend, fable, tale, novella, epic, history, tragedy, drama, comedy, mime, painting (think of Carpaccios's Saint Ursulla), stained glass windows, cinema, comics, news item, conversation. Moreover, under this almost infinite diversity of forms, narrative is present in every age, in every place, in every society; it begins with the very history of mankind and there nowhere is nor has been a people without narrative." (Barthes, 1977, p. 79).

O ato de contar estórias tem sido não só uma forma eficaz de veicular informação, mas uma prática profundamente enraizada na experiência e na cultura humana. Quer seja transmitida através da tradição oral, escrita, através da música ou de imagens, a narrativa está presente na maioria das atividades humanas (Figueiras, 2016, p. 133). As histórias permitem transmitir informação de uma forma memorável que pode gerar envolvimento e estabelecer ligações causais (Satyanarayan & Heer, 2014).

No campo da visualização de dados, a narrativa tem assumido uma crescente importância (Tong et al., 2018), constituindo atualmente um subcampo de investigação independente, que Figueiras (2016) define como "um género emergente centrado na comunicação eficaz de dados complexos a um público através da visualização, de uma forma que seja envolvente e que promova a partilha de conhecimentos" (p. 138).

A narrativa está presente nas três partes que compõem este quarto capítulo, assumindo, no entanto, diferentes graus de importância. Enquanto na primeira parte – "Narrativas para o Espaço Híbrido", esta dimensão ocupa um lugar central do estudo, na segunda e terceira partes – "A visualização de dados no espaço híbrido e a narrativa (Ensaio IV)" e "Representação de dados com ferramentas de realidade aumentada *no-code* (Ensaio V)" – embora a narrativa esteja presente, a sua exploração não constitui o intuito principal da discussão.

A primeira parte – Narrativas para o espaço híbrido – tem como objetivo responder a uma das questões centrais da tese: "Quais as mais valias da utilização da realidade aumentada sob a perspetiva da representação de dados? Ou seja, que novas possibilidades narrativas oferece a realidade aumentada ao design de informação?" Ao responder a esta questão, espera-se simultaneamente clarificar as razões pelas quais a comunidade académica e profissional deve investir a sua ação na visualização narrativa com RA. Este estudo não assentou numa abordagem baseada na prática, mas sim no estudo de um conjunto de casos provenientes do âmbito do jornalismo imersivo.

A segunda parte – *"A visualização de dados no espaço híbrido e a narrativa (Ensaio IV)"* – acompanha a implementação e teste à segunda iteração de desenvolvimento

do protótipo *Floating Companies*, envolvendo a integração de várias alterações consideradas relevantes no âmbito do Ensaio III – *Floating Companies*, das quais se destacam a integração de uma sequência narrativa e a adaptação da aplicação a um dispositivo HMD. Este estudo teve como principal objetivo averiguar os aspetos em que a perceção do espaço híbrido difere ao utilizar um HMD e um dispositivo portátil (*hand-held display* – HHD), no sentido de verificar se o HMD conduz a um espaço híbrido mais credível – uma hipótese colocada anteriormente.

A terceira parte – Representação de dados com ferramentas de realidade aumentada *no-code* (Ensaio V) – foi motivada pelas conclusões retiradas durante o desenvolvimento do protótipo de RA *Floating Companies* (FLOC), que apontam para a limitação no acesso a esta tecnologia por designers sem conhecimentos de programação. Com este estudo, pretendeu-se identificar as limitações das ferramentas *no-code* face a plataformas de desenvolvimento, como o *Unity*, e ilustrar, através de uma proposta projetual a que se chamou *Pencils II*, o que pode ser uma representação de dados com utilização exclusiva de ferramentas sem programação. Como se verá, neste ponto, ao contrário do que foi feito com o FLOC I e II, em *Pencils* II não se explorou a representação de dados de acordo com as características inerentes da RA – mas de acordo com as possibilidades da tipologia de ferramentas utilizadas. Esta terceira parte do capítulo visa especialmente dar resposta ao objetivo de criar as bases teóricas e experimentais que possam conduzir à apropriação da tecnologia da realidade aumentada pelo design de comunicação e disponibilizar essas ferramentas à comunidade académica e profissional.

Apesar do uso da narrativa no mapeamento de informação ter uma história rica que antecede muito a área da visualização de dados e o próprio aparecimento do computador – um dos exemplos históricos mais reconhecidos é o *Figurative Map* de Charles Minard (1869) – a exploração da narrativa no campo da visualização de informação é relativamente recente.

Gershon & Page (2001) foram os primeiros a reconhecer o potencial comunicacional do *storytelling* no campo da visualização de informação. Porém, o termo "visualização narrativa" só seria cunhado em 2010 por Segel e Heer, num artigo que reconhece a necessidade de combinar a narrativa controlada pelo autor (*author-driven approach*) com a exploração feita pelo leitor através da interação (*reader-driven approach*) (Segel & Heer, 2010). Depois de uma fase inicial de inércia, a partir de 2011 o campo da visualização narrativa atingiu uma grande popularidade entre a comunidade académica, tornando-se um dos tópicos mais predominantes na visualização de dados (Figueiras, 2016), com a maioria da investigação a focar-se na forma como as técnicas de *storytelling* podiam aumentar a visualização como meio de comunicação (Satyanarayan & Heer, 2014).

O poder retórico (Hullman & Diakopoulos, 2011), bem como os aspetos ligados à compreensão e memorabilidade (Borkin et al., 2016; Hullman et al., 2013) estão na base da crescente importância atribuída às estórias na visualização. De acordo com Hullman & Diakopoulos, (2011), diversas escolhas de design – desde a seleção dos dados à fase da representação visual – constituem estratégias retóricas capazes de condicionar ou tornar mais prováveis determinadas interpretações. No mesmo sentido, Bach et al. (2018) elencam um conjunto de estratégias de design que, quando combinadas, formam padrões com propósitos específicos, por exemplo envolver a audiência, evocar empatia ou criar

fluxo e ritmo ao longo da estória. A capacidade retórica de uma visualização narrativa depende em grande medida do conhecimento do(s) designer(s) sobre os aspetos ou elementos que a compõem, utilizando-os de forma intencional com um determinado propósito comunicacional.

Apesar da predominância crescente do estudo da narrativa, confirmada pelo aumento da produção teórica desde 2010 a 2023 (Fig. 4.1), e do potencial de *storytelling* da realidade aumentada, como apontam autores como Zhao & Elmqvist (2023, p. 103), verificou-se uma ausência de reflexão teórica sobre a utilização dessa tecnologia no âmbito específico da visualização narrativa.

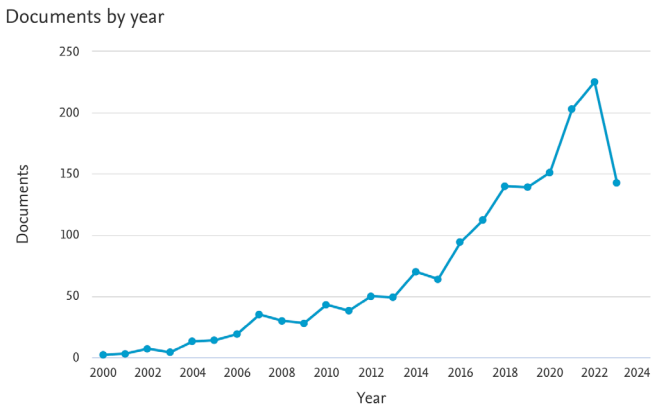


Fig. 4.1 – Evolução da quantidade de artigos científicos com os termos *narrative visualization* no seu título entre 2000 e 2023, na *Scopus*.

Face à lacuna identificada, a abordagem ao tema da visualização narrativa com realidade aumentada foi inicialmente delineada em sentido convergente, ie. de fora do design para o design, a partir de áreas tradicionalmente ligadas ao propósito narrativo como a Ilustração. Esta abordagem à narrativa apoiava-se nos contributos de autores como Kosara & MacKinlay (2013) que defendem o estudo da visualização narrativa a partir de disciplinas tradicionalmente ligadas à narrativa, mas também Graffieti et al. (2011) que defendem a importância de adotar métodos provenientes de disciplinas construídas sobre o propósito narrativo, no sentido de obter uma abordagem menos funcionalista e mais comunicativa. Outros autores seguem uma estratégia semelhante – como Bach et al. (2016) que abordam a visualização narrativa com base na banda desenhada e Amini et al. (2015) que estudam *data videos* (*motion graphics* que incorporam visualizações) a partir da lente da cinematografia. O ensaio conduzido em *Minard Revisited* é o resultado desse esforço inicial por fazer convergir o design de informação com a realidade aumentada e a Ilustração, uma área desde sempre ligada à narrativa.

Ao declinar a investigação no sentido das qualidades inerentes da realidade aumentada, em detrimento de uma colagem a áreas tradicionalmente ligadas à narrativa (como por exemplo, o teatro ou o cinema), e a consequente emancipação da camada virtual em relação ao ambiente real obrigaram a uma alteração desta estratégia inicial

para o estudo da narrativa. Das qualidades da RA elencadas por MacIntyre et al. (2001) (ver Capítulo 2, ponto 2.2. "Sobre a realidade aumentada"), teve-se especialmente em atenção quer o controlo contínuo e implícito do ponto de vista pelo utilizador, quer a interatividade inerente. De facto, a interatividade inerente como qualidade *sine-qua-non* de uma experiência de realidade aumentada tornou incontornável o estudo da integração entre interatividade e narrativa – aliás, uma discussão conhecida como *narrative paradox* no estudo dos meios digitais – e obrigou a uma reformulação da abordagem à integração da narrativa neste estudo. Nesse âmbito, autores como Henry Jenkins (2006), ligado ao estudo dos jogos, reforçam a ideia de que as estórias não são conteúdos ocos que possam ser transferidos diretamente de um meio para outro: *"Stories are not empty content that can be ported from one media to another."* (p. 673). A necessidade de estudar a integração entre narrativa e interatividade no design de informação acabou por conduzir à área emergente do jornalismo imersivo (Ikonen & Uskali, 2021), uma área que lida necessariamente com o paradoxo narrativo no âmbito específico do design de informação.

4.1. Narrativas para o espaço híbrido[1]

4.1.1. Introdução

Este estudo posicionou-se na interseção de três áreas – visualização de dados, narrativa e realidade aumentada. Neste contexto, o termo "narrativa" é empregue tal como definido por Bach et al. ao distinguir entre história e narrativa:

"the story is the facts—the data—including characters, places, times, and actions important to the specific plot. A narrative can be described as the 'telling' of a sequence of those events [...] [which] shape the events, characters, arrangement of time, etc. in very particular ways to invite particular positions towards the story on the part of the audience." (Bach et al., 2018, pp. 108–109).

Apesar de a visualização narrativa ser um tópico popular na visualização de dados desde os contributos de Segel & Heer (2010) e Kosara & MacKinlay (2013), a investigação específica em torno da visualização narrativa com recurso a RA encontra-se ainda pouco documentada. No campo da RA, Azuma (2015) vê o *storytelling* como uma das formas mais importantes de utilizar as realidades mistas, mas apesar disso, existe ainda uma manifesta escassez de referências teóricas sobre este tópico (Ikonen & Uskali, 2021). Algumas áreas adjacentes tocam em informação relevante, sem, no entanto, intercetarem

1 Esta secção tem como base a publicação: Marques, A. B., Branco, V., & Costa, R. (2022). Narrative Visualization with Augmented Reality. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(12), 105. https://doi.org/10.3390/mti6120105.

as três áreas identificadas. A área da *Immersive Analytics* (Chandler et al., 2015), por exemplo, envolve o estudo da visualização de dados com realidade aumentada em que não existe uma ligação semântica ao espaço, porém não aprofunda as questões ligadas ao propósito narrativo. Na área do jornalismo, desde 2016, o conjunto de "experiências" em torno da visualização narrativa com realidade aumentada tem vindo a aumentar gradualmente e a ser estudado por áreas como o *Immersive Journalism* (Ikonen & Uskali, 2021) e o *Spatial Journalism* (Weiss, 2015). Apesar de lidarem com a representação de dados no ambiente híbrido, o ambiente que resulta da combinação entre os ambientes real e virtual, estas duas áreas abordam o tema do ponto de vista jornalístico e não tanto do ponto de vista do design.

Ao abordar a componente narrativa, considerou-se inicialmente que esta poderia ser trazida para este estudo a partir de qualquer área tradicionalmente ligada ao propósito narrativo, como por exemplo o cinema, o teatro ou a ilustração. No entanto, a incidência desta investigação na realidade aumentada, fortemente caracterizada pela sua interatividade inerente, orientou a uma atenção para o jornalismo, que foi escolhido como campo de observação, por incorporar simultaneamente narrativa e interação, oferecendo vastos casos de estudo passíveis de serem analisados através da lente do design.

No âmbito do design, há uma ausência de reflexão crítica sobre os aspetos que a realidade aumentada adiciona enquanto possibilidades narrativas à visualização. De facto, o design ainda não abordou suficientemente a realidade aumentada na representação de dados, nem reconheceu todas as suas vantagens e limitações na comunicação de uma história. Assim, uma nova pergunta de investigação surgiu: "Que qualidades específicas pode a realidade aumentada introduzir em cada uma das dimensões da visualização narrativa definidas por Thudt et al. (2018) – vista, foco e sequência?". A escolha deste modelo dimensional também se ficou a dever ao facto de integrar a interatividade e a narrativa, em vez de as opor, o que é fundamental quando se trata de visualização narrativa com recurso à realidade aumentada. Este tópico é desenvolvido no ponto seguinte.

Para que a realidade aumentada seja utilizada como um meio expressivo, à semelhança de outros recursos, como a tipografia ou a ilustração (entre outros), deve haver uma apropriação deste meio pelo design. Deste ponto de vista, é essencial reconhecer as novas possibilidades semânticas introduzidas pela realidade aumentada na forma de contar uma história, para tirar o máximo partido do meio e tornar a comunicação o mais eficaz possível. Ao intercetar a visualização de dados, a narrativa e a RA, este estudo procura o ajuste necessário entre o meio – a RA – e o conteúdo narrativo, e visa contribuir para dotar os designers de um maior conhecimento em torno do impacto da RA na configuração de uma narrativa baseada em dados. Ao identificar e descrever as possibilidades trazidas pela RA à visualização narrativa, pretende-se ainda contribuir para colmatar alguma da atual escassez de reflexão crítica em torno desta temática.
A relevância e atualidade deste tema estão patentes na incorporação da RA nas aplicações de jornais eminentes como o *New York Times*, o *Washington Post* o *USA Today*, o *Quartz*, entre outros, mas também na criação de departamentos de investigação e desenvolvimento dedicados ao estudo da narrativa com realidades mistas, por exemplo o *New York Times Research and Development* (https://rd.nytimes.com/); a equipa *Emerging Tech*, do *USA Today* (https://marketing.usatoday.com/innovation/) ou o *LEDE Lab*, do *Washington Post*

(https://www.washingtonpost.com/graphics/lede-lab/).

4.1.2. Visualização de dados, interatividade e paradoxo narrativo

A interatividade é uma característica imprescindível dos meios digitais (Ryan, 2004), e especificamente da realidade aumentada – quer do ponto de vista tecnológico (Azuma et al., 2001) quer do ponto de vista do estudo dos media (Rieser, 2015). No caso da realidade aumentada, MacIntyre et al. (2001) notam que, como o utilizador se encontra no espaço físico que está a ser aumentado, os sistemas pessoais de realidade aumentada são inerentemente interativos; mesmo quando o conteúdo é não interativo, o utilizador interage implicitamente com o espaço físico. O tópico da narrativa em sistemas interativos conduz a uma discussão conhecida como *narrative paradox* ou *interaction dilemma* que trata do conflito entre a liberdade de escolha do utilizador (interactividade) e o controlo do autor sobre a história (narrativa). Esta discussão teórica ocorre em qualquer área que requeira a integração da narrativa e da interação, mas está tradicionalmente ligada ao estudo dos jogos, à narratologia e à *Interactive Digital Narrative*. Liestøl aborda este paradoxo em relação ao storytelling com realidade aumentada, afirmando o seguinte: *"One wants to leave considerable control to the user, but at the same time, the author/director/designer loses command of the storyline and how it is read or acquired by the user"* (Liestøl, 2019, p. 203).

Na Visualização de Dados, a integração entre interatividade e narrativa é abordada por Segel e Heer (Segel & Heer, 2010) que propõem um continuum opondo a abordagem conduzida pelo autor à abordagem conduzida pelo leitor. A abordagem conduzida pelo autor segue um caminho linear, transmite uma mensagem forte e não inclui interatividade, enquanto a abordagem conduzida pelo leitor não pressupõe uma ordem sequencial pré-definida, não veicula uma mensagem e inclui bastante interatividade. O contraste entre a abordagem conduzida pelo leitor e a abordagem conduzida pelo autor configura o paradoxo narrativo no campo do design de informação. A maioria dos autores tende a posicionar-se mais próximo de uma das abordagens em detrimento da outra. Kosara & MacKinlay (2013) definem uma narrativa em visualização de dados como uma sequência ordenada de etapas ligadas através de um caminho claramente definido, em que cada etapa pode conter texto, imagens, visualizações, vídeo, ou a sua combinação. Os autores destacam a importância da ordem em que os eventos são narrados e a necessidade de a veicular de forma consistente para que a narrativa seja compreensível. Para Lee et al. (2015) a visualização narrativa inclui um conjunto de factos suportados por dados; pretende veicular uma mensagem; inclui anotações ou narração de forma a enfatizar a comunicação da mensagem e evitar ambiguidade e é apresentada segundo uma ordem específica que apoia o objetivo da comunicação (p. 85). Os autores excluem visualizações interativas que suportem uma exploração livre sem qualquer orientação por parte do autor. Pelo contrário, autores como Bach et al. (2018), Figueiras (2016), Ma et al. (2012) consideram visualização narrativa todo o espetro das abordagens conduzidas pelo leitor incluindo, por exemplo, a simulação e o jogo. Neste contexto, o termo "simulação"

é utilizado para designar a simulação de uma função em que o utilizador pode regular as variáveis e observar as diferenças nos resultados. Um exemplo de uma visualização baseada na simulação é o *COP21 Climate Change Calculator* (Financial Times, 2015) (Fig. 4.2). Esta visualização explica os compromissos e as estimativas de redução das emissões de gases com efeito de estufa em análise na Conferência do Clima de Paris de 2015 (COP21), enquanto permite aos utilizadores ajustarem eles próprios as emissões das grandes economias mundiais numa simulação que projeta o resultado em termos de aumento da temperatura média em 2100.

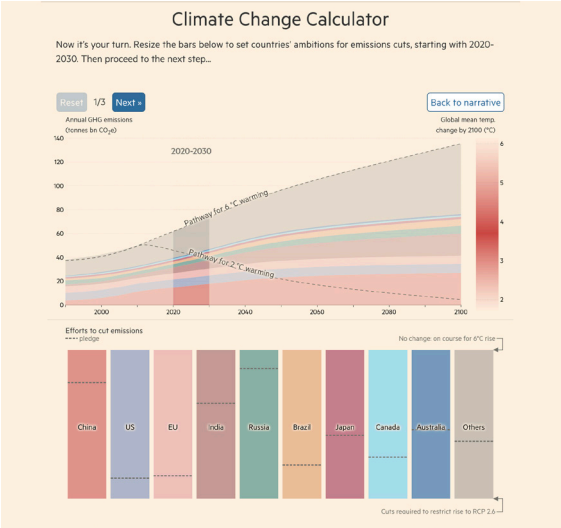


Fig. 4.2 – *Climate Change Calculator* (Financial Times, 2015). Gráfico interativo desenhado por John Burn-Murdoch e Pilita Clark. Disponível em: https://ig.ft.com/sites/climate-change-calculator/ (consultado em: 11-10-2024).

Na visualização narrativa, Thudt et al. (2018) abordam a narrativa e a interação na visualização narrativa utilizando os termos "exploração" e "explicação" e não consideram as duas instâncias como opostos de um continuum, mas sim como instâncias complementares (Fig. 4.3).

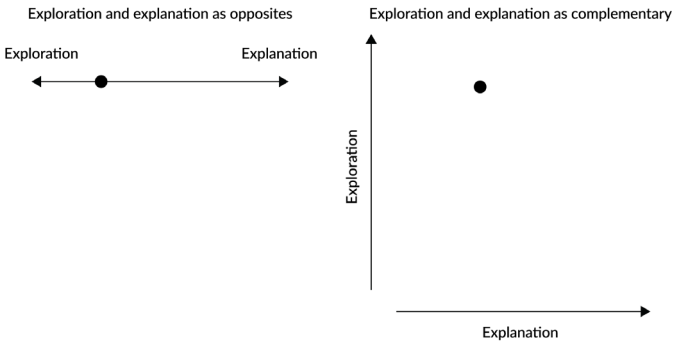


Fig. 4.3 – A exploração e a explicação como instâncias complementares, propostas por Thudt et al. (2018). Gráfico desenhado com base na proposta de Thudt et al. (2018).

Enquanto a exploração dá aos leitores o poder de descobrir a sua própria narrativa no conjunto de dados, a explicação comunica a narrativa do autor sobre os dados (p. 60). Thudt et al. identificam três dimensões numa visualização narrativa – vista, foco e sequência – ao longo das quais a exploração e a explicação podem ser analisadas, definindo-as da seguinte forma:

"The view: The ways in which data is shown to the reader, including the available encodings and any transformations made on the data (such as normalization or aggregation). The focus: The subject of the story, the particular set or subset of data shown, and the aspects of data that are shown. The sequence: The order in which the information in the story can be viewed."
(Thudt et al., 2018, pp. 68-69)[2].

A forma como a flexibilidade proporcionada ao leitor e a interpretação sugerida pelo autor são veiculadas nestas três dimensões determina o grau em que a visualização suporta a exploração e a explicação.

No âmbito da visualização narrativa com realidades mistas, Bastiras & Thomas (2017) abordam a utilização de sistemas de realidade virtual e descrevem o processo de design envolvido. Isenberg et al. (2018) exploram o conceito de imersividade em visualizações narrativas interativas, traçando paralelismos com a investigação na área dos jogos.

Como se referiu, o cruzamento entre visualização de dados, narrativa e RA é também estudado no jornalismo, mais especificamente nas áreas do *Immersive Journalism* e do *Spatial* J*ournalism*. No *Immersive Journalism*, Ikonen & Uskali traçam a evolução da utilização da RA no jornalismo entre 1998 – quando foi utilizada pela primeira vez por um canal desportivo – e 2021. A partir de 2016 as aplicações da realidade aumentada no jornalismo têm usado sobretudo modelos 3D, estúdios aumentados[3] e histórias *location-based*[4]. A partir de revisão de literatura e consulta de *websites* noticiosos, os autores identificam 11 tipos de *storytelling* com realidade aumentada no jornalismo, suportados por diferentes dispositivos e com diferentes relações com o ambiente físico. Os tipos de experiência que não dependem de uma localização específica são: *links* através de código QR em papel impresso; extensões em realidade aumentada sobre papel impresso incluindo imagens, vídeos e *links*; objetos virtuais no ambiente do utilizador; histórias com

2 A vista trata as formas como os dados são mostrados, incluindo codificações e transformações disponíveis para os dados; o foco trata o assunto da história, o conjunto ou subconjunto específico de dados exibidos; a sequência trata a ordem segundo a qual a informação pode ser mostrada.

3 Estúdios de televisão aumentados com conteúdo virtual. Um dos órgãos de informação mais ativos nesta utilização da RA aplicada às notícias tem sido o *Weather Channel*, que já retratou vários eventos meteorológicos – por exemplo a subida do nível da água provocada por uma tempestade – como se estivesse a acontecer no próprio estúdio durante a transmissão televisiva.

4 Estórias contadas através de RA, numa localização específica. Um exemplo desta aplicação da RA no jornalismo é a experiência *Pinyon Pine* (National Geographic, 2021) em que é possível ativar o conteúdo aumentado numa localização específica do Parque Nacional de Zion (EUA). *inyon Pine*: https://www.nationalgeographic.com/outside-academy/in-park-ar/zion/ (consultado em: 11-10-2024).

objetos virtuais sobrepostos no ambiente do utilizador e vídeo de notícias em realidade aumentada (Ikonen & Uskali, 2021). A mais-valia de conhecer o trabalho que está a ser produzido em jornalismo neste âmbito e de o trazer para a visualização é que, embora a visualização de dados possa por vezes empregar o termo "narrativa" de forma muito lata (B. Lee et al., 2015; Segel & Heer, 2010; Tong et al., 2018), incluindo nessa categoria casos que são sobretudo exploratórios, para o jornalismo a narrativa assume uma maior importância e esse termo é utilizado de forma mais restrita. Ao trazer o jornalismo para a visualização, esperamos abordar a narrativa de uma forma mais precisa.

4.1.3. Metodologia

Para dar resposta à questão de investigação: "Que qualidades específicas pode a realidade aumentada introduzir em cada uma das dimensões da visualização narrativa definidas por Thudt et al. (2018) – vista, foco e sequência?", adotou-se uma análise comparativa apoiada em Esser & Vliegenthart (2017) para descrever a forma como o foco, a sequência e a vista são integrados na visualização narrativa com realidade aumentada, a partir de um conjunto de estudos de caso. A recolha de casos de estudo observou o cumprimento de três critérios: (1) a representação de dados com realidade aumentada; (2) a inclusão da narrativa, foram excluídos exemplos que suportam uma exploração livre sem qualquer orientação por parte do autor; e (3) a inexistência de uma relação semântica entre os dados representados e o espaço físico onde a experiência ocorre. A escolha de casos provenientes do jornalismo teve como objetivo assegurar a centralidade da componente narrativa. Os casos de estudo foram recolhidos em fontes noticiosas citadas ou consideradas relevantes por referências sobre jornalismo imersivo (Ikonen & Uskali (2021); Aitamurto et al. (2022); Tejedor-Calvo et al. (2020); Pavlik & Bridges (2013)), particularmente o *New York Times*, o *USA Today* (que inclui o *Florida Today*) e o *Washington Post*. O *National Geographic* e o *Deutsche Welle*, de onde foram recolhidos 5 casos, apesar de não serem identificados pelas fontes acima citadas, são jornais amplamente divulgados, para os quais a narrativa também é um fator de grande importância, e que têm apostado em formas imersivas de comunicar. De um total de 50 casos recolhidos e analisados (ver tabela 2 em anexos), 44% são provenientes do *New York Times*; 40% são do *USA Today* (que inclui *Florida Today*); 8% foram retirados da *National Geographic*; 6% são do *Washington Post* e 2% do *Deutsche Welle*. Foram recolhidos casos que classificámos como objetos virtuais no ambiente do utilizador e histórias com objetos virtuais sobrepostos no ambiente do utilizador (Ikonen & Uskali, 2021) – já que cumprem os três critérios referidos anteriormente. Apesar dos objetos virtuais sobrepostos ao ambiente do utilizador não cumprirem, isoladamente, o critério da narrativa (2), na prática encontram-se sempre integrados num artigo ou peça jornalística, inscrevendo-se numa narrativa maior. O intervalo temporal dos casos em análise compreende 5 anos – de 2018 a 2022. Não foram incluídas as primeiras visualizações com realidade aumentada que remontam a 2016 e 2017 por já não estarem disponíveis online – o caso, por exemplo, da aplicação do *Washington Post* (2017) sobre a história da morte de Freddie Gray; o caso

de *Berlin Wall* e de *Cassini-Huygens*, pela *Quartz* (2017); ou a *Stock Market Experience* do *Wall Street Journal* (2017).

A análise comparativa seguiu cinco etapas (Esser & Vliegenthart, 2017):
1. Descrição contextual dos fatores que serão relevantes para explicar as similitudes e diferenças entre os casos a comparar (unidades de comparação), nomeadamente os conceitos que integram a vista, o foco e a sequência. 2. Reconhecimento de equivalentes funcionais, ie. objetos que cumprem a mesma função. 3. Estabelecimento de classificações e tipologias, no sentido de reduzir a complexidade do universo observado ao agrupar os casos em categorias distintas com características identificáveis e partilhadas.
4. A quarta etapa consiste na explicação ou descrição dos resultados à luz das descrições e classificações anteriores (Resultados). 5. A quinta etapa – "Previsões" – consiste na resposta à questão de investigação - que alterações é que a utilização da realidade aumentada pode introduzir em cada uma das dimensões da visualização narrativa definidas por Thudt et al. (Thudt et al., 2018) – vista, foco e sequência (Discussão). O quadro que se segue apresenta as unidades de comparação ou descrição contextual dos fatores que serão relevantes para explicar as similitudes e diferenças entre os casos a comparar. Ao analisar os casos de estudo de visualizações narrativas com realidade aumentada, é previsível não se encontrarem exatamente as mesmas estratégias com vista à flexibilidade e à interpretação relativamente às três dimensões em estudo. A coluna "Equivalentes funcionais" (tabela 4.1) apresenta o tipo de estratégia a procurar nos estudos de caso, por dimensão de análise.

Tabela 4.1 – Dimensões de uma visualização narrativa e estratégias para a flexibilidade e para a interpretação (Thudt et al., 2018). Equivalentes funcionais a procurar nos casos de estudo.

Dimensão	Aspetos abordados	Equivalentes funcionais	Estratégias para a flexibilidade (sem RA)	Estratégias para a interpretação (sem RA)
Vista	As formas como os dados são apresentados ao leitor, incluindo as codificações disponíveis e quaisquer transformações efetuadas nos dados.	Estratégias para a codificação visual de dados. Estratégias para a codificação visual orientada para o leitor.	Múltiplas vistas separadas (para destacar diferentes aspetos dos dados); Múltiplas vistas coordenadas; Transições animadas; Codificação visual orientada para o leitor.	Seleção da representação: codificação visual (cor, media, etc.); Seleção do modo como os dados são representados; Utilização de metáforas visuais.
Foco	O tema da narrativa, o conjunto ou subconjunto específico de dados apresentados e os aspetos dos dados que são apresentados.	Estratégias que permitem ao utilizador selecionar um conjunto específico dos dados apresentados.	Permitir que os leitores visualizem diferentes subconjuntos de dados ou decidam quais os atributos a mostrar. Técnicas de interação que permitem ao leitor mudar de foco: filtro, seleção, zoom/vista panorâmica, pesquisa.	Orientar a atenção do leitor especificamente para os aspetos que apoiam a história; realçar e criar anotações; suprimir ou omitir dados que não sejam diretamente relevantes para a interpretação.
Sequência	A ordem segundo a qual as informações da história podem ser visualizadas.	Tipos de estrutura narrativa. Estratégias que permitem ao utilizador escolher a ordem da narrativa.	Técnicas que permitem ao leitor determinar a ordem dos eventos. Os métodos para a flexibilidade que possibilitam ao leitor explorar livremente permitem-lhe saltar para diferentes visualizações em qualquer ordem.	Controlos de interface que suportam a interpretação: *Step-by-step* (*stepper*[1]); *scrolling* (*scrollytelling*[2]); *panning*[3] e *zoom*.

1 Os *steppers* são uma técnica de interação usada em narrativas digitais em que o utilizador clica de passo em passo para ver a história progredir. Um exemplo desta técnica é visível em *The Shape of Dreams* (Pudding, 2020) (https://the-shape-of-dreams.com/#/chapter4?section=read) (consultado em: 12-10-2024).

2 O *scrollytelling* é uma técnica de narrativa digital em que o conteúdo, tipicamente uma combinação de texto, imagens, gráficos ou vídeos, é apresentado de forma interativa à medida que o utilizador percorre a página (*scroll*). Um exemplo desta técnica é visível em *The Historical Cost of Light* (Pudding, 2020) (https://pudding.cool/2020/12/lighting-cost/) (consultado em: 12-10-2024).

3 O *panning* consiste numa técnica usada em visualização de dados e navegação de interfaces, onde o utilizador pode mover o conteúdo de forma horizontal ou vertical para explorar diferentes partes de uma visualização ou mapa.

Na tabela dedicada à análise dos casos de estudo (ver a folha *Study Case Analysis* da base de dados *AR Data Storytelling*) (Marques, 2022)[5], as colunas "número do caso de estudo"; "fonte"; "data" e "media" identificam os casos de estudo. As colunas "vista" e "tipo de simulação" classificam aspetos da Vista – em "vista" faz-se um levantamento das estratégias para a codificação visual e em "tipo de simulação" classifica-se o tipo de simulação presente nas estratégias identificadas. Na coluna "Foco" é feito um levantamento das técnicas de interação que permitem ao utilizador mudar o foco da visualização. A Sequência é analisada em quatro partes: (1) ordem narrativa – que classifica o caso como linear ou não linear, segundo o modo de leitura; (2) sequência narrativa que diz respeito ao seu tipo de estrutura; (3) intervenção do utilizador e (4) interação que possibilita a não linearidade. As estratégias recolhidas em cada categoria e descritas nos Resultados encontram-se sintetizadas na tabela 2.

4.1.4. Resultados

4.1.4.1. Vista

4.1.4.1.1. Estratégias Visuais

As estratégias de codificação visual encontradas nos casos de estudo são sempre implementadas através da simulação virtual e incluem: modelo 3D; animação 3D; animação de gráficos de apoio; fotografia; animação bidimensional; vídeo; mapa geográfico bidimensional; ilustração; filtro de RA (Fig. 4.4) – um filtro de imagem que altera propriedades da imagem real para representar dados; gráfico de barras; forma bidimensional; gráfico de linha; ilustração científica e mapa tridimensional. As estratégias visuais simuladas através da RA encontradas nos casos em estudo não são exclusivas da realidade aumentada, à exceção do filtro de RA. A maioria dos casos recorre ao modelo 3D combinado com a animação 3D (13 casos); seguido das visualizações que utilizam o modelo 3D individualmente (11 casos); e dos casos que recorrem ao modelo 3D combinado com fotografia (4 casos). A seguir estão os casos que juntam o modelo 3D, a animação 3D e a animação de gráficos de apoio – animação de setas, texto, entre outros elementos gráficos que não são o objeto principal da animação, mas que suportam a narrativa. As estratégias mais utilizadas são tridimensionais e as menos utilizadas são bidimensionais, é por exemplo o caso do mapa bidimensional (2 casos); do gráfico de barras (1 caso); ou do gráfico de linha (1 caso).

---

5 Base de dados *AR Data Storytelling*: https://zenodo.org/records/7331412 (consultado em: 11/10/2024).

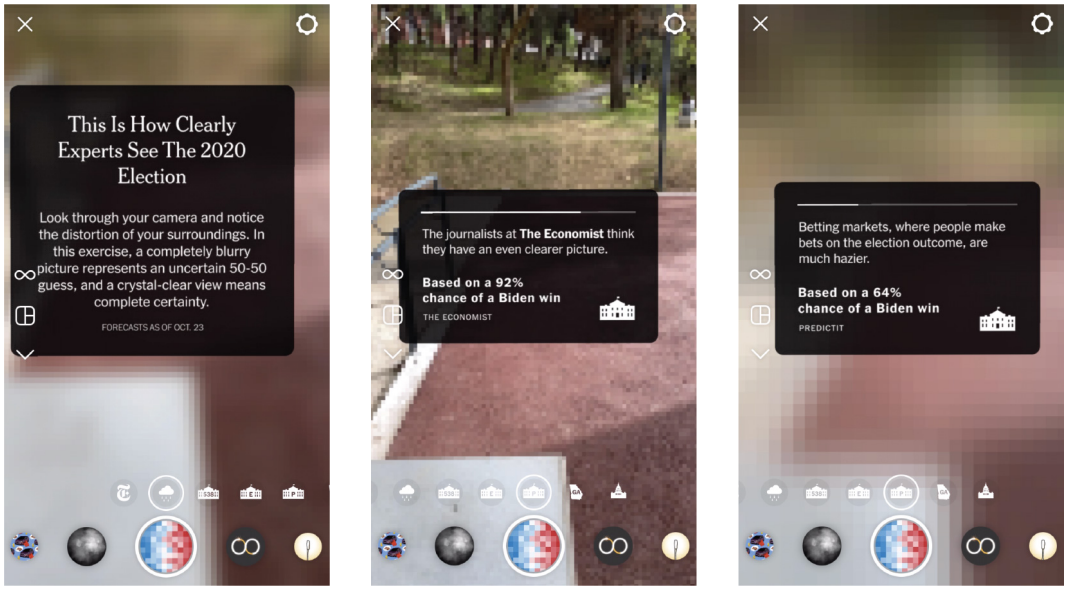


Fig. 4.4 – Sequência de capturas de ecrã de *Election Forecasts* (New York Times, 2020). Exemplo de um filtro de imagem que altera propriedades da imagem para comunicar dados, neste caso a percentagem de certeza relativamente às previsões das eleições norte-americanas de 2020.

4.1.4.1.2. Tipos de Simulação

Todos os casos analisados utilizam a simulação virtual sobre o espaço real como estratégia visual, mas as formas de simulação encontradas são muito variáveis, o que revelou a necessidade de criar categorias agregadoras, nomeadamente:
(1) Diorama ou Maquete; (2) Representação microscópica ou atómica; (3) Representação astronómica 3D; (4) Formas tradicionais de narrativa; (5) Pessoa real; (6) Atividade ou performance humana; (7) Artefacto real à escala 1:1; (8) Animal em escala real; (9) Fenómeno natural; (10) Representação de dados quantitativos e (11) Área bidimensional, tamanho ou configuração.

O **diorama ou maquete** consiste na utilização de uma maquete de um edifício ou objeto, ou na utilização de um diorama de uma determinada área geográfica, sendo a categoria mais observada (26% dos casos). Neste tipo de estratégia visual, a narrativa é relatada na relação espacial com os pontos assinalados no objeto virtual, ie. os eventos narrativos são assinalados no espaço do mapa, permitindo ao utilizador uma perspetiva vertical sobre o espaço apresentado e uma vista estratégica sobre os dados. O diorama

e a maquete virtuais utilizam uma forma de representação do mundo físico e fazem a sua remediação (Bolter & Grusin, 1999), ie. reinterpretam uma técnica de representação eminentemente física, a partir da lente da realidade aumentada.
Um exemplo representativo da maquete é *Step inside the crime scene at the heart of 'Accused'* (USA Today, 2022), e um exemplo da utilização do diorama é *Kent State shootings: A day of tragedy* (USA Today, 2020a)[6] (Fig. 4.5).

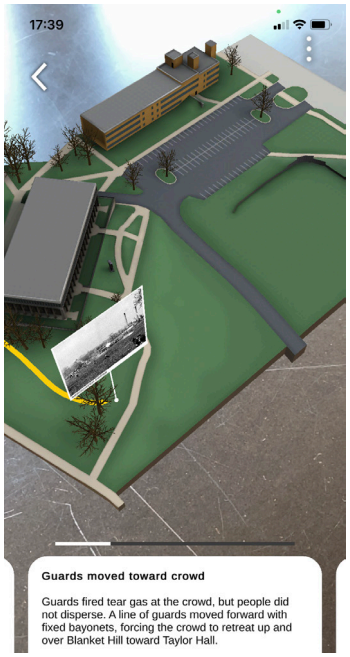


Fig. 4.5 – Captura de ecrã de *Kent State shootings: A day of tragedy* (USA Today, 2020).

A **representação microscópica ou atómica** visa tornar visíveis objetos que não são visíveis por serem muito pequenos ou por não terem uma fronteira exterior definida. Este tipo de representação pode ter um carácter didático ou educativo quando desempenha o papel de ilustração científica, organizando e explicando informação visual relativa a um determinado fenómeno. Este é o caso, por exemplo, de *Journey into the body to see COVID vaccine at work* (USA Today, 2021a)[7] (Fig. 4.6) em que é possível ver a estrutura microscópica do vírus da Covid-19. Por outro lado, esta estratégia também pode ter um carácter lúdico quando não tem um propósito estritamente informativo e pretende "jogar" com a escala e com o ponto de vista do utilizador – é o caso de *Monsters that live on you* (New York Times, 2018c). No primeiro caso, a simulação tem

6 *Kent State shootings: A day of tragedy*: https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/05/01/interactivestory-experienceid-kentstate/3047603001/ (consultado em: 11-10-2024).

7 *Journey into the body to see COVID vaccine at work*: https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2021/01/27/interactivestory-experienceid-mrna/6701446002/ (consultado em: 11-10-2024).

como propósito principal apresentar informação científica de uma forma distante do utilizador, colocando-o no papel de observador. No segundo caso explora-se a uma certa proximidade do utilizador em relação ao objeto representado, procura-se sobretudo a imersividade e o utilizador é colocado no centro da informação – é o caso de *See How the World's Most Polluted Air Compares With Your City's* (New York Times, 2019).

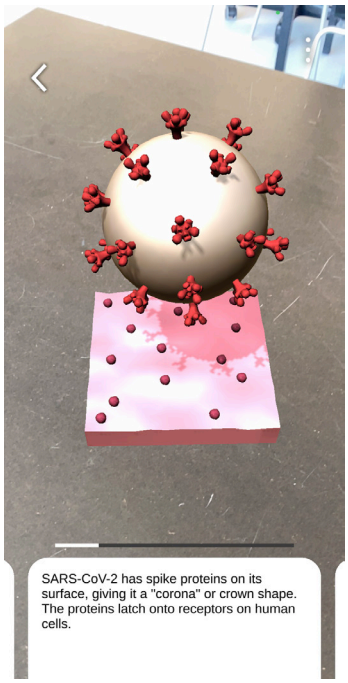


Fig. 4.6 – Captura de ecrã de *Journey into the body to see COVID vaccine at work* (USA Today, 2021a).

A **representação astronómica 3D** – ilustrada por *The World in 2070* (National Geographic, 2020a) (Fig. 4.7) – recorre à representação de um planeta ou conjunto de planetas, a partir de uma vista espacial. Na representação de um planeta, esta estratégia é comparável ao diorama no sentido em que se apropria de uma forma de mapeamento do mundo não-digital – o globo – reinterpretando-o com a camada da realidade aumentada. Este tipo de simulação favorece uma vista do todo e coloca o utilizador de fora do objeto, no papel de observador. A simulação de um objeto representacional do mundo físico continua a ser uma simulação no sentido em que simula a presença real desse objeto, porém essa simulação não procura ser ela própria o centro da atenção e sim o espaço para comunicar informação.

As **formas tradicionais de narrativa** são um revivalismo de formas narrativas provenientes de outros meios e o único caso encontrado é *Woman's suffrage: Famous speeches come to life* (USA Today, 2020b)[8] (Fig. 4.8) em que são utilizados teatros tradicionais de papel representando cenas importantes da vida política de três mulheres sufragistas. Esta tipologia de estratégia visual distingue-se do diorama, no sentido em que não tenta oferecer uma vista estratégica dos dados, mas sim dramática ou teatral, não tendo como objetivo mapear o espaço físico com base na realidade.

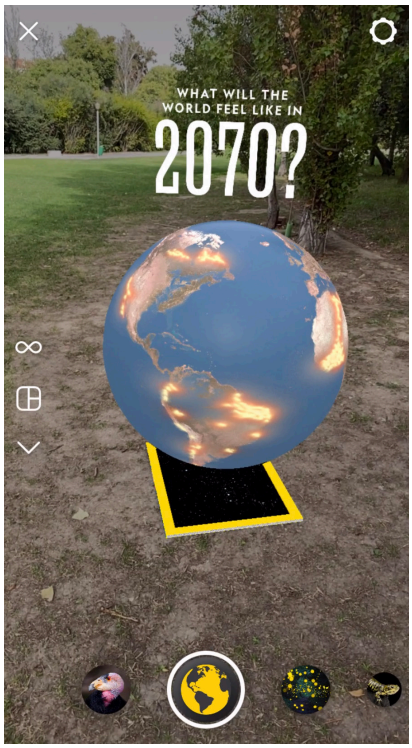


Fig. 4.7 – Captura de ecrã de *The World in 2070* (National Geographic, 2020a).



Fig. 4.8 – Captura de ecrã de *Woman's suffrage: Famous speeches come to life* (USA Today, 2020b).

8 *Woman's suffrage: Famous speeches come to life*: https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/07/16/interactivestory-experienceid-suffrage/3134483001/ (consultado em: 11-10-2024).

A **simulação de uma pessoa real à escala 1:1**, utilizada em *Augmented Reality: Four of the Best Olympians, as You've Never Seen Them* (New York Times, 2018a)[9] (Fig. 4.9), reproduz a presença física de uma determinada pessoa no espaço do utilizador e produz a sensação de proximidade física. Neste caso, não há um mapeamento da informação no mesmo sentido da maquete. A simulação não é o contexto onde ocorre a comunicação da informação, e sim a própria comunicação, há uma réplica virtual da realidade. Esta estratégia visual atua no sentido oposto de um mapeamento, já que em vez de recorrer ao exercício de síntese que procura comunicar o máximo de informação com o mínimo de recursos visuais, faz o oposto, procura recriar o próprio objeto em estudo detalhadamente.

A categoria **atividade ou performance humana** simula pessoas a desempenhar ações, nos casos analisados trata-se sobretudo de atletas a praticar atividades desportivas. Esta estratégia pode utilizar (1) modelos à escala real, réplicas de determinados atletas, ou (2) modelos genéricos do corpo humano. No primeiro caso (e.g. *Scale a 50-foot speed climbing wall in augmented reality* (Washington Post, 2021)[10] (Fig. 4.10)) há o objetivo de simular a assistência de uma performance ao vivo – criando-se proximidade com o atleta representado. No segundo caso, a visualização permite analisar em maior detalhe a performance de modo distanciado – é o caso de *Gymnastics in Tokyo* (New York Times, 2021) que possibilita a visualização da performance da ginasta em câmara lenta e de todos os ângulos possíveis. Nesta última abordagem a simulação aproxima-se da visualização científica que tem como objetivo a visualização de dados de base física (Masud et al., 2010).

O **Artefacto real à escala 1:1** agrega as visualizações que simulam artefactos de dimensões muito variáveis à escala real, evocando a sua presença física no espaço do utilizador e a proximidade física. Esta vista não recorre à síntese da realidade através do mapeamento como acontece no caso do diorama. O mapeamento aqui é uma simulação não da representação, mas da própria realidade. Trata-se de uma réplica virtual e, nesse sentido, expande ao máximo a potencialidade da perspetiva horizontal do espaço – a perspetiva que captura a perceção do corpo humano (Ryan, 2015a). Um exemplo representativo da réplica de um artefacto é *Take a Tour of Lady Liberty's Torch* (New York Times, 2018d)[11] (Fig. 4.11).

---

9 *Augmented Reality: Four of the Best Olympians, as You've Never Seen Them*: https://www.nytimes.com/interactive/2018/02/05/sports/olympics/ar-augmented-reality-olympic-athletes-ul.html (consultado em: 11-10-2024).

10 *Scale a 50-foot speed climbing wall in augmented reality*: https://www.washingtonpost.com/sports/olympics/interactive/2021/sport-climbing-brooke-raboutou-augmented-reality/ (consultado em: 11-10-2024).

11 *Take a Tour of Lady Liberty's Torch*: https://www.nytimes.com/interactive/2018/11/13/nyregion/statue-of-liberty-torch-ar-ul.html (consultado em: 11-10-2024).



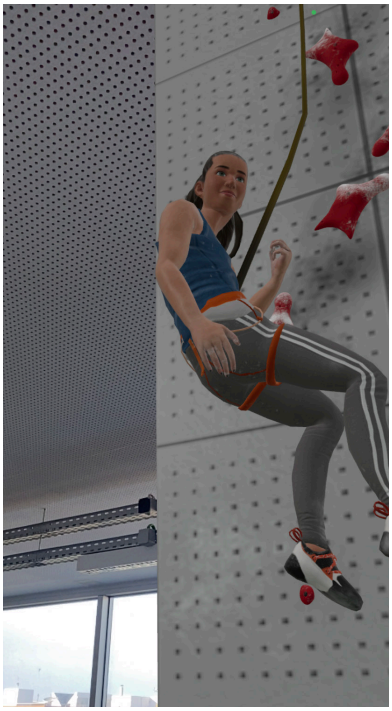


Fig. 4.9 –
Captura de ecrã de
Augmented Reality:
Four of the Best Olympians,
as You've Never Seen Them
(New York Times, 2018a).

Fig. 4.10 –
Captura de ecrã de
Scale a 50-foot speed
climbing wall in
augmented reality
(Washington Post, 2021).



Fig. 4.11 –
Captura de ecrã de
Take a Tour of Lady Liberty's Torch
(New York Times, 2018d).

O **Animal em escala real** aproxima-se da pessoa real e do artefacto real por evocar a presença física, a proximidade e colocar o utilizador no meio da informação apresentada. Por outro lado, a simulação do animal em escala real não retrata um individuo em particular e sim uma representação genérica de uma determinada espécie, como acontece em *Deinonychus* (National Geographic, 2020b) (Fig. 4.12).
Ao possibilitar ao utilizador estar perante uma réplica virtual de um animal potencialmente raro ou em extinção, uma das mais valias da RA é que permite fabricar uma experiência que seria improvável ou impossível ao vivo na natureza. Há um certo sentido de reminiscência nesta estratégia, visto que tenta recuperar ou reconstruir uma experiência a que não é provável assistir presencialmente.

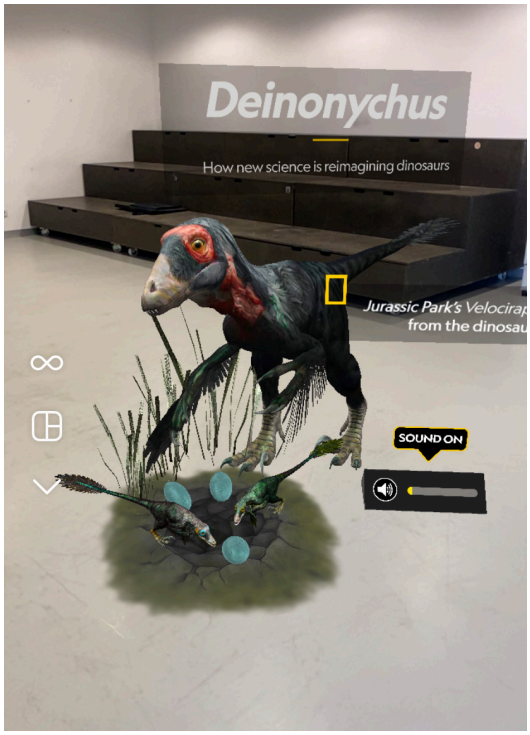


Fig. 4.12 – Captura de ecrã de *Deinonychus* (National Geographic, 2020b).

A recriação de um **fenómeno natural** no espaço do utilizador, exemplificada por *What will the megastorm's rain look like?* (New York Times, 2022b)[12] (Fig. 4.13), permite ao utilizador simular que assiste ao vivo a um fenómeno natural extremo no seu próprio ambiente. Por um lado, esta experiência pretende ser o mais imersiva possível, por outro lado, torna mais concreta informação relativamente abstrata. Por exemplo, saber que a

12 *What will the megastorm's rain look like?*: https://www.nytimes.com/interactive/2022/08/12/climate/california-rain-storm.html (acedido em: 11-10-2024).

mega tempestade da Califórnia poderá atingir a taxa máxima de pluviosidade de 1,9 in/ hr (1,9 polegadas de chuva por hora) e que as rajadas repentinas de precipitação severa poderão causar cheias mortíferas não é o mesmo que presenciar a tempestade que esse valor numérico traduz, ainda que virtualmente.

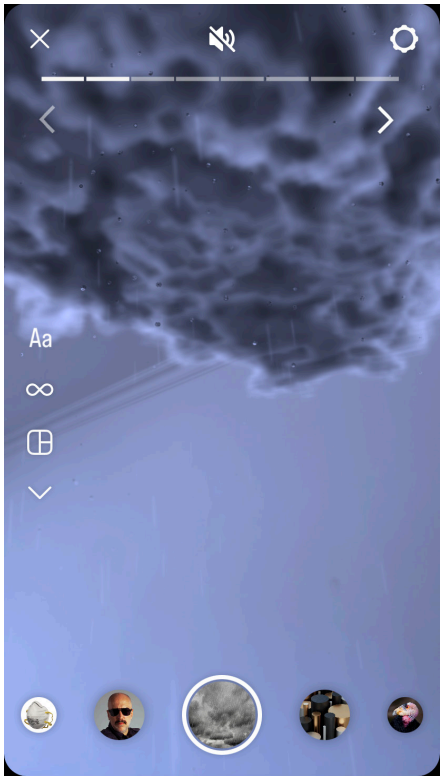


Fig. 4.13 – Captura de ecrã de *What will the megastorm's rain look like?* (New York Times, 2022b).

A **Representação de dados quantitativos**, utilizada sobretudo pelo New York Times e demonstrada em *Inflation Shrinking Ray* (New York Times, 2022a)[13] (Fig. 4.14), utiliza a simulação de objetos no espaço real para representar dados quantitativos, tornando conceitos numéricos abstratos em "objetos" concretos. Neste caso a visualização representa a percentagem de inflação do dólar através de objetos do dia a dia que são encolhidos conforme a inflação. As características abstratas dos dados são representadas com base nas configurações físicas dos objetos virtuais. Num sentido, esta estratégia de concretização (Bach et al., 2018) segue a mesma lógica do Isótipo de Otto Neurath, transportando-a para o espaço real e gerando outras leituras. Apesar da estratégia da

13 *Inflation Shrinking Ray*: https://www.nytimes.com/interactive/2022/04/20/business/inflation-shrink-ray.html?shared=1 (acedido em: 11-10-2024).

concretização ser identificável no meio impresso, por exemplo através da utilização de pictogramas, este tipo de simulação não reproduz estratégias representacionais não-digitais, em vez disso procura um discurso próprio, no sentido em que utiliza a perspetiva horizontal, própria da RA, para veicular informação estratégica. Levada para o espaço do utilizador, esta estratégica afasta-se da lógica do Isótipo, para se aproximar da ação de explicar / perceber conceitos matemáticos com recurso a objetos físicos, levando o utilizador a relacionar-se mais facilmente com os conceitos apresentados.

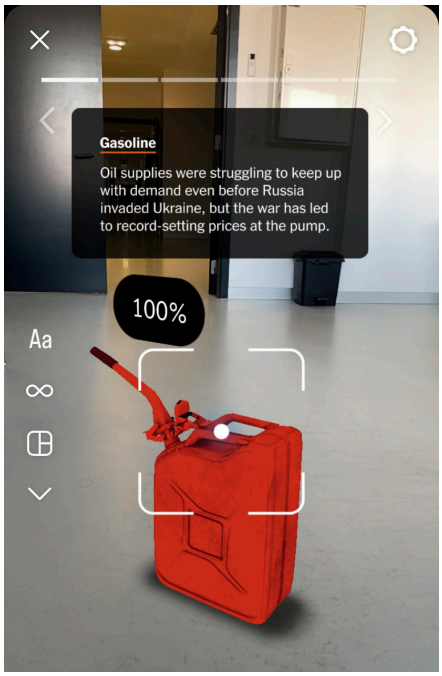


Fig. 4.14 – Captura de ecrã de *Inflation Shrinking Ray* (New York Times, 2022a).

A **Área bidimensional, tamanho ou configuração** simula a forma de uma determinada área bidimensional no espaço do utilizador.
Em *Step Inside the Thai Cave in Augmented Reality* (New York Times, 2018b)[14] (Fig. 4.15), por exemplo, a visualização simula as aberturas na gruta tailandesa por onde foi resgatado um grupo de pessoas. Este tipo de simulação aproxima-se da representação de dados quantitativos no sentido em que contribui para a concretização de um valor abstrato (neste caso a medida de uma passagem).

14 *Step Inside the Thai Cave in Augmented Reality*: https://www.nytimes.com/interactive/2018/07/21/world/asia/thai-cave-rescue-ar-ul.html?mtrref=www.google.com&gwh=20B4938FE47F02B62FDAF2C714F48BCF&gwt=pay&assetType=PAYWALL (acedido em: 11-10-2014).

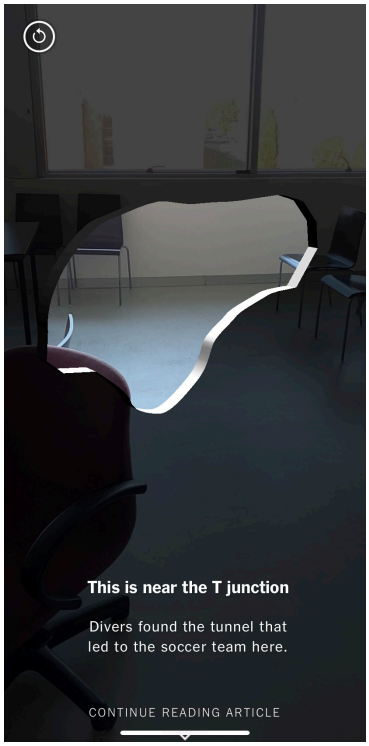


Fig. 4.15 – Captura de ecrã de *Step Inside the Thai Cave in Augmented Reality* (New York Times, 2018b).

4.1.4.2. Foco

Na categoria Foco, 51% dos casos analisados utiliza a técnica de interação seleção[15]; em 45% o utilizador não escolhe o conjunto dos dados apresentado; 2% utiliza filtro[16] e 2% utiliza a ferramenta de busca. A técnica da seleção está presente na maioria dos casos e pode incluir a descoberta de pontos de informação, conhecidos como *hotspots* (20 casos) ou a seleção de um capítulo ou evento narrativo (6 casos).
A seleção da informação através de filtros está presente em dois casos e a ferramenta de busca está presente em apenas um caso. Assim, os casos analisados caracterizam-se por não permitirem uma grande flexibilidade no que concerne ao foco, com o utilizador a ter pouco controlo sobre o conjunto de dados apresentado.

Além disso, em alguns casos analisados observou-se uma adaptação da técnica de interação *details-on-demand* ao meio da realidade aumentada – os *hotspots*. Os *hotspots* fazem parte de um tipo de técnica de interação referida na Visualização de Dados como *details-on-demand* e consistem em pontos de informação que se encontram agregados ou junto aos objetos virtuais – e que podem estar visíveis ou invisíveis – podendo

15 Seleção – *"mark or track items in which I am interested"* (Figueiras, 2016, p. 70).

16 Filtro – *"only show me the data in which I am interested"* (Figueiras, 2016, p. 70).

ser descobertos e acionados pelo utilizador através da sua seleção ou da sua posição relativamente ao modelo virtual. Por exemplo, em *Augmented Reality: Four of the Best Olympians, as You've Never Seen Them* (New York Times, 2018a), os *hotspots* são ativados de acordo com a proximidade do utilizador (Fig. 4.16) – o ponto mais próximo do utilizador é ativado, enquanto todos os restantes pontos são desativados. O facto de os pontos não se encontrarem ativados *a priori* obriga o utilizador a deslocar-se e a observar o modelo virtual de vários ângulos enquanto procura informação.



Fig. 4.16 – *Augmented Reality: Four of the Best Olympians, as You've Never Seen Them* (New York Times, 2018a). A lâmina do patim é também um hotspot que responde à proximidade do utilizador, mostrando informação sobre esse equipamento.

Esta forma de interação em que é necessário procurar pontos que se encontram distribuídos no espaço possibilita um modo de narrativa espacial já que os eventos narrativos se desenrolam conforme a posição e a deslocação do utilizador no espaço. O modelo virtual passa a determinar a narrativa e a ser o centro da informação. No caso de *EV Battery Breakdown* (New York Times, 2022c)[17] (Fig. 4.17) os *hotspots* são ativados através de uma mira fixa no ecrã do utilizador, quando a mira se sobrepõe a um local contendo informação, o texto é tornado visível. Em nenhum dos casos de estudo em que

17 *EV Battery Breakdown*: https://www.nytimes.com/interactive/2022/08/19/business/electric-vehicle-battery-made.html (consultado em: 11/10/2024).

há a descoberta de *hotspots* se verifica uma ordem de leitura pré-determinada – em vez disso, o utilizador vai descobrindo a informação à medida em que explora e que deambula pelo espaço.

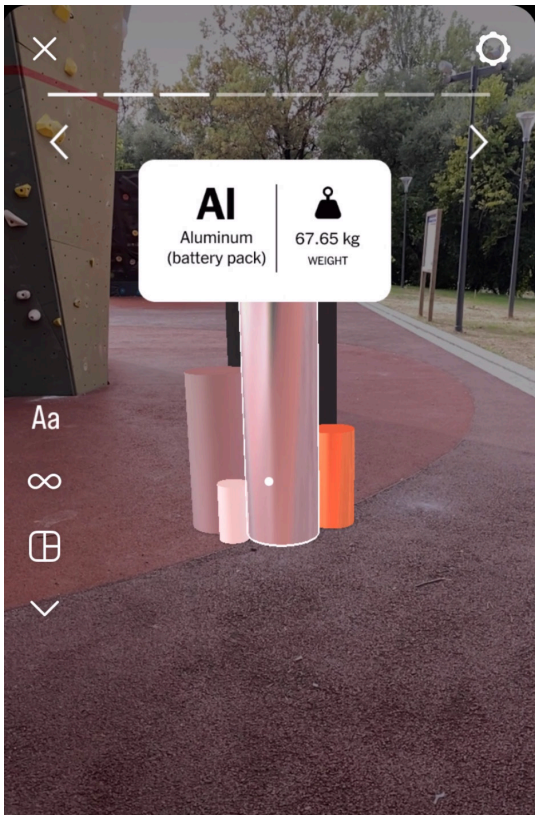


Fig. 4.17 –
EV Battery Breakdown
(New York Times, 2022c).
O ponto branco no centro da imagem é fixo no ecrã e a sua sobreposição aos elementos virtuais ativa a informação neles contida.

4.1.4.3. Sequência

4.1.4.3.1. Ordem Narrativa

A ordem narrativa refere-se à sequência em que os eventos são apresentados dentro de uma narrativa. Esta ordem pode ser classificada em linear e não linear.
Nesta análise, considera-se que a ordem é linear – quando é prescrita pelo autor; e não linear – quando não existe uma sugestão de caminho a seguir ou quando é suposto que o utilizador selecione uma entre várias opções de caminho. Dos casos analisados, 52% é não-linear e 48% é linear.

4.1.4.3.2. Sequência Narrativa

A estrutura narrativa é o arranjo dos caminhos que ligam os vários momentos ou episódios da história – eventos narrativos – que o utilizador pode percorrer durante a visualização, segundo uma ordem pré-determinada (ordem linear) ou livremente (ordem não linear). No sentido de mapear as estruturas narrativas presentes nos casos em estudo, desenhou-se a estrutura subjacente a cada caso através da sua subdivisão em eventos. Daí resultaram 5 tipos de estrutura (Fig. 4.18), que na maioria das vezes aparecem combinadas entre si: (1) estrutura linear; (2) variação da estrutura linear; (3) estrutura linear paralela no tempo; (4) fluxograma e (5) diagrama completo (*complete graph*).

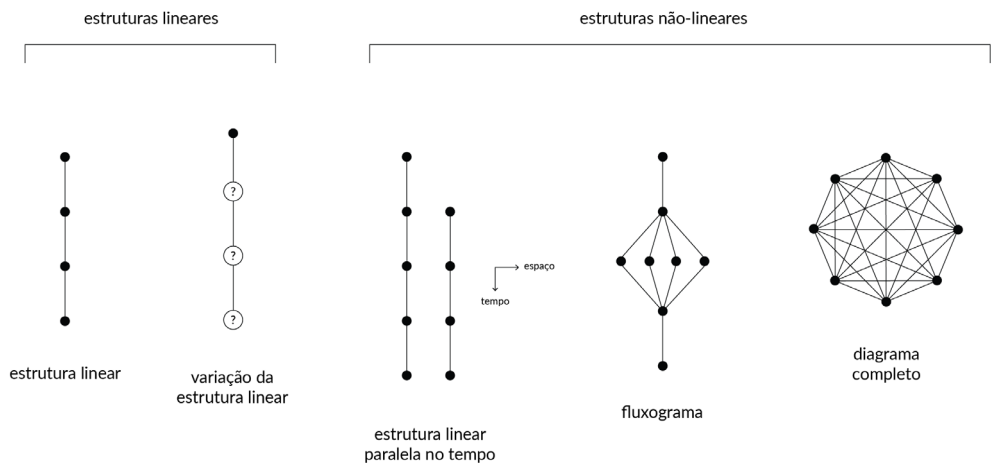


Fig. 4.18 – Tipos de estrutura narrativa encontrados nos casos de estudo.

A primeira estrutura consiste numa **sequência linear** de eventos em que o utilizador apenas progride na narrativa – o caso de *What will the megastorm's rain look like?* (New York Times, 2022b), mas em que a narrativa também pode progredir sozinha independentemente da ação do utilizador, como acontece no caso de um vídeo ou de uma animação – ilustrada por *Deinonychus* (National Geographic, 2020b).
A variação da estrutura linear está presente, por exemplo, em *Inflation Shrinking Ray* (New York Times, 2022a) que apesar de assentar numa sequência linear em que o utilizador só pode progredir na sequência, há momentos em que o utilizador pode escolher entre ver um determinado evento ou avançar ignorando-o.

A **estrutura linear paralela no tempo** caracteriza-se por apresentar duas sequências narrativas lineares simultâneas sobre o mesmo evento, mas em locais diferentes. A ação do utilizador consiste em avançar na narrativa e trocar entre os dois espaços disponíveis – os quais apresentam narrativas diferentes e perspetivas diferentes sobre o mesmo acontecimento. Esta estrutura foi observada em *Step inside the crime scene at the heart of 'Accused', Season 4'* (USA Today, 2022).

O **fluxograma** inicia com uma sequência linear, que num determinado evento se subdivide em vários caminhos possíveis, momento em que o utilizador é chamado a optar por um caminho. Independentemente da sua escolha, os vários caminhos voltam posteriormente a confluir para um único evento. Dessa forma, independentemente da escolha do utilizador, o final da narrativa é sempre o mesmo. O único exemplo do fluxograma encontrado nos casos analisados foi *See How the World's Most Polluted Air Compares With Your City's* (New York Times, 2019), em que o utilizador é chamado a escolher a sua cidade para a comparar com as cidades mais poluídas do mundo.

O **diagrama completo** foi originalmente proposto por Ryan (2015b) para classificar um tipo de estrutura narrativa, presente em narrativas interativas digitais, em que todos os eventos são acessíveis a partir de todos os eventos, não existindo uma ordem sequencial determinada para a sua leitura. Nos casos analisados, este tipo de estrutura está subjacente em eventos onde o utilizador é chamado a descobrir *hotspots* no objeto virtual e em que a descoberta desses pontos não obedece a qualquer ordem pré-estabelecida.
Uma visualização que utiliza esta estrutura combinada com a sequência linear é *Notre Dame: After the Fire* (USA Today, 2019b).

Foram identificadas cinco combinações diferentes entre estruturas (Fig. 4.19): (1) estrutura linear que conduz a diagrama completo – o caso de *The World in 2070* (National Geographic, 2020a); (2) estrutura linear interrompida por diagrama completo – presente em *Explore Mars Perseverance rover in augmented reality* (USA Today, 2021b); (3) estrutura linear intercalada por vários diagramas completos – *Sport Climbing with Kyra Condie* (USA Today, 2021c); (4) estrutura linear seguida de uma sucessão de diagramas completos – *Capitals' John Carlson discusses the All-Star game* (USA Today, 2019a) e (5) combinação de estruturas narrativas a que se chamou "ação-espaço".
O termo "ação-espaço" foi emprestado da classificação de estruturas narrativas de Ryan (2015b) e, neste estudo, identifica uma narrativa que é formada por um conjunto de várias narrativas independentes ou autocontidas, e que podem ser lineares – o caso de *Woman's suffrage: Famous speeches come to life* (USA Today, 2020b) – ou não-lineares – o caso de *Statues bring suffrage history to you in augmented reality* (USA Today, 2020c).

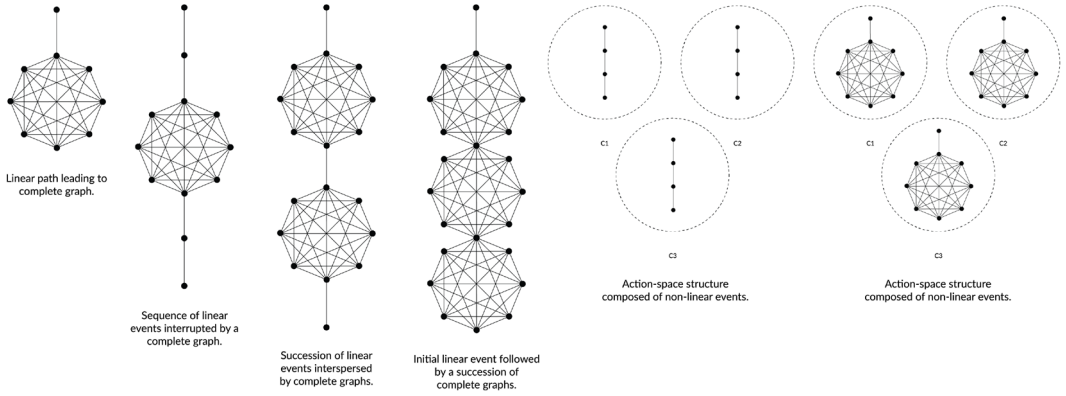


Fig. 4.19 – Tipos de combinação entre diferentes estruturas narrativas.

Excluindo a sequência linear que domina 48% dos casos analisados, o tipo de combinação encontrada mais frequentemente é a estrutura linear intercalada por vários diagramas completos (16%), seguida da sequência linear que conduz a diagrama completo (12%) e da estrutura Ação-Espaço (12%). Observa-se uma preferência por estruturas lineares, onde é mais fácil conduzir a interpretação do leitor e controlar a narrativa.

4.1.4.3.3. Intervenção do Utilizador

Através do levantamento das estruturas narrativas analisou-se e mapeou-se a intervenção do utilizador no decorrer da narrativa. Foram identificadas 5 formas de intervenção que não são mutuamente exclusivas, e que incluem as seguintes situações:

(A) O utilizador controla o ponto de vista, ie. controla a forma de ver –
Na visualização narrativa com recurso a realidade aumentada, no mínimo o utilizador tem o controlo total do enquadramento da vista. Esta forma de intervenção está sempre garantida em realidade aumentada, visto que o utilizador usa o dispositivo e controla o ponto de vista da experiência enquanto se move – de facto, a interatividade inerente é um dos critérios para uma experiência ser considerada realidade aumentada. Por um lado, esta forma de intervenção dá ao utilizador uma grande liberdade de leitura e é indutora de subjetividade na visualização: mesmo quando o conteúdo em si não é interativo, o utilizador faz o papel de realizador ao selecionar o seu próprio enquadramento do evento virtual. Por outro lado, se a visualização não dispuser de suficientes instruções de navegação, o utilizador pode perder informação relevante por não saber exatamente o que procurar no espaço. O controlo do ponto de vista pelo leitor está presente em todos os casos analisados, mas apenas *Deinonychus* (National Geographic, 2020b) utiliza unicamente essa forma de intervenção.

(B) O utilizador progride na narrativa e/ou ativa uma animação – Observada em 46 casos, a segunda forma de intervenção do utilizador consiste em avançar na narrativa através de *scroll*, *tap*, *swipe* ou seta.

(C) Embora o utilizador apenas progrida na narrativa e/ou ative uma animação, existe uma simulação de um maior controlo da narrativa – Por vezes, a ação de progredir na narrativa simula outras formas de ação, visando imitar um maior controlo narrativo por parte do utilizador. Este é o caso de *Inflation Shrinking Ray* (New York Times, 2022a); *Explore Mars Perseverance rover in augmented reality* (USA Today, 2021b); *321 LAUNCH - Falcon 9* (Florida Today, 2018). Em *321 LAUNCH*, por exemplo, para avançar a narrativa é pedido ao utilizador que execute várias tarefas (por exemplo: "*Drag to place assembly building*"; "*Drag the strongback*" e "*Swipe to fuel the rocket*"). O cumprimento das tarefas através das ações *drag* e *swipe* é a única forma de avançar na narrativa, desencadeando a continuação da animação. O *drag* serve para arrastar objetos para o ambiente real, enquanto o swipe serve para reproduzir a animação do objeto manuseado. Embora nunca haja mais do que um caminho narrativo, o utilizador é colocado no centro da ação através de uma estratégia de *role-playing*, como se ele próprio controlasse a missão. No final da narrativa, uma mensagem felicita o utilizador: *"Congratulations on a successful first stage landing at Cape Canaveral Air Force Station."*. Esta forma de narrativa torna os estágios de montagem do foguetão mais memorizáveis porque o próprio utilizador desempenhou-os virtualmente no seu próprio ambiente num jogo de faz-de-conta. Embora este caso não seja considerado jogo, utiliza estratégias de jogo – ao narrar a montagem do foguetão de uma forma imersiva e ao colocar o utilizador no centro da ação. Este tipo de estratégia, em momento nenhum coloca em causa o curso da narrativa, e mesmo assim consegue simular agência por parte do utilizador.

(D) Os materiais que compõem a narrativa são totalmente pré-determinados, mas a sua ordem de leitura é variável e escolhida pelo utilizador – A implementação desta forma de intervenção é feita principalmente através da descoberta de *hotspots* (*details-on-demand*) junto aos objetos virtuais – presente em 20 casos – ou através da seleção de capítulos – 6 casos.

(E) O utilizador escolhe um determinado caminho narrativo, mas o final é sempre o mesmo, independentemente da sua escolha – Esta forma de intervenção é típica da estrutura narrativa a que anteriormente se chamou "Fluxograma".

Não foi encontrado nenhum caso em que o utilizador pudesse decidir o final da narrativa e, de um modo geral, apesar de as visualizações serem bastante dinâmicas e chegarem a simular o controlo narrativo por parte do utilizador, são sobretudo controladas pelo autor, evidenciando uma forte componente explicativa. O apertado controlo narrativo equilibra a impossibilidade de o autor controlar o modo de ver em ambientes de realidade aumentada. A maior parte das estruturas narrativas analisadas enquadra-se na sequência linear (48%), seguida pela estrutura linear intercalada por diagramas completos (16%) e da sequência linear que conduz a diagrama completo (12%). Relativamente à intervenção do utilizador, a maioria dos casos em análise regista uma de duas situações: (1) combina o controlo do ponto de vista próprio da RA com a possibilidade de avançar na narrativa (AB) (44%); ou (2) combina o controlo do ponto de vista, a opção de avançar na narrativa e a decisão sobre a ordem de leitura (ABD) (40%).

A tabela seguinte resume as estratégias encontradas relativamente à vista, ao foco e à sequência no conjunto de casos analisado.

Tabela 4.2 – Resumo das estratégias encontradas relativamente à vista, ao foco e à sequência.

Dimensões	Estratégias		Contagem	Casos (nr.)
Vista	Diorama / maquete		15	11, 14, 18, 21, 26, 28, 42, 47, 49, 50, 51, 54, 56, 57, 62
	Representação microscópica ou atómica		6	10, 23, 34, 45, 47, 59
	Representação astronómica 3D		6	12, 25, 33, 41, 43, 50
	Formas tradicionais de narrativa		1	1
	Pessoa real à escala 1:1		4	7, 53, 56, 57
	Atividade ou performance humana		3	35, 65, 66
	Artefacto real à escala 1:1		13	15, 32, 33, 37, 43, 44, 46, 47, 52, 55, 57, 58, 67
	Animal em escala real		2	27, 39
	Fenómeno natural		2	16, 36
	Representação de dados quantitativos		5	13, 38, 40, 49, 69
	Área bidimensional, tamanho ou configuração		2	9, 22
Filtro	Seleção		26	7, 10, 12, 13, 18, 25, 26, 28, 33, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 62
	Filtro		1	23
	Ferramenta de busca		1	23
Sequência	Ordem narrativa	Linear	24	9, 11, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 27, 32, 34, 35, 36, 37, 41, 45, 47, 49, 55, 58, 65, 66, 67, 69
		Não-linear	26	7, 10, 12, 18, 23, 25, 26, 28, 33, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 62

Dimensões	Estratégias			Contagem	Casos (nr.)
Sequência	Sequência narrativa	Tipo de estrutura	Estrutura linear	20	9, 11, 14, 15, 16, 21, 27, 32, 34, 35, 36, 41, 45, 47, 49, 55, 65, 66, 67, 69
			Variação da estrutura linear	4	13, 22, 37, 58
			Estrutura linear paralela no tempo	1	28
			Fluxograma	1	23
			Diagrama completo	–	O diagrama completo só ocorre em combinação com outros tipos de estrutura.
		Estruturas narrativas combinadas	Estrutura linear que conduz a diagrama completo	6	12, 25, 26, 39, 46, 51
			Estrutura linear interrompida por diagrama completo	3	43, 54, 59
			Estrutura linear intercalada por vários diagramas completos	8	7, 33, 38, 42, 50, 56, 57, 62
			Estrutura linear seguida de uma sucessão de diagramas completos	1	53
			Ação-Espaço	6	10, 18, 40, 44, 48, 52
	Intervenção do utilizador	Tipo de intervenção do utilizador	(A) O utilizador controla o ponto de vista, ie. controla a forma de ver.	50	Todos os casos
			(B) O utilizador progride na narrativa e/ou ativa uma animação.	46	Todos os casos exceto 25, 27, 39, 51
			(C) Embora o utilizador apenas progrida na narrativa e/ou ative uma animação, existe uma simulação de um maior controlo da narrativa.	3	13, 43, 54
			(D) Os materiais que compõem a narrativa são totalmente pré-determinados, mas a sua ordem é variável e escolhida pelo utilizador.	25	7, 10, 12, 18, 25, 26, 28, 33, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 62
			(E) O utilizador escolhe um determinado caminho narrativo, mas o final é sempre o mesmo, independentemente da sua escolha.	1	23

Tabela 4.2 – Continuação

Dimensões	Estratégias			Contagem	Casos (nr.)
Sequência	Intervenção do utilizador	Intervenção de utilizador combinada	AB	22	9, 11, 14, 15, 16, 21, 22, 32, 34, 35, 36, 37, 41, 45, 47, 49, 55, 58, 65, 66, 67, 69
			ABD	20	7, 10, 12, 18, 26, 28, 33, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 53, 56, 57, 59, 62
			AD	3	25, 39, 51
			ABCD	2	43, 54
			ABE	1	23
			ABC	1	13

Tabela 4.2 – Continuação

4.1.5. Discussão

A análise comparativa mostrou que, embora o utilizador não tenha qualquer controlo sobre as estratégias de codificação visual utilizadas, tem total controlo sobre a forma de ver. Por outro lado, a simulação como estratégia visual apresenta várias novas possibilidades semânticas ao autor. As estratégias de codificação visual introduzidas pela realidade aumentada nos casos de estudo analisados incluem as seguintes possibilidades, que podem coexistir na mesma visualização:

A **reinterpretação ou remediação de objetos representacionais** do mundo físico não digital como o globo, o diorama, a maquete e os modelos (moleculares, atómicos, etc.), adicionando-lhes conteúdo virtual. Esta reinterpretação de formas de mapeamento do mundo físico recupera um modo de comunicar informação estratégica a partir de uma perspetiva vertical num espaço que se caracteriza por privilegiar uma perspetiva horizontal, e por isso imersiva.

A **reinterpretação ou remediação de formas narrativas** do mundo físico não digital, como o teatro de papel, que não pretende fazer um mapeamento realista, mas apenas contar uma história ancorando-a numa forma narrativa tradicional.

A **simulação da presença física de alguém ou alguma coisa** – pessoa, animal ou objeto – que não está presente, à escala real no espaço do utilizador, fomentando um sentido de proximidade física e imersividade. A réplica virtual constitui uma estratégia oposta ao mapeamento, no sentido em que não procura a síntese e sim o detalhe, num exercício que se assemelha à Carta do Império à escala 1:1 no conto "Do rigor na Ciência" (Borges, 1982), em que o mapa é tão detalhado que substitui o próprio Império. A réplica virtual dá origem a uma certa reminiscência, porque embora não se esteja perante o objeto original, a experiência simula esse objeto. Este carácter acentua-se com a réplica

de pessoas, animais ou artefactos com os quais não é possível contactar diretamente e em que a realidade aumentada recupera ou reproduz, através da simulação, a sua presença na realidade.

A **simulação visual e sonora dos efeitos de um determinado fenómeno** no ambiente do utilizador como forma de visualizar cenários hipotéticos. Neste caso, o ambiente real transforma-se no palco onde um determinado fenómeno tem lugar, permitindo ao utilizador assistir como se tratasse de um evento ao vivo.

A **concretização de dados quantitativos abstratos** pode ser materializada sob a forma de metáforas visuais, como acontece em *Inflation Shrinking Ray* (New York Times, 2022a) ou através da representação direta, como acontece em *Water Footprint* (Deutsche Welle, 2020) em que a quantidade de água (em garrafas de 1 litro) necessária para produzir um bife de vaca é simulada no ambiente do utilizador. Esta possibilidade traduz formas de representação de informação estratégica com base no espaço emocional.

As estratégias de codificação visual (Vista) introduzidas pela realidade aumentada na visualização narrativa podem ser distribuídas num continuum – num extremo estão os casos em que a simulação é o contexto da comunicação, e no outro extremo estão os casos em que a simulação é a própria comunicação. A simulação é o contexto da comunicação quando proporciona o espaço ou o contexto para o desenrolar da narrativa e não tem como objetivo principal simular realisticamente o objeto original, mas sim mapear dados. Neste caso, embora a visualização continue a ser imersiva, uma vez que essa é uma condição inerente ao meio, há um exercício de mapeamento e síntese, e um certo distanciamento do utilizador em relação ao conteúdo. No extremo oposto, em que a simulação é a própria comunicação há uma tentativa de recriar o objeto original e não de o sintetizar. Neste tipo de experiência procura-se uma réplica o mais detalhada possível, contrária à noção de mapa, visto que a experiência de estar perante a réplica virtual é central à própria comunicação. Neste caso, a proximidade percecionada pelo utilizador é um aspeto importante e a imersividade é potenciada através do posicionamento do utilizador no centro da informação.

De modo geral, as estratégias para o foco são bastante contidas e não permitem ao utilizador um grande controlo dos dados apresentados. O controlo do foco por parte do autor assegura a comunicação eficaz da narrativa, ao mesmo tempo que a descoberta de *hotspots* no espaço fomenta uma forma de exploração livre dos dados, ainda que essa exploração não tenha qualquer consequência para o desenrolar da narrativa.
Os *hotspots* são *details-on-demand* que não precisam de obedecer a uma ordem cronológica, e nesse sentido são uma estratégia para promover a exploração da informação no espaço híbrido sem comprometer a comunicação da narrativa. Da mesma forma, os filtros utilizados são poucos e contidos, no sentido em não permitem cruzar várias dimensões diferentes, limitando dessa forma os resultados possíveis.

As estratégias relativas à sequência procuram sobretudo assegurar a linearidade e mesmo quando utiliza estruturas não lineares como o diagrama completo ou a ação-espaço, o propósito narrativo e comunicacional é assegurado através da sua combinação com sequências lineares. A utilização de estratégias com o intuito de imitar um maior controlo narrativo em situações em que o utilizador apenas pode avançar

ao longo dos eventos, camufla ou dilui a falta de controlo por parte do utilizador na sequência narrativa. Este tipo de estratégia não origina mais possibilidades narrativas e não dota o utilizador de maior controlo sobre a sequência, no entanto acrescenta dinamismo e envolvimento sem colocar em causa o controlo autoral da narrativa.

4.1.6. Conclusões

Na forma mais frequente de combinação entre Foco e Sequência (12 casos), o utilizador não escolhe o conjunto de dados apresentados e a visualização assenta numa sequência linear em que a intervenção do utilizador consiste no controlo total do ponto de vista e em avançar na sequência narrativa [AB]. Esta caracterização dos casos analisados atesta sobretudo a importância e a salvaguarda do carácter explicativo ou narrativo das visualizações analisadas. O controlo total do modo de ver pelo utilizador, que funciona como um indutor de subjetividade, é equilibrado com a contenção na utilização de filtros dos dados, e também com a preferência por sequências narrativas lineares. Apesar do forte carácter explicativo, que em alguns momentos limita a agência ao utilizador, há uma forte componente interativa e considera-se que a RA pode expandir as possibilidades narrativas nas três dimensões analisadas – vista, foco e sequência.

A utilização da RA na visualização narrativa acrescenta possibilidades sobretudo ao domínio da Vista, onde a simulação como estratégia ocupa um papel central e permite duas vias principais: a representação de um determinado fenómeno através do seu mapeamento em que a simulação gera um contexto para a comunicação; – ou a simulação do próprio fenómeno como comunicação. Enquanto forma de mapeamento, a simulação permite remediar e enriquecer as formas de representação pré-digitais, mas também dá origem a novas metáforas visuais baseadas nas características inerentes da realidade aumentada. É o caso da representação de dados quantitativos, capaz de aproveitar a perspetiva horizontal própria do espaço emocional para comunicar informação de natureza estratégica. A simulação como réplica introduz a possibilidade de estar perante *dopplegängers*[18] cada vez mais fidedignas do "objeto" original, anulando artificialmente as barreiras do espaço e do tempo e proporcionando experiências que simulam cada vez melhor o contacto direto e a proximidade física. Ainda na categoria da Vista, destacou-se o aparecimento de um género de codificação visual exclusivo deste meio que é o filtro de imagem em realidade aumentada, presente em *Election Forecasts* (New York Times, 2020).

Em termos mais gerais, a realidade aumentada traz fisicalidade à narrativa sem as limitações de um objeto físico real. Através da realidade aumentada, é possível simular os atores da narrativa no espaço real (por exemplo, o caso da simulação de pessoas reais) ou simular os objetos onde a narrativa é mapeada (o caso dos dioramas).

---

18 Sósia, substituto.
Dicionário infopédia Alemão – Português [online]. Porto: Porto Editora. (consultado em: 2024-10-12). Disponível em: https://www.infopedia.pt/dicionarios/alemao-portugues/Doppelgänger

Esta simulação, que obviamente não equivale a estar perante os agentes da narrativa, permite-nos recriar digitalmente objetos físicos e distribuí-los sem os constrangimentos inerentes à sua construção e distribuição física, mas também aos constrangimentos da sua própria condição material. Os condicionalismos de construção e distribuição física envolvem, por exemplo, a utilização de recursos materiais e financeiros na execução e distribuição de um objeto real. Os condicionalismos relativos às condições materiais incluem, por exemplo, a incapacidade de um objeto físico inanimado flutuar, teletransportar-se ou mudar de forma.

Algumas das limitações técnicas encontradas foram a indisponibilidade online de algumas visualizações sobretudo anteriores ao ano 2018, mas também a indisponibilidade das aplicações mobile de alguns jornais em análise em Portugal – por exemplo, o caso da *Time Immersive* ou da *ARc Stories App* (aplicação do *Washington Post*). A maioria das aplicações mobile acedidas apresenta um funcionamento insuficiente em *Android*, obrigando à utilização de um sistema iOS para aceder aos conteúdos de RA.

4.2. A visualização de dados no espaço híbrido e a narrativa (Ensaio IV)[19]

4.2.1. Introdução

O seguinte estudo enquadra-se na área da *Immersive Analytics*, mais especificamente na *Immersive Unit Visualization* – uma forma de visualização de dados surgida recentemente em que há uma representação individual de cada registo de uma base de dados – *Unit Visualization* – num ambiente imersivo. A importância de relacionar a área da *Immersive Unit Visualization* com a realidade aumentada prende-se com duas questões principais.

A primeira deduz-se do facto de esta área ser normalmente explorada a partir da realidade virtual com o objetivo de obter o máximo de imersividade, existindo por isso uma grande escassez teórica em torno de realidades mistas, incluindo a RA.
Apesar de a RA não ser tão imersiva como a RV, apresenta outras oportunidades para a IUV, nomeadamente a hipótese de simular a presença do conteúdo virtual no ambiente real. Do ponto de vista do design, será necessário explorar as possibilidades semânticas introduzidas por essa hipótese.

A segunda prende-se com o facto de a IUV representar uma nova abordagem à representação de dados que não assenta num paradigma tradicional, mas que em vez disso retira partido do potencial da imersividade e da dimensão espacial, qualidades centrais da realidade aumentada enquanto meio. A exploração das qualidades próprias da RA do ponto de vista da visualização de dados é uma questão fundamental do design de informação, principalmente ao nível da sua dimensão comunicacional.

---

19 Esta secção tem como base a publicação:
Marques, A. B., Branco, V., Costa, R., & Costa, N. (2023). Immersive Unit Visualization with Augmented Reality. *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(10), 98. https://doi.org/10.3390/mti7100098.

Uma das ações centrais neste âmbito passa por encontrar metáforas visuais que retirem o máximo partido das qualidades do meio na procura por uma linguagem própria.

Face à ausência de estudos sobre IUV com realidade aumentada, especificamente de estudos comparando diferentes tipologias de dispositivos de RA, esta investigação visou principalmente identificar os aspetos que diferenciam a visualização com um dispositivo portátil (HHD) e um dispositivo HMD, do ponto de vista do utilizador. Compreender como diferentes dispositivos de RA impactam a interação e a compreensão da informação pode potenciar o desenvolvimento de abordagens de design de informação inovadoras, já que a linguagem visual neste tipo de visualização não está ainda estabilizada, mas em permanente evolução.

Esta investigação surgiu no seguimento de outro estrudo (Marques et al., 2022) sobre as potencialidades e limitações do espaço híbrido para a visualização de dados (ver Parte 3 – Ensaio III – "A Visualização de Dados no Espaço Híbrido"), em que se desenvolveu, implementou e testou o protótipo de uma aplicação de realidade aumentada para dispositivos móveis – *Floating Companies* (FLOC) – uma *Immersive Unit Visualization* com RA representando dados sobre as empresas de design em Portugal.

As conclusões desse estudo enquadram o espaço híbrido no conceito de espaço emocional tal como definido por Marie-Laure Ryan (Ryan, 2015a), um espaço que favorece uma perspetiva horizontal, imersiva, que posiciona o utilizador no mesmo espaço do conteúdo virtual. De forma genérica, entre as potencialidades de representar dados no espaço híbrido destacam-se (1) a imersividade que promove o envolvimento e encoraja a exploração livre; e (2) a possibilidade inédita introduzida pela RA de tornar concretas abstrações numéricas através da sua simulação e integração no ambiente real. A esta particularidade da RA na representação de dados chamaremos "concretização" (concretize) – termo emprestado de Bach (Bach et al. (2018, p. 7); Bartram et al. (2016)). Bach et al. (2018) apontam a concretização como uma estratégia da visualização narrativa, em que se ilustram conceitos abstratos com recurso a objetos concretos, implicando normalmente que cada unidade[20] seja representada individualmente por um objeto visual. Face à dificuldade em promover uma perspetiva vertical sobre os dados, identificaram-se como orientações para o Design, quer a necessidade de complementar o espaço emocional com informação estratégica, quer a necessidade de melhorar a credibilidade do espaço híbrido. Como hipótese de trabalho, previa-se que a utilização de um HMD conferisse à experiência uma maior naturalidade de interação e imersividade, mas também uma melhor integração entre os ambientes real e virtual, resultando num espaço híbrido mais credível.

A aplicação FLOC II representou um novo ciclo de desenvolvimento e de testes de utilização ao protótipo *Floating Companies* com o objetivo de integrar na aplicação as modificações e as adaptações reconhecidas como importantes na fase anterior (Marques et al., 2022) ao nível da estabilização do conteúdo virtual; da incorporação da narrativa; da introdução de pistas pictóricas (*pictural cues*) e através da sua extensão funcional a um HMD – o *Oculus Quest 2*. Pretendia-se averiguar, através de novos testes, a hipótese sobre a utilização de um HMD poder trazer uma maior credibilidade ao espaço híbrido, e

20 O termo "unidade" aplicado neste contexto provém de uma área conhecida como *Unit Visualization* que abordaremos à frente, e designa um *data item* (Park et al., 2018) ou registo.

ao mesmo tempo, extrair novas orientações para o design de visualizações de dados com realidade aumentada.

Algumas das principais conclusões deste estudo apontam para uma otimização da visualização com a utilização de HMD face à utilização de HHD em vários aspetos, dos quais se destacam a estabilização do conteúdo virtual no espaço, o campo de visão mais abrangente e a maior imersividade, co-responsáveis por uma melhor perceção espacial e por um espaço híbrido mais credível, com impacto na leitura da informação e na criação de sentido a partir dos dados. Independentemente do dispositivo utilizado, a concretização voltou a sobressair como possibilidade semântica e de comunicação na *Immersive Unit Visualization* com RA.

Com este estudo esperava-se, portanto, encontrar oportunidades e linhas orientadoras para a investigação, mas sobretudo para a prática em design de informação poder continuar a avançar, numa adequação contínua do conteúdo ao meio.

4.2.1.1. *Floating Companies II*

Em *Floating Companies II* (FLOC II) foram implementadas algumas alterações consideradas relevantes na fase anterior, nomeadamente:

1) Estabilização do registo:

Na aplicação para tablet, procurou-se uma maior estabilização do registo do conteúdo virtual através da opção *Extended Tracking*[21], mas também através da substituição do *area target* pela deteção de plano – uma possibilidade suportada pelo SDK *Vuforia*. Com a deteção de plano, ao digitalizar o ambiente real, a aplicação reconhece os planos horizontais e o utilizador é chamado a tocar num dos planos reconhecidos, colocando aí o conteúdo virtual.

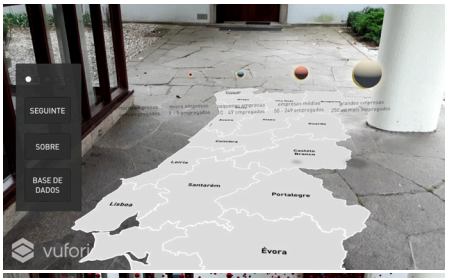
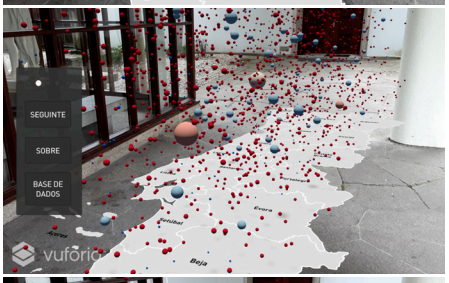
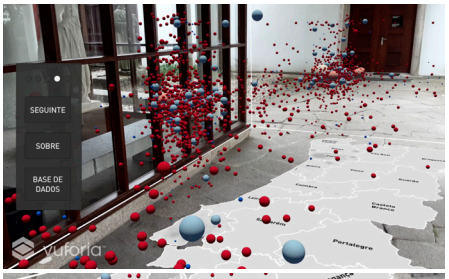
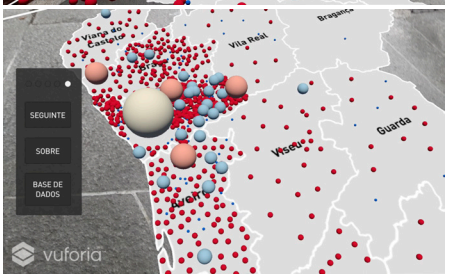
2) Incorporação da sequência narrativa (tabela 4.3):

A cena principal em que as esferas se encontram distribuídas pelo mapa nos distritos correspondentes e cuja altura é determinada pelo lucro/empregado foi estendida ao longo de cinco vistas numa sequência narrativa, narrada por áudio.

---

21 *Extended tracking* é uma funcionalidade de rastreamento da *Vuforia* que permite que o conteúdo virtual continue a ser exibido e corretamente posicionado no espaço físico, mesmo quando o alvo (como uma imagem ou objeto) sai do campo de visão da câmara. Este recurso é particularmente útil para garantir uma experiência de RA contínua, sem interrupções.

Tabela 4.3 – Descrição das cinco vistas que compõem a sequência narrativa do protótipo FLOC II. As imagens das vistas são capturas de ecrã da aplicação, utilizando um tablet *android*, no âmbito da exposição do DesignOBS na Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto entre 27-05-2022 e 3-06-2022.

Vista	Captura de ecrã	Descrição
1		A vista exibe o mapa de Portugal e uma legenda das esferas relativa ao seu tamanho e cor, enquadrando a experiência através de áudio.
2		As esferas que representam as empresas são colocadas aleatoriamente por todo o território nacional, e com alturas aleatórias (Fig. 4.21a).
3		As esferas posicionam-se acima dos distritos correspondentes e com alturas determinadas pelo lucro/empregado. O eixo vertical que determina as alturas tem uma escala linear (Fig. 4.21b).
4		A escala aritmética do eixo vertical dá lugar a uma escala logarítmica que expande no intervalo de valores com mais empresas (Fig. 4.21c). Desta forma, as esferas com valores de lucro mais frequentes passam a ocupar mais espaço na visualização, ficando mais próximas (em altura) do espaço em que o utilizador se move.
5		As esferas são todas colocadas ao nível do solo, para que o utilizador tenha uma perspetiva vertical sobre o ecossistema, ainda que dentro do espaço híbrido (Fig. 4.21d).

A navegação entre as vistas é feita através do botão "seguinte" que apenas permite avançar nas cenas, e apoiada por uma anotação não interativa – um pequeno gráfico presente no topo do menu (Fig. 4.20) – que representa a sequência de vistas e marca a vista atual.



Fig. 4.20 – Menu de navegação da aplicação FLOC II.

A interação com as esferas acontece apenas na quarta vista, sendo semelhante à interação com a versão anterior da FLOC – ao clicar na esfera o utilizador fica a conhecer o nome da empresa, o distrito e o lucro/empregado. A narrativa acontece ao longo de uma sequência de vistas – não existe uma animação das esferas, mas sim uma sequência de diferentes disposições. Todas as vistas são acompanhadas por uma narração áudio que explica o conteúdo visual.

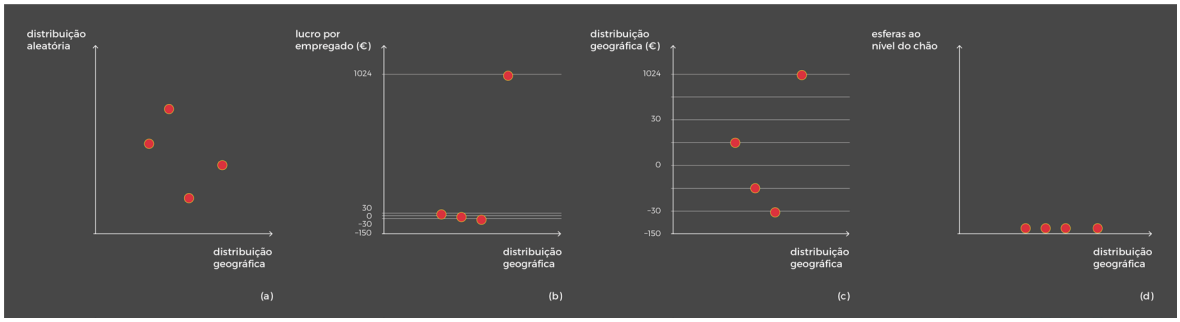


Fig. 4.21 – Deformação do eixo vertical ao longo das vistas 2, 3, 4 e 5. **Fig. 4.21a** – Na segunda vista (a) as esferas são distribuídas aleatoriamente no espaço. **Fig. 4.21b** – Na terceira vista (b) as esferas são dispostas verticalmente de acordo com a média de lucro/empregado (€) numa escala linear. **Fig. 4.21c** – Na terceira vista (c) a escala aritmética do eixo vertical dá lugar a uma escala logarítmica que expande no intervalo de valores com mais empresas, influenciando a disposição das esferas como ilustra a figura.
Fig. 4.21d – Na última vista (d), todas as esferas são dispostas ao nível do chão.

3) Foram introduzidas pistas pictóricas no espaço híbrido, nomeadamente sombras projetadas pelas esferas que flutuam sobre o chão e sobre o mapa.

4) Adaptou-se a aplicação FLOC a um dispositivo *head mounted display* (HMD) – o *Oculus Quest 2* (Fig. 4.22). A adaptação da experiência de realidade aumentada para *Oculus* faz-se através da opção *Passthrough* (*Unity* com integração de *Oculus*) – uma opção que só recentemente deixou a fase experimental – e que permite ver o ambiente real em que o utilizador se situa, possibilitando a criação de experiências em realidades mistas.



Fig. 4.22 – *Oculus Quest 2* (2020), da *Meta*.

Uma das particularidades da opção *Passthrough* é a visualização do ambiente real a preto e branco que faz com que este tenha uma aparência virtual e o conteúdo virtual pareça ter existência real. A interação é feita através de comandos – o comando direito atua através de um *laser pointer*, enquanto o comando esquerdo tem alocado a si o menu principal (Fig. 4.23).

Na versão para HMD não há necessidade de associar o conteúdo virtual a um *target* ou plano, já que esse conteúdo aparece automaticamente no ambiente real do utilizador tendo como referência o plano do chão, digitalizado durante a inicialização do *Oculus*. O posicionamento automático do conteúdo virtual no ambiente real pode levar a casos em que o objeto virtual atravessa objetos do ambiente físico, gerando uma má integração entre os ambientes real e virtual.

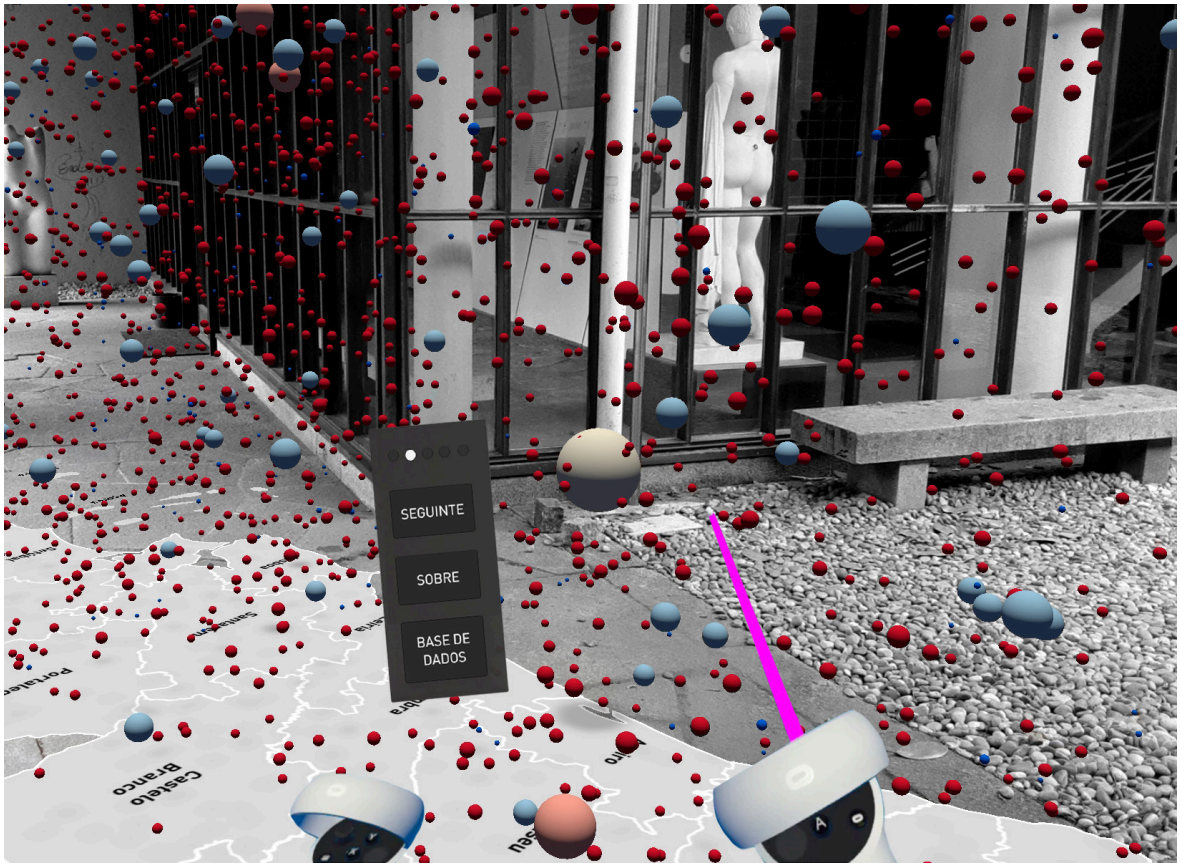


Fig. 4.23 – Montagem fotográfica reproduzindo o fundo a preto e branco (modo *passthrough*), visível ao utilizar a aplicação FLOC II com *Oculus Quest 2*.

4.2.1.2. A Visualização Unitária

Park et al. (2018) definem a *Unit Visualization* como uma família de visualizações em que cada item de dados é representado por uma marca visual única – uma unidade visual, por contraste às visualizações agregadas que procuram juntar vários valores numa única codificação visual. Esta definição traduz-se em várias técnicas de visualização conhecidas, como os pictogramas, os gráficos de dispersão e os gráficos de pontos (Major & Basole, 2019), e também em alguns exemplos menos tradicionais como é o caso da visualização interativa *The terrible numbers that grow with each mass shooting* (Washington Post, 2018).

Major e Basole (2019) sistematizam o universo da visualização unitária, classificando-a em três subtipos: a *Direct Unit Visualization* ou visualização unitária direta; a *Packed Unit Visualization* ou visualização unitária compacta; e a *Network Unit Visualization* ou visualização unitária em rede. A visualização unitária direta posiciona cada unidade de acordo com os atributos dos valores dos dados – o *scatterplot* ou gráfico

de dispersão (Fig. 4.24) é um exemplo clássico deste tipo de visualização. A visualização unitária compacta dilui a distinção entre visualização unitária e agregada ao agrupar as unidades em caixas que facilitam a leitura da distribuição de dados – o gráfico de pixeis e o diagrama de pontos (Fig. 4.25) são exemplos desta abordagem. A terceira forma de visualização pressupõe que as unidades sejam dispostas numa estrutura em rede de acordo com as ligações estabelecidas com outros nós, facilitando a leitura de correlações, como acontece no caso do diagrama em rede.

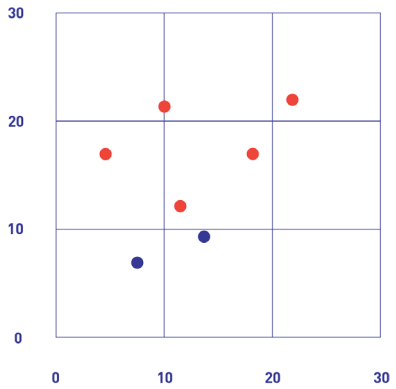


Fig. 4.24 – *Scatterplot* ou gráfico de dispersão.

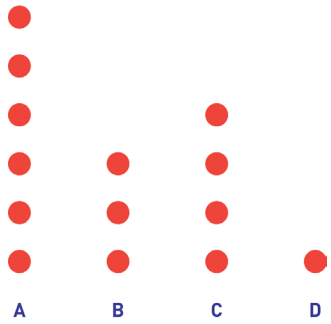


Fig. 4.25 – *Dot plot* ou diagrama de pontos.

A *Immersive Unit Visualization* (IUA) é uma forma de visualização que emergiu recentemente no contexto *Immersive Analytics* (IMA) (B. Lee et al., 2019) e em que cada ponto de dados é representado por uma marca gráfica individual num ambiente virtual imersivo (Ivanov et al., 2018, p. 2). De acordo com estes autores, que pela primeira vez propuseram o termo IUA, a visualização unitária num ambiente imersivo oferece várias oportunidades únicas, nomeadamente pelo aumento do sentido de presença que promove as experiências exploratórias. Para Ivanov et al. (2018), a realidade virtual pode não só aumentar consideravelmente a sensação de presença do utilizador (sensação de estar num ambiente), mas também a perceção da sua incorporação (*embodiment*) numa cena.

Embora a utilização de objetos físicos e marcas visuais para representar, contar e raciocinar sobre referentes no mundo tenha uma história rica que antecede a visualização de dados contemporânea, de que é exemplo a visualização *The terrible numbers that grow with each mass shooting*[22] (Washington Post, 2018), esta prática aliada a ambientes imersivos é recente e tem se concentrado sobretudo na realidade virtual. É o caso da visualização construída por Ivanov e colegas (Fig. 4.26) sobre as vítimas de 130 tiroteios

22 *The terrible numbers that grow with each mass shooting*: https://www.washingtonpost.com/graphics/2018/national/mass-shootings-in-america/ (consultado em: 13-10-2024)

em massa nos Estados Unidos de 1966 a 2017 (Ivanov et al., 2018) (Ivanov et al., 2019); ou a visualização *DeathTolls Experience*[23] (Fig. 4.27), por Ali Eslami (2016) que visa sensibilizar as pessoas para as vítimas de três eventos – os ataques terroristas na Europa, as mortes de refugiados no Mar Mediterrâneo e a guerra civil síria.

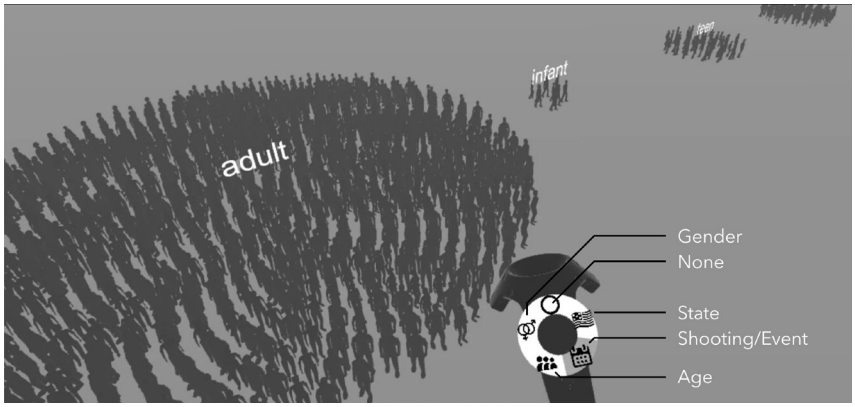


Figura 4.26 – Visualização em realidade virtual sobre as vítimas de tiroteios em massa desenhada por Ivanov, Danyluk e Willett (2018). Imagem reproduzida com permissão de Ivanov, A..



Figura 4.27 – *DeathTolls Experience*, by Ali Eslami (2016). Imagem reproduzida com permissão de Ali Eslami.

A temática da IUV com realidade aumentada é bastante menos frequente – tanto na literatura como em aplicações práticas – comparativamente com a sua utilização baseada em realidade virtual. Dragicevic (2022) contraria essa tendência ao abordar a

23 *DeathTolls Experience*: https://alllesss.com/DeathTolls-Experience (consultado em: 13-10-2024).

realidade aumentada como forma de visualização "humanitária"[24] em que através da realocação de um determinado evento no ambiente do utilizador é fomentada uma ligação emocional e de proximidade com as pessoas representadas. Fora deste contexto, não foram encontrados mais exemplos da utilização de RA como meio de visualização de dados quantitativos em IUV. À margem da IUV, outros projetos exploram a simulação de dados quantitativos no ambiente real com RA, é o caso de Sarri et al. (2022) (Fig. 4.28) que simulam a subida do nível da água do mar no ambiente real, a partir de um estudo com as previsões de subida do nível do mar ao longo da zona costeira de Chania, na Grécia.



Fig. 4.28 – Visualização de realidade aumentada com reconhecimento de localização para a previsão da subida do nível do mar, proposta por Sarri et al. (2022). Imagem reproduzida com permissão de Froso Sarri.

No âmbito da *Immersive Analytics* (IMA), vários autores comparam a visualização de dados utilizando diferentes tipologias de dispositivos, ao longo do *reality-virtuality continuum* (Milgram & Kishino, 1994). Whitlock et al. (2020) comparam a forma como os utilizadores interpretam uma visualização de dados em três meios diferentes – desktop, realidade aumentada e realidade virtual (com HMD), avaliando a rapidez e precisão com que as pessoas realizam um conjunto de tarefas de análise em diferentes canais visuais (cor, tamanho, altura, orientação e profundidade). Os autores identificam diferenças quantitativas relevantes no desempenho e comportamento do utilizador, indicando que a vista estéreoscopica resolve alguns dos desafios da visualização no espaço tridimensional; e que, embora os ecrãs de RA incentivem uma maior navegação, diminuem o desempenho do utilizador com visualizações a cores.

24 Dragicevic (2022) propõe o termo *immersive humanitarian visualization* para designar uma área de investigação que explora a visualização de dados ao serviço da promoção do bem estar humano. De acordo com o autor, os ecrãs imersivos oferecem formas de tornar mais evidente o sofrimento humano remoto, e oferecem também formas de comunicar factos quantitativos juntamente com informações qualitativas e experiências viscerais, proporcionando uma compreensão holística das questões humanitárias.

No âmbito da *data science*, Cavallo et al. (2019) avaliam a performance de tarefas individuais na análise exploratória de dados (*Exploratory Data Analysis* - EDA)[25] em quatro modalidades diferentes que acompanham o *virtuality continuum* – ambiente físico; realidade híbrida; *standalone* AR (realidade aumentada não integrada no ambiente real); e realidade virtual. Embora demonstrem que as tecnologias imersivas podem contribuir para reduzir o tempo de análise e facilitar a geração de conhecimentos adicionais, os autores reconheçem que a RA e a RV ainda não podem substituir inteiramente as modalidades não imersivas. Face a isso, encorajam o desenvolvimento de sistemas híbridos em que as tecnologias imersivas não procurem substituir os fluxos de trabalho da análise de dados exploratória, mas sim complementá-los.

Numa investigação sobre IMA, Kraus et al. (2022) analisam e caracterizam o corpo de trabalhos teóricos nesta área entre 1990 e 2020. Em *comparing media* os autores apresentam um conjunto de estudos comparando o ecrã convencional de computador com meios imersivos em RA e RV, nomeadamente Arms et al. (1999); Etemadpour et al., (2013); Donalek et al. (2014) e Belcher et al. (2003). Apesar dos estudos que comparam diferentes tipologias de dispositivos na *Immersive Analytics*, essa comparação não é feita especificamente tendo em conta o campo da *Immersive Unit Visualization*, que assenta no pressuposto de representar cada unidade individualmente em vez de sintetizar a informação.

4.2.2. Metodologia

Face à escassez teórica em torno da *Immersive Unit Visualization* com realidade aumentada e à inexistência de estudos comparando a visualização de dados no espaço híbrido com HMD e com HHD, decidiu-se investigar se a utilização de um HMD se traduz num espaço híbrido mais credível. Com este estudo pretendia-se ainda aprofundar e confirmar as limitações e vantagens da *Immersive Unit Visualization* para comunicar informação no espaço híbrido, aprofundando a reflexão feita anteriormente em "Visualização de dados no espaço híbrido, e identificando oportunidades de desenvolvimento futuro para o design de informação neste âmbito.

A fase de desenvolvimento de FLOC II aqui descrita foi desencadeada no contexto da itinerância da exposição "Observatório de Design em Portugal – Situação" (www.designobs.pt) no Porto, na Faculdade de Belas-Artes (FBAUP) entre os dias 27 de maio de 2022 e 3 de junho de 2022 que integrou múltiplos artefactos de design de informação (Borges et al., 2022). À semelhança do que foi feito na primeira fase de testes do protótipo FLOC, a exposição do Design OBS no Porto apresentou-se como uma oportunidade para testar, junto de públicos interessados, os protótipos desenvolvidos para tablet *Android* e para *Oculus Quest 2*. Além dos testes conduzidos no âmbito da exposição, foram também

25 De acordo com a IBM, a análise exploratória de dados (EDA) é um método utilizado pelos cientistas de dados para analisar e investigar conjuntos de dados e resumir as suas principais características, empregando frequentemente métodos da visualização de dados (IBM, n.d.).

realizados testes com alunos do Mestrado e da Licenciatura em Design na Universidade de Aveiro, bem como alguns testes de conveniência feitos com pessoas da esfera pessoal.

4.2.2.1. Recolha e análise de dados

O principal objetivo destes testes era poder observar e compreender como as pessoas visualizam e interagem com os dados apresentados neste formato, recolher *feedback* qualitativo e avaliar a experiência geral das pessoas com o protótipo. Além disso, amostras mais pequenas podem muitas vezes revelar a maioria dos problemas críticos de usabilidade e experiência, ao mesmo tempo que fornecem informações valiosas. De acordo com Nielsen (2000), os resultados mais ricos dos testes de utilização de sistemas interativos resultam dos primeiros 5 utilizadores, após os quais se verifica uma diminuição progressiva do retorno por participante, pelo incremento na repetição das respostas. Inicialmente, o *feedback* dos participantes relativamente à aplicação para *tablet* foi recolhido utilizando o método *Thinking Aloud*, em que se pede aos participantes que interajam com o sistema enquanto verbalizam o seu pensamento em voz alta num monólogo contínuo (Nielsen, 2012). Numa segunda fase, foi pedido aos participantes o preenchimento do *System Usability Scale* (Brooke, 1996) (consultar anexos) sobre a experiência com *tablet* – um questionário que utiliza uma escala do tipo *Likert* e que permite uma avaliação global da usabilidade de um sistema através da pontuação de 1 a 5 de 10 itens relativos à sua usabilidade. Posteriormente, os mesmos dois testes foram replicados, mas desta vez para avaliar a experiência com o *Oculus Quest 2*. Embora a usabilidade não exista em termos absolutos e possa apenas ser definida em relação a contextos particulares, neste caso o questionário SUS permitiu estabelecer uma comparação entre os dispositivos *handheld-display* e *head-mounted display* em termos de usabilidade.

Todos os testes foram precedidos por uma breve apresentação da investigação, contextualizando-a no âmbito do Projeto DesignOBS, e pelo pedido de preenchimento quer do consentimento informado para o registo áudio, quer da ficha de caracterização sociodemográfica (consultar anexos). Estes testes permitiram a recolha de três tipos de dados relativos à utilização da aplicação para tablet e *Oculus*: (1) registo áudio dos comentários das pessoas durante a sua experiência, (2) observação participante fixada sob a forma de notas de campo e (3) avaliação da usabilidade através do questionário SUS.

A análise de dados foi inspirada na combinação das orientações propostas por Fallman (2008) e Forlizzi et al. (2009) para o design, desenvolvimento e teste dos artefactos, que prevê (i) a construção de novo(s) artefacto(s) e (ii) a reflexão sobre o(s) artefacto(s). Os registos áudio foram transcritos através do *software Express Scribe*[26] e analisados através do *Atlas.ti*[27], seguindo as orientações propostas por Charmaz (2014).

---

26 O *Express Scribe* é um *software* para a transcrição de áudio.

27 O *Atlas.ti* (https://atlasti.com/) é um *software* de análise de dados qualitativos que permite a colaboração entre vários utilizadores.

Este processo envolveu também a análise de dados qualitativos através da codificação temática (Fig. 4.29). Os códigos iniciais emergiram dos dados e foram depois partilhados e discutidos entre os coautores durante sessões conjuntas e online, através da plataforma Web colaborativa *Atlas.ti*, criada para permitir iterações mais eficientes dos códigos emergentes e das descrições temáticas.

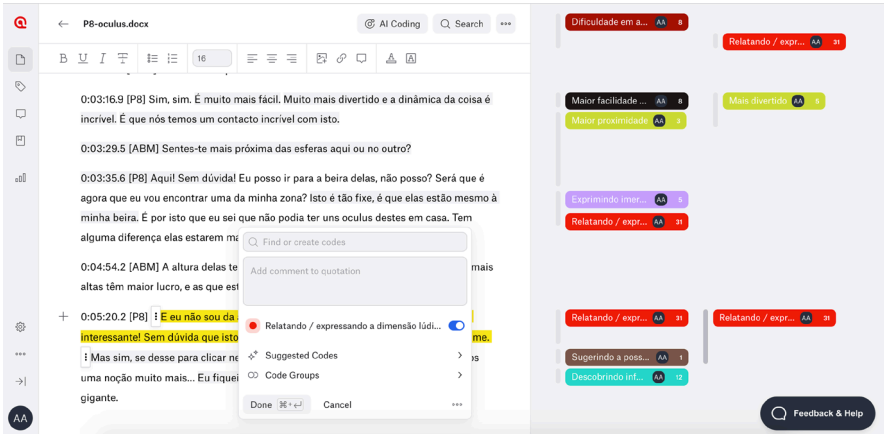


Fig. 4.29 – Captura de ecrã da análise de transcrições através de codificação temática em *Atlas.ti*.

4.2.2.2. Caraterização da amostra – demografia e questionário de usabilidade

A grande maioria dos participantes são Portugueses (90%) com apenas 10% dos participantes de nacionalidade estrangeira. De entre os 20 participantes (11 do género feminino e 9 do género masculino) o grupo etário mais representado situa-se entre os 21 e os 30 anos de idade (85%). O grau académico mais comum é a licenciatura (55%) e a maior parte dos participantes encontra-se a estudar em áreas ligadas ao design e à arte (60%). Embora a maior parte dos participantes tenha referido estar completamente à vontade no uso de *smartphone* (70% indicou uma pontuação de 5 pontos e 20% indicou uma pontuação de 4 num máximo de 5), não estão completamente familiarizados com tecnologias de realidade aumentada (com 35% a indicar uma pontuação de 2 pontos e outros 35% a indicar uma pontuação de 3 pontos num máximo de 5). No que diz respeito à utilização do *Oculus Quest 2*, os participantes referiram não estar minimamente familiarizados com a sua utilização (com 35% a indicar uma pontuação de 1 ponto e 40% a indicar uma pontuação de 2 pontos num máximo de 5), podendo indicar, potencialmente, apontar uma maior dificuldade de interação com esse dispositivo. Os resultados dos questionários de usabilidade preenchidos pelos 20 participantes relativos à utilização de

tablet e *Oculus*, apontam para uma maior usabilidade na aplicação para *Oculus* (com uma pontuação de 76,5 / 100) relativamente à aplicação para tablet (com uma pontuação de 72,5 / 100). A diferença de pontuações foi numericamente pouco expressiva, mas ainda assim significativa considerando o pouco à vontade dos participantes na utilização de *Oculus* em contraste com a total familiaridade na utilização do *tablet*.

4.2.3. Resultados

4.2.3.1. *Thinking aloud* e notas de campo

4.2.3.1.1. Visualização no espaço híbrido – Comparando HHD e HMD

Na tabela seguinte (tabela 4.4) apresentam-se – com transcrições de comentários dos participantes nos testes – os aspetos em que a utilização de um dispositivo HMD melhora a visualização no espaço híbrido comparativamente à utilização de um dispositivo portátil. As transcrições são agregáveis em sete categorias (tabela 2): (1) campo de visão; (2) imersão; (3) perceção espacial; (4) qualidade da simulação; (5) facilidade de utilização; (6) foco na informação; e (7) componente lúdica. Estas categorias fornecem pistas específicas sobre a forma como a visualização de dados no espaço híbrido difere ao utilizar os diferentes dispositivos, no caso específico de uma *Immersive Unit Visualization*, mas sobretudo como é que a utilização de HMD melhora a visualização.

Tabela 4.4 – Experiência observada e citações de apoio para cada categoria da análise temática comparando HHD e HMD.

Melhorias	Experiência observada	Citações de apoio
campo de visão	alargamento do campo de visão	"É como alguém que vê muito mal e só consegue ver numa janela à frente." (P17); "Aqui é notória a diferença. Sentia que o tablet me cortava os frames. Cortava aquilo que conseguia ver." (P6); "Sinto que isto [Oculus] é uma extensão dos nossos olhos. E é-nos natural este movimento." (P6); "Eu acho que no tablet parece que restringe muito o espaço. Então aqui consegues…eu estou a ver tudo à volta e consigo ter a perceção de tudo." (P18).
imersão	incremento da sensação de imersividade	"Este [Oculus] é mais imersivo. Sim, sem dúvida. É mais imersivo." (P20); "Desculpa, eu estou demasiado imersa. Até quase nem consigo falar porque estou a ouvir mesmo, que é muito giro. (…) Muito mais imersivo! E desperta-nos muito mais a atenção, sem dúvida." (P14); "Não sei se consegues ver o que eu estou a ver?..." (P13).

Melhorias	Experiência observada	Citações de apoio
imersão	incremento da sensação de proximidade	"É engraçado, tu vais a andar contra as esferas e parece que lhes tocas e elas PLOC! desaparecem." (P19).
perceção espacial	reforço da perceção da tridimensionalidade: altura, largura e profundidade	"Especialmente, consigo distinguir aquelas que estão mais ou menos próximas em termos de lucro. Consigo perceber quais são. (…) Consigo ter uma perceção muito melhor face ao tablet." (P16); "Aqui [Oculus] já é muito mais fácil de perceber esta parte da distância. Esta região de Castelo Branco, em princípio todas estas aqui por cima são Castelo Branco." (P6); "Acho que até é mais fácil do que com tablet, porque aqui conseguimos ter mais noção de profundidade e no tablet é difícil ter essa noção (…)" (P4).
	reforço da noção de quantidade e da organização visual	"Temos outra visão e até se nota melhor a quantidade de esferas do que no tablet." (P1); "Aqui consigo ter uma perceção melhor da quantidade de bolinhas, de empresas que há." (P18); "No tablet parecia que as esferas estavam mais afastadas. Havia uma confusão espacial, não havia uma ordem. (…) Sinto uma maior organização relativamente ao tablet." (P16).
	maior consciência situacional	"Não tenho tanto medo porque consigo ver os móveis e sei onde é que estou" (P6). Sobre o tablet: "na vida real estás a andar, mas sabes onde tens os pés. Aqui nem por isso porque é só uma janela à frente." (P17).
qualidade da simulação	experiência mais concreta	"Com os Oculus é uma realidade mais concreta." (P9); "Acho que dá para ter uma perceção das esferas muito mais concreta no mapa." (P9).
	maior definição	"Está muito mais definido. Consegue-se perceber melhor." (P10).
facilidade de utilização	maior à vontade	"Com o tablet, ele está nas mãos e uma pessoa tem medo de cair, tem medo de partir. Nesse sentido, acho uma melhoria significativa." (P6); "Uma vez mais, sinto-me mais à vontade para andar no mapa. Movimento-me com mais confiança." (P20); "lá fora [com tablet] estava muito mais preocupado com a nivelação do solo, com a inclinação."; "Lá fora [com tablet] estava muito mais preocupado com a nivelação do solo, com a inclinação. Aqui dá para analisar de uma forma muito mais focada." (P3).
	maior facilidade de interação	"Neste já consigo clicar. Aqui é mais fácil." (P7); "Acho que é muito mais fácil que no tablet, de acertar e assim." (P13); "Aqui já consigo carregar muito mais facilmente em cada uma." (P18).
foco na informação	incremento do foco na informação	"Está-se muito mais à vontade, permite ouvir a voz e acompanhar com os olhos a informação." (P6); "Acho que com os Oculus estou tão imerso que fico mais atento à informação, enquanto no tablet isso não acontece. Aqui o foco é diferente." (P20); "O Oculus permite focar muito mais na informação porque não tem tanto ruído em termos de background. (…) A imagem monocromática acaba por abstrair o background, permitindo focar mais na informação." (P3); "Estou a ver-te e vejo a sala. Mas é como se em fantasmas, estão acinzentados (…) é como se o principal fosse o mapa e as esferas." (P19).
componente lúdica	divertimento mais evidente	"Muito mais divertido e a dinâmica da coisa é incrível!" (P8); "Aqui é muito mais fixe (…) a experiência aqui tem outra emoção." (P18); "Assim é muito mais fixe que com tablet!" (P19); "Tu conseguires apontar para as bolinhas e mexeres-te no espaço, aproximares-te o quanto quiseres" (P18); "Estás mesmo no meio, tens mais a sensação de estar envolvida (…) assim é mais fixe, parece que estás mesmo no meio das esferas. Podes agarrá-las!" (P19).

Tabela 4.4 – Continuação

Campo de visão e imersão – Apesar de não usarem o termo técnico "campo de visão" (*field of view* / FOV), que designa a extensão angular do que é visível, vários participantes falaram sobre a diferença entre visualizar o conteúdo virtual através de uma "janela" com o tablet, e ter um campo de visão no verdadeiro sentido da palavra com o *Oculus*, referindo que enquanto o tablet corta o campo de visão, o *Oculus* funciona como uma extensão dos olhos, permitindo uma muito maior imersividade.

Perceção espacial – A utilização de *Oculus* proporcionou uma melhor perceção espacial: "Aqui a perceção espacial é muito melhor. Em termos espaciais vence um tablet ou um telemóvel, acho eu." (P16). Verifica-se uma melhor compreensão da tridimensionalidade (x, y, z), com os participantes a testemunharem ser mais fácil perceber a altura, a localização no plano horizontal e a profundidade dos objetos virtuais. A melhor perceção da tridimensionalidade faz com que haja uma melhor noção de quantidade das esferas e a perceção de uma maior organização visual relativamente ao tablet, apesar da configuração dos elementos virtuais no espaço ser exatamente igual nos dois dispositivos. Além da melhor perceção dos objetos virtuais no espaço, regista-se uma maior consciência situacional dos participantes, que passaram a conseguir situar-se melhor no espaço híbrido. A melhor noção da quantidade e da organização dos objetos virtuais no espaço é particularmente útil quando se trata de uma IUV por envolver a representação de grandes conjuntos de objetos em que é necessário veicular simultaneamente a vista geral (conjunto) e a vista de detalhe (unidade), também a consciência situacional é desejável neste contexto, já que a exploração imersiva depende da movimentação/navegação do utilizador pelo espaço. Reconhecem-se como expectáveis as diferenças entre o HMD e o HHD em termos de campo de visão e perceção espacial, uma vez que o *tablet* tem várias limitações em termos de tecnologia de rastreio (pelo que era de esperar que houvesse desvios no registo), para além de não suportar a perspetiva estereoscópica que o HMD oferece. Ainda assim, foi necessário verificar as implicações destas limitações do ponto de vista da visualização.

Qualidade da simulação – A qualidade da simulação, ie. a medida em que a simulação consegue criar uma experiência realista e convincente, foi melhorada através da utilização do HMD, com vários participantes a relatarem que a experiência se torna mais concreta e com maior definição. Neste contexto, o termo concreto traduz a aparência material, quase tangível, que os objetos virtuais passam a ter com a utilização de HMD, resultando numa simulação mais realista.

Facilidade de utilização – Vários participantes relataram uma maior facilidade de utilização e um maior à vontade e conforto ao utilizar o *Oculus*, justificando que como era necessário segurar o *tablet* com as mãos tiveram medo de cair ou de danificar o dispositivo, o que não acontece com o HMD. A comparação entre a utilização dos dois dispositivos permitiu identificar o problema de *multitasking* durante a utilização de *tablet*, com os participantes a precisarem de executar várias tarefas simultaneamente – estar atento ao ambiente real, enquadrar a informação no ecrã, interagir com os objetos virtuais e interpretar dados. No mesmo sentido, vários comentários apontam uma maior facilidade de interação com as esferas, utilizando *Oculus*. Apesar disso, vários participantes referiram dificuldade em acertar com o apontador (*pointer*) nas esferas mais pequenas:

"Para as azuis [esferas mais pequenas] fica mesmo difícil apontar porque depois parece que o feixe vai e segue. E depois tremes um bocado das mãos e fica difícil." (P19).

Foco na informação – O maior conforto suportado pelo HMD traduziu-se num maior foco na informação – tanto na componente áudio como na componente visual da experiência. Durante os testes com tablet, um dos comentários mais repetido foi sobre a insuficiência do áudio como forma de explicar informação sobre os dados: "É informação muito densa e difícil de memorizar para ser só áudio. Essa é a minha impressão." (P7). Durante a utilização do *Oculus*, esse comentário apareceu bastante menos (durante a experiência com tablet, oito participantes referiram a insuficiência do áudio, com Oculus apenas um participante referiu essa limitação). Uma das participantes (P6) referiu mesmo já não sentir tanto a necessidade de texto a acompanhar a informação áudio visto que conseguia acompanhar melhor o discurso enquanto estava atenta à parte visual: "Está-se muito mais à vontade e esse à-vontade dá mais para ouvir a voz [áudio] e acompanhar com os olhos a informação." (P6). O maior foco na informação ficou a dever-se igualmente a uma maior sensação de imersão, bem como ao ambiente em cinzento, com o conteúdo virtual a aparecer a cores com maior destaque.

Componente lúdica – De um modo geral, a componente lúdica foi mais forte durante a utilização de HMD. Os participantes que abordaram a dimensão lúdica relacionaram o maior divertimento com diferentes fatores, nomeadamente a maior liberdade de movimentos, a sensação de proximidade relativamente ao conteúdo virtual (sentido de presença), e a um sentido mais forte de imersividade suportados pelo HMD. Apesar das vantagens do *Oculus* face ao *tablet*, duas participantes referiram que a utilização (prolongada) de *Oculus* lhes causava incómodo nos olhos e dor de cabeça e uma das participantes pediu para terminar a experiência porque estava a ficar maldisposta.

4.2.3.1.2. Potencial da *Immersive Unit Visualization* no espaço híbrido

A partir da análise aos dados recolhidos foi possível retirar pistas sobre o potencial, mas também sobre as limitações da *Immersive Unit Visualization* no espaço híbrido (tabela 4.5). À semelhança dos resultados retirados da primeira versão de FLOC (Marques, Branco, Costa, et al., 2022), a concretização voltou a surgir como uma das principais vantagens da *Immersive Unit Visualization* com RA. Destacam-se ainda a liberdade no modo de ver, e a componente lúdica da experiência.

Tabela 4.5 – Principais pontos fortes e limitações da *Immersive Unit Visualization* no espaço híbrido.

		Citações de apoio
Potencial	Concretização dos dados	"É mais útil conseguir ver o número. O que é um milhão de pessoas? Uma coisa é ver o número, outra coisa é ver a representação do número. Ver a foto de um milhão de pessoas.(...) Eu aprendi as frações com quadrados de chocolate. Aqui é a mesma coisa."; "Uma pessoa sabe o que é um tigre, mas outra coisa é vê-lo. Ver o espaço que ele ocupa." (P17); "É giro como forma de perceber a quantidade e de perceber os distritos." (P13); "Em termos de informação, quando uma pessoa é confrontada com números, é sempre um valor abstrato. Enquanto ao visualizar assim é muito mais real. (...) Deixa de ser abstrato. Realmente acho que há valor neste exercício, dessa maneira." (P3).
	Modo de ver	"Acaba por ser interessante nos movimentarmos no próprio espaço porque é como se estivéssemos a viajar no espaço, de uma certa maneira mais conceptual, para poder verificar a informação." (P4); "Quando a informação está no espaço nós não temos que ver um vídeo inteiro até aparecer o que nós queremos. Nós só precisamos de nos movimentar até ao sítio que nos interessa. Eu queria ver Braga, só tive que andar até Braga." (P17); "[ABM] O facto de trazermos esta informação para o espaço real traz alguma mais-valia? [P8] Traz, é interessante porque temos que nos movimentar e descobrir." (P8).
	Experiência lúdica	"Mas isto é muito fixe! (…) Que fixe! Que interessante!" (P17); "Acho que tem piada. O primeiro contacto que tive com as esferas foi interessante porque foi uma forma muito gráfica de perceber que há imensas empresas e ver isso distribuído." (P13); "Mas andar aqui no meio é mesmo engraçado. Parece mesmo que veem contra ti ou que as consegues agarrar." (P19); " A outra visão é mais fixe com as esferas altas. Aqui percebe-se melhor a informação [vista das esferas no chão] mas a outra é mais engraçada, mais divertida!" (P19).
Limitações	Dificuldade em ler informação estratégica a partir da perspetiva horizontal	"Sendo que eu estou numa perspetiva em que não estou completamente de frente, não dá para ver bem o que é que está acima e o que é que está abaixo. (...) Estando no meio, não dá para perceber bem a diferenciação [de alturas]." (P3); "No Porto até parece que está tudo mais ou menos à mesma altura, mas não estão. Quando te deitas no chão vês que não estão. Se calhar em Lisboa acontece o mesmo." (P19); "Eu vejo todas estas bolinhas só que não sei se elas pertencem ao Porto ou se estão em cima de Braga ou em cima de Aveiro, porque assim acaba por ser difícil." (P11); "Para mim é mais fácil de perceber. Quando está tudo no ar não dá para ter a noção da localização." (P18).
	Incompreensão da deformação do eixo	"E a senhora [audio] usou a palavra 'esticar' o eixo e no fundo não é encolher o eixo? Não estás a fazer assim? (...) eu associo essa palavra a ficar maior. Essa palavra também pode… Não sei." (...) Mas eu não estou a perceber, não estou a perceber. (P13); "O que é este eixo? Não sei o que é este eixo. O que é que isto representa?" (P7); "Se calhar ali o eixo não está muito percetível" (P20).

Concretização com RA – A concretização apresenta-se como uma dimensão central neste tipo de experiência visto que permite simular a presença física de cada unidade no ambiente real do utilizador, permitindo-lhe relacionar-se facilmente com o conteúdo virtual. Esta possibilidade é exclusiva da realidade aumentada enquanto meio. Alguns participantes expressam aquilo a que chamamos concretização como "forma de perceber a quantidade" (P13), ie. compreender o que significa um valor numérico abstrato em termos concretos. Uma das participantes elaborou esta ideia em maior profundidade, com exemplos práticos que apontam para a concretização em termos de volumetria (exemplo do tigre), em termos quantitativos (exemplo do milhão de pessoas) e em termos de relação proporcional (exemplo de aprender frações com quadrados de chocolate). Em todos estes casos está-se perante um exercício de codificação espacial, ie. um exercício em que se representa um valor numérico abstrato – que pode ser expresso em termos de volume, quantidade, rácio, etc. – no espaço tridimensional de uma forma concreta, devolvendo a abstração numérica ao mundo físico através da sua simulação no ambiente real. Nesse exercício, tão importante é a modelação dos objetos virtuais de acordo com o valor numérico que representam, como a sua introdução no ambiente real através da RA – "ver o espaço que o tigre ocupa" no exemplo anterior significa ver o espaço que o tigre ocupa no mundo real e não no mundo virtual ou no mundo digital. O valor do referente real neste tipo de visualização não tem a ver com uma ligação semântica entre o conteúdo virtual e o local onde vai ser colocado, mas sim com a simulação desse conteúdo no espaço que o utilizador habita, à escala humana.

Modo de ver – O modo de ver, neste contexto, relaciona-se com uma particularidade da RA enquanto meio: o controlo do ponto de vista feito de forma inerente pelo utilizador. MacIntyre et al. (2001) ao definir um sistema de realidade aumentada, acentua que ele confere ao utilizador total liberdade para se movimentar no espaço e enquadrar o conteúdo virtual ao longo do tempo, a partir do seu próprio corpo em movimento. A liberdade aliada ao modo de ver não envolve, por isso, uma seleção ou filtro dos dados, mas sim a liberdade de selecionar o que ver e quando ver, a partir do próprio movimento num exercício de deambulação, exploração e descoberta. Alguns participantes apontaram o movimento no espaço e a descoberta como mais-valias deste tipo de experiência, e uma das participantes contrastou a visualização imersiva e a visualização de um filme, referindo que quando a informação está no espaço não é preciso ver uma sequência de imagens até aparecer o que nos interessa, só é preciso dirigirmo-nos fisicamente à informação que queremos ver. Apesar do modo de ver totalmente controlado pelo utilizador incentivar a exploração e a descoberta, gera por vezes situações em que os utilizadores perdem conteúdo relevante – por se posicionarem ou demasiado perto ou demasiado longe da informação relevante, como foi possível observar com alguns participantes durante a utilização de HHD: "Isto não devia acontecer: eu ter uma coisa que não consigo ler por estar grande demais porque estou próxima demais." (P7).

Experiência lúdica – Há uma dimensão lúdica que ressalta da observação dos participantes ao interagirem com FLOC II, e que é bastante mais notória durante a interação com HMD. As expressões de divertimento e as intervenções sobre esta dimensão lúdica constituem a categoria de comentários mais vezes repetida. Uma das participantes atribui o maior divertimento às vistas em que as esferas flutuam no ar, por contraste à

vista em que as esferas estão posicionadas no chão, suportando uma leitura estratégica da informação. Apesar desta aparente oposição entre utilidade e diversão, outro participante (P5) fala do entretenimento como incentivo para explorar e descobrir informação, comentando que gostaria de ver outras bases de dados sobre outros temas apresentadas desta forma por ser mais divertido.

4.2.3.1.3. Limitações da *Immersive Unit Visualization* no espaço híbrido

A análise aos dados recolhidos também permitiu confirmar algumas limitações enunciadas na reflexão sobre FLOC I (Marques, Branco, Costa, et al., 2022) relativamente à visualização de dados no espaço híbrido, nomeadamente sobre a dificuldade em ler informação estratégica a partir de uma perspetiva horizontal, mas também sobre a versão FLOC II. Uma das principais limitações (mas que é simultaneamente um ponto forte do ponto de vista do envolvimento) continua a ser o domínio de uma perspetiva horizontal, imersiva, que posiciona o utilizador no mesmo espaço do conteúdo virtual, e que dificulta a existência de uma perspetiva vertical ou estratégica, capaz de suportar uma vista geral da base de dados, essencial à sua compreensão como um todo. Esta limitação foi apontada sobretudo com a utilização do HHD, tendo sido menos referida durante a utilização de HMD. Uma das participantes descreve a inexistência de uma vista estratégica sobre os dados durante a utilização do *tablet*. Ao mesmo tempo, uma grande parte dos utilizadores associa a última vista em que as esferas se encontram ao nível do chão com uma maior facilidade de leitura.

Outra limitação observada em FLOC II foi a dificuldade em compreender a deformação sofrida pelo eixo vertical referente ao lucro das empresas por empregado, ao longo da sequência narrativa (vistas 3 e 4 da tabela 1 e figura 2). Essa informação foi apresentada como uma sequência de diferentes configurações do eixo e das esferas, acompanhada pela explicação áudio, em vez de uma ação contínua ou animação. Apesar de os participantes terem prestado mais atenção ao eixo durante a experiência com *Oculus*, de modo geral não compreenderam a deformação que sofreu ao longo da sequência.

4.2.4. Discussão

4.2.4.1. Espaço híbrido mais credível e impacto na leitura da informação

Confirma-se a hipótese levantada na reflexão sobre FLOC I (Marques, Branco, Costa, et al., 2022) que apontava a utilização de HMD como meio de conferir à experiência uma maior naturalidade de interação e imersividade, mas também uma melhor integração entre os ambientes real e virtual, resultando num espaço híbrido mais credível, essencial à comunicação de dados com RA. Para o espaço híbrido mais credível contribuíram vários fatores, nomeadamente: a estabilização do *tracking* e do registo; o campo de visão mais

abrangente, a perspetiva mais imersiva do espaço; e a melhor qualidade da simulação. Durante a utilização de HHD, apesar do *tracking* estar a funcionar significativamente melhor que na primeira versão de FLOC, registaram-se situações em que devido ao ambiente real muito homogéneo e despido de objetos identificativos, o programa deixou de reconhecer o plano horizontal e a visualização falhou. A estabilização do conteúdo virtual no espaço mostrou-se muito mais estável com *Oculus* sem que se tenha registado qualquer situação de perda de reconhecimento do espaço. A leitura do espaço híbrido nunca foi interrompida pela falha do *tracking*, independentemente das características do ambiente real escolhido para a experiência (Fig. 4.30).

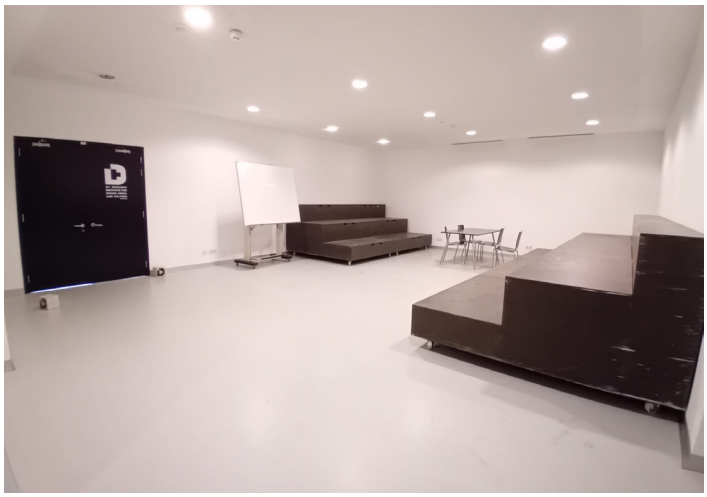


Fig. 4.30 – Registo fotográfico de um dos espaços onde a aplicação FLOC II para *Oculus Quest 2* foi testada.

Também o campo de visão mais abrangente e a maior imersividade suportados pelo HMD contribuíram para um espaço híbrido mais credível, com os utilizadores a movimentarem-se mais livremente no meio dos objetos virtuais e a conseguirem afastar-se sem perda da informação. No mesmo sentido, a melhor qualidade da simulação e sentido de materialidade contribuíram para uma maior credibidade do espaço híbrido.

Apesar de a vista de detalhe própria da perspetiva horizontal prevalecer em relação à vista geral dos dados, com vários participantes a apontar dificuldades em obter uma vista estratégica – por exemplo a impossibilidade de distinguir o plano do zero que separa os valores positivos (lucro) dos valores negativos (prejuízo) – há uma maior facilidade em obter uma vista distanciada dos dados com HMD, sem que haja qualquer falha de *tracking*. Além disso, a transição entre uma vista de detalhe e uma vista geral tornou-se mais fácil e imediata. A melhor perceção espacial e de tridimensionalidade conferem uma maior sensação de organização do conteúdo no espaço, que é útil à existência de uma vista geral dos dados.

A combinação das melhorias anteriormente descritas impactou a leitura da informação e a criação de sentido a partir dos dados. O maior foco na parte visual e áudio da experiência, bem como uma melhor perceção espacial resultaram na descoberta

de elementos visuais e informação, com alguns participantes a referiram estar a ver elementos virtuais pela primeira vez em *Oculus*, que já estavam presentes na experiência com *tablet*. No mesmo sentido, a utilização de *Oculus* proporcionou a descoberta de camadas de informação mais profundas que não foram mencionadas durante a utilização do *tablet*. De facto, o HMD permitiu integrar melhor os estímulos visuais, os estímulos áudio e o movimento corporal, o que impactou na leitura da informação. A criação de experiências multissensoriais, como é o caso do uso da RA, que depende em grande parte da movimentação do corpo no espaço, é central (Vink et al., 2017) para fomentar o "conhecimento estético" (*aesthetic knowledge*): a forma como compreendemos e interpretamos uma determinada situação através da experiência proporcionada pelos nossos sentidos – visão, audição, paladar, tato e cheiro (Stigliani & Ravasi, 2018; Tonkinwise, 2011).

Na área da visualização de informação, Roberts et al. (2014) constataram que a visualização de informação estava a expandir-se além do tradicional ecrã de computador para outra gama de dispositivos, nomeadamente dispositivos de RA, e para públicos *non-experts*, sendo necessário olhar para o futuro da visualização como um ambiente multissensorial integrado. É possível observar agora que o HMD confere uma melhor integração sensorial comparativamente ao dispositivo HHD.

4.2.4.2. Oportunidades para o design de informação

Ao envolver o ambiente real na visualização, a RA apresenta oportunidades semânticas para a *Unit Visualization*, que não podem ser obtidas através de outros meios. Atualmente, há uma grande escassez de investigação teórica e de projetos em torno da RA em visualizações unitárias imersivas e esse é um tópico de investigação que merece atenção.

A utilização de HMD neste tipo de visualização apresenta várias oportunidades de desenvolvimento e exploração do ponto de vista da comunicação da informação. Embora a utilização de um HMD intensifique a imersividade, este dispositivo suporta melhor uma vista distanciada sobre o conjunto de dados comparativamente ao HHD. Nesse sentido, a utilização de HMD responde diretamente à necessidade de complementar o espaço emocional com informação estratégica identificada anteriormente (Marques, Branco, Costa, et al., 2022), e apresenta oportunidades no sentido de conciliar uma vista de detalhe com uma vista geral dos dados, que segundo Ben Shneiderman (1996), no seu *Visual Information-Seeking Mantra – "Overview first, zoom and filter, then details-on-demand"* – é essencial para compreender o conjunto de dados como um todo (Shneiderman, 1996). Apesar deste princípio organizacional ter sido criado para a visualização de informação interativa, Alberto Cairo destaca a sua universalidade, defendendo que pode ser aplicado a qualquer tipo de apresentação gráfica de factos e fenómenos (Cairo, 2013).

O maior envolvimento e diversão suportados pelo HMD, aliados a um maior foco na informação visual e áudio podem ser utilizados como forma de fomentar/incentivar a exploração de uma base de dados durante mais tempo e de uma forma mais ativa e atenta, facilitando a criação de sentido que constitui uma importante etapa no processo de transformação da informação em conhecimento. Do ponto de vista da experiência de utilização, e segundo Desmet & Hekkert (2007), a experiência de um produto pode ser afetada por três níveis de experiência: o prazer estético (o grau de satisfação de todos os nossos sentidos) a que Norman (2004) chama de nível visceral; a atribuição de significado (os significados que atribuímos ao produto), e resposta emocional (emoções que são suscitadas). A experiência estética pode dar origem a uma resposta emocional já que envolve o prazer e o desagrado, que por sua vez pode implicar uma resposta comportamental por parte do utilizador. Todas as emoções implicam uma determinada tendência para a ação (por exemplo, o fascínio desperta a vontade de explorar). Nesse sentido, a resposta emocional que a experiência do produto – neste caso a visualização – provoca no utilizador pode ser preponderante para incitar ou desencorajar a exploração dos dados numa visualização com RA. Assim, a busca por um maior envolvimento, necessário à criação de sentido nos dados, implica reconhecer os principais fatores implicados nos três níveis de experiência de uma visualização de dados com RA - especialmente o prazer estético.

Independentemente do dispositivo utilizado, o sentido de concretização destaca-se enquanto possibilidade de comunicação na *Immersive Unit Visualization* com RA, especialmente quando é necessário comunicar valores numéricos abstratos. O que a RA permite de forma exclusiva é simular a presença física de objetos virtuais no ambiente do utilizador, que assim passa a relacionar-se com eles de uma forma mais próxima, interpretando-os na relação com o seu ambiente e com o seu próprio corpo. Vários participantes tentaram comparar a altura das esferas com a sua própria altura, mas isso só foi parcialmente possível, uma vez que a imagem do mapa ocultava o corpo dos participantes. Uma melhor integração do conteúdo virtual no ambiente real, incluindo a oclusão de modelos virtuais por objetos do ambiente real, teria permitido relacionar mais facilmente virtualidade e realidade.

As oportunidades de exploração do meio através do design, incluem a experimentação de novas metáforas visuais capazes de explorar o sentido de concretização, e a necessidade de adaptar a linguagem visual ao meio da RA. Apesar da descrição áudio sobre a alteração do eixo vertical correspondente ao lucro/empregado, a generalidade dos participantes não conseguiu visualizar mentalmente e compreender essa modificação. No caso específico do eixo vertical, uma forma de resolver o problema da sua interpretação poderá ser através da animação em substituição da sequência de vistas, que obriga o utilizador a imaginar o movimento das esferas e do eixo entre vistas, em vez de o ver diretamente. Face a esse problema, identifica-se a necessidade de adequar continuamente os recursos visuais ao meio da realidade aumentada que se caracteriza por procurar o realismo gráfico, essencial à integração convincente e realista dos objetos virtuais no espaço real. Tendo em conta essa relação de proximidade e reprodução da realidade, a modelação e a animação 3D assumem grande importância como recursos.

4.2.4.3. Limitações e trabalho futuro

Os resultados poderiam ser mais robustos se os dados recolhidos tivessem sido cruzados com dados quantitativos provenientes quer de testes de medição do tempo de execução de tarefas, quer de testes de *eye tracking* (rastreamento ocular). No mesmo sentido, um maior número de testes teria reforçado o seu interesse estatístico.
Enquadrada na visualização comunicativa (Masud et al., 2010), a visualização unitária, e em especial a visualização unitária imersiva, é direcionada para uma vista de detalhe sobre os dados que favorece sobretudo o objetivo de fomentar a empatia e consciencializar em relação a um tema, em vez de proporcionar uma análise detalhada dos dados.
Não sendo exceção, FLOC II enfatiza mais uma experiência estética do que a geração de conhecimento. Como trabalho futuro, seria interessante averiguar, do ponto de vista do design, a possibilidade de combinar a forte experiência estética com uma componente mais analítica que vá de encontro à visualização como ferramenta cognitiva ou como suporte à geração de conhecimento. Considerando a RA como um meio profundamente ligado à experiência do espaço, seria útil aprofundar e pormenorizar o potencial da representação de dados no espaço híbrido, nos casos em que não existe uma ligação semântica entre o conteúdo virtual e o ambiente real (como é o caso aqui), comparando a visualização do FLOC II no espaço híbrido (RA) e no espaço virtual (RV) utilizando o mesmo dispositivo HMD. Na qualidade de protótipo, a aplicação FLOC II pode ser melhorada em vários aspetos. Como trabalho futuro seria útil substituir a sequência de vistas por uma animação da sequência narrativa numa ação contínua e avaliar o impacto dessa alteração na compreensão da deformação do eixo pelos utilizadores.

4.3. Representação de dados com ferramentas de realidade aumentada *no-code* (Ensaio V)[28]

4.3.1. Introdução

Este estudo enquadra-se na representação de dados com recurso a RA e na sua apropriação autoral por designers sem *background* de programação. A necessidade de investigar ferramentas de autoria em RA foi motivada por conclusões retiradas durante o

28 Esta secção tem como base a publicação:
Marques, A. B., Branco, V., Costa, R., & Costa, N. (2023). Data representation with no-code augmented reality authoring tools. In N. Martins, D. Brandão, & A. Fernandes-Marcos (Eds.), Perspectives on Design and Digital Communication IV: Research, Innovations and Best Practices (1st ed., Vol. 33). Springer Cham.

desenvolvimento do Ensaio III – *Floating Companies* (FLOC), criado para a exposição do Projeto DesignOBS (FBAUL, 2021) (Marques, Branco, Costa, et al., 2022).

FLOC foi implementado com recurso a *Unity*, uma das plataformas mais utilizadas na criação de experiências RA, implicando frequentemente a criação de *scripts* (pequenos programas computacionais escritos na linguagem *C#*). O percurso implicado no desenvolvimento do protótipo, apresentado de seguida de uma forma resumida, representou um grande esforço sendo a maior barreira a necessidade de aprender e utilizar conceitos de programação em *C#* sem um *background* específico nessa área (Marques, Branco, Costa, et al., 2022, p. 14). Outros autores identificaram o problema do difícil acesso à criação de experiências de RA por não tecnólogos (Dengel et al. (2022); Gasques et al. (2019); Leiva et al. (2020); Schmalstieg & Höllerer (2016)). Face a esta limitação, identificou-se a necessidade de recolher e investigar as plataformas de RA *no-code* atualmente disponíveis no mercado, que possam ser utilizadas de uma forma mais livre dos constrangimentos referidos, por designers que tipicamente não têm um *background* de programação e que pretendem focar a sua atenção no design de interação e da experiência subjacentes ao uso das aplicações.

Um acesso que apresente menos barreiras à entrada de não tecnólogos na criação de conteúdo RA é essencial para desenvolver design nesse meio. Este estudo é, assim, relevante sob dois pontos de vista – no sentido de dar aos designers algumas ferramentas com vista a facilitar a sua introdução à criação de conteúdo em RA; e na medida em que contribui para a exploração gradual da RA pelos criadores, que acabarão por encontrar formas de adequar os conteúdos ao meio. Tal como referem MacIntyre et al. (2005, p. 199) a história dos novos media tem mostrado que qualquer meio só atingirá o seu máximo potencial quando for posto à disposição de designers que, através da sua ação, definam as formas populares do meio. Gutenberg inventou o meio impresso, mas não o romance, Edison inventou a imagem em movimento, mas não o filme. Berners-Lee inventou o HTTP e o HTML, mas não a web. Sutherland inventou a tecnologia da RA, sendo para já desconhecidas as formas com as quais se tornará popular. O design implica, portanto, imaginar o novo em vez de encontrar uma solução dentro de um conjunto, preocupando-se não com a forma como as coisas são (raciocínio dedutivo), mas com a forma como podem ser (raciocínio abdutivo) (Verganti et al., 2020). Ao discutir as implicações de avanços tecnológicos recentes para a inovação e teoria do design, Verganti et al. (2020) enquadram a criatividade enquanto processo de *problem-finding* em vez de *problem-solving*, que é sinónimo de processo de "sentido às coisas" (*sensemaking*).

O papel do humano passa a ser o de compreender quais os problemas / oportunidades que devem ser tratados e conduzir a evolução contínua dos algoritmos no sentido de uma direção significante. O núcleo desta atividade não é, portanto, a resolução de problemas, mas a descoberta de problemas (pp. 224-225). Esta aceção do design para a inovação tecnológica aplica-se no contexto deste estudo, visto que as implicações de tornar a RA mais acessível aos designers não se centram na resolução de problemas, mas sim na formulação de novos problemas que possam conduzir a representação de informação com RA a uma direção significante.

Os objetivos específicos deste estudo incluíram o mapeamento e a caracterização do conjunto de ferramentas no-code disponíveis atualmente online; a averiguação das limitações e eventuais pontos fortes no design de representações de dados com as ferramentas de autoria recolhidas, comparativamente ao trabalho realizado durante o desenvolvimento do protótipo *Floating Companies* em *Unity*.

4.3.2. Processo de Desenvolvimento de *Floating Companies* (FLOC)

Com a aplicação FLOC explorou-se o potencial inerente à realidade aumentada de tornar concretos, valores numéricos abstratos, através da sua simulação no ambiente real. Na vista principal da aplicação o objetivo primeiro foi dar uma existência concreta ao número, à distribuição e aos atributos das empresas de design em Portugal através da configuração física dos objetos virtuais que as representam. O desenvolvimento de FLOC foi feito com base no motor de jogos *Unity* combinado com o SDK *Vuforia*, que permitiu utilizar um *target* de área que desencadeia a experiência através do reconhecimento de uma das salas da exposição (FBAUL, FBAUP) onde foi testada. De modo sintético, o desenvolvimento do protótipo envolveu as seguintes tarefas:

(1) Criar e atribuir ao protótipo um *target* de área de forma a desencadear a experiência RA a partir do reconhecimento do espaço expositivo.

(2) Importar a base de dados sobre as empresas para o *Unity* em formato CSV, e posteriormente torná-la analisável pelo *Unity*[29], através de um *script* devidamente codificado para esse efeito.

(3) Implementar um *script* para analisar a base de dados e a partir daí gerar uma segunda base de dados com a informação sobre as características a atribuir à representação de cada esfera (*prefab*) – neste caso o raio, a cor e a localização – com base nas informações relativas ao tamanho, local e lucro de cada empresa.

(4) Implementar um *script* capaz de ler esta última base de dados e instanciar, ie. criar esse modelo 3D (a esfera) para cada uma das empresas de acordo com essas informações dentro de uma caixa vazia (*bounding box*).

(5) Criar uma segunda cena – Vista Resumo – em que se representa a totalidade de empresas por distrito. Nesta vista, em vez de se atribuir uma esfera a cada empresa, os dados são integrados, e cada nova esfera representa a quantidade de empresas num determinado distrito.

(6) Adicionar elementos gráficos da interface de utilização (botões (1) para a descrição do projeto; (2) com *link* para a base de dados; (3) para alternar entre a vista resumo e a vista principal).

---

29 O *Unity* reconhece ficheiros CSV, mas não os analisa automaticamente. Para analisar ficheiros CSV através do *Unity* é necessário utilizar um *script* que leia e analise os dados.

(7) Atribuir comportamentos às esferas ao serem clicadas (*tapped*) – efeito de luz e disposição de um quadro informativo (*details-on-demand*) com informações provenientes da base de dados.

A nossa equipa era composta maioritariamente por designers sem conhecimentos de programação e o processo de desenvolvimento foi iniciado com base num tutorial sobre como construir um gráfico de dispersão a partir de uma base de dados em *Unity*[30] e foi sendo adaptado aos objetivos do projeto, em múltiplas iterações de desenvolvimento. Durante este processo, recorreu-se a vários *fora* de *Unity*, à sua grande comunidade de utilizadores e aproveitou-se, frequentemente, excertos de outros programas existentes. Numa fase mais avançada do projeto, foi ainda necessário recorrer ao conhecimento de um profissional da programação com conhecimentos em *C#*. Este processo foi demorado, trabalhoso e, por vezes, restringiu as opções projetuais devido às limitações nos conhecimentos de programação.

4.3.3. Infografia, visualização de dados e ferramentas de autoria para RA

Embora a representação visual de dados tenha uma longa tradição histórica, o vocabulário do campo está em constante evolução. Para alguns autores a visualização de dados é uma área perfeitamente diferenciada da infografia (Iliinsky & Steele, 2011), para outros autores a infografia é uma sub-área da visualização de dados (Masud et al., 2010; Segel & Heer, 2010). Iliinsky & Steele (2011) distinguem a infografia da visualização de dados de forma sintética – para os autores a infografia refere-se a uma representação visual de dados que seja (1) desenhada manualmente (ie. com um tratamento personalizado da informação); (2) específica para os dados em questão (e portanto, difícil de recriar com dados diferentes); (3) rica esteticamente; e (4) limitada em termos de dados (já que cada peça de informação é codificada manualmente). A visualização de dados, por outro lado, refere-se a uma representação de dados que seja (1) desenhada algoritmicamente; (2) fácil de regenerar com dados diferentes; (3) frequentemente, pobre esteticamente e (4) rica a nível de dados (já que a integração de grandes quantidades de dados é viável). Por outro lado, Masud et al. (2010) consideram a infografia como visualização comunicativa, ie. um tipo de visualização que não é utilizada para veicular uma análise de dados detalhada, mas sim para comunicar uma narrativa. Este tipo de visualização serve para sensibilizar o público relativamente a um determinado tema mesmo que não tenha como objetivo oferecer uma análise de dados. As metáforas visuais e a ilustração são estratégias visuais frequentemente utilizadas na visualização comunicativa.

Muitos exemplos desta tipologia de visualização aliada à RA são provenientes do jornalismo (Marques et al., 2022) (Ikonen & Uskali, 2021), é o caso por exemplo de *Inflation Shrinking Ray* (New York Times, 2022a); *EV Battery Breakdown* (New York

30 https://sites.psu.edu/bdssblog/2017/04/06/basic-data-visualization-in-unity-scatterplot-creation/ (consultado em: 16/10/2024).

Times, 2022c) ou *Water footprint: Augmented Reality shows water cost of beef* (Deutsche Welle, 2020). De forma geral, na criação de aplicações de RA, a maior parte dos criadores de conteúdos utiliza os chamados motores de jogos: aplicações de *software* que permitem que equipas compostas por profissionais de diferentes contextos colaborem na criação de uma aplicação (Cappannari & Vitillo, 2022). Muitos dos motores de jogos mais conhecidos, como o *Unity* ou o *Unreal*, requerem conhecimento de programação para criar interação, o que dificulta a exploração destas ferramentas e exclui designers não técnicos (Leiva et al., 2020, p. 1). Ao contrário dos motores de jogo, as ferramentas de prototipagem de alta-fidelidade, que serão abordadas neste ponto, são ferramentas digitais utilizadas por designers e programadores de *software* para resolver os detalhes da interface sem necessidade de uma implementação total (Li et al., 2021).

Na literatura, as ferramentas de autoria são classificadas segundo os mais variados critérios. Relativamente ao modo de pré-visualização do conteúdo durante a edição, podem ser consideradas ferramentas de autoria digital (que aqui designaremos por autoria não imersiva), ferramentas de autoria imersiva ou ambas. Tipicamente, as ferramentas de autoria não imersiva – eg. *Vuforia Studio* e *Lens Studio* (Fig. 4.31) – permitem uma pré-visualização do projeto através de um emulador[31] que necessita de ser implantado no dispositivo para testes, enquanto as ferramentas de autoria imersiva – eg. *Adobe Aero* e *Apple Reality Composer* (Fig. 4.32) – possibilitam a edição durante a pré-visualização da experiência RA no ambiente do utilizador (Billinghurst & Nebeling, 2022).

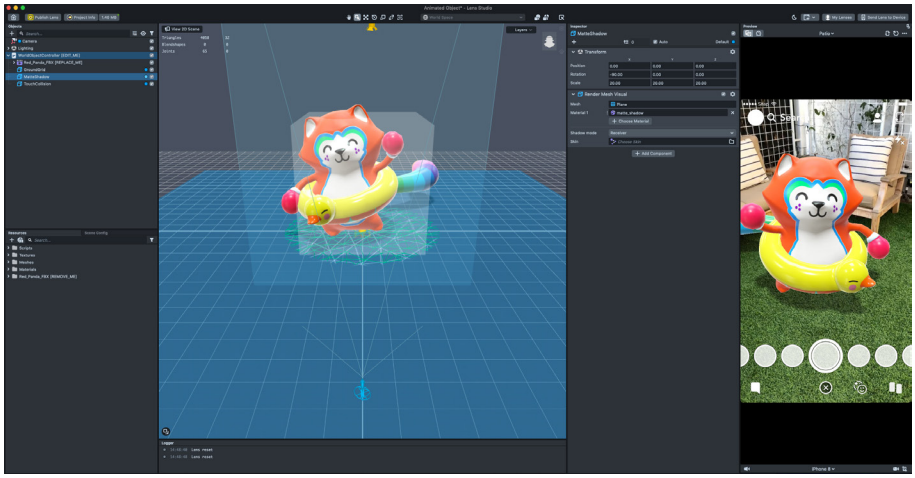


Fig. 4.31 – Emulador do *Lens Studio AR*. A imagem que aparece à direita é apenas uma simulação do objeto virtual num espaço standard que permite ao utilizador ter uma ideia aproximada de como ficaria a experiência em ambiente de RA.

31 Na computação, um emulador é um *software* que reproduz as funções de um determinado ambiente, a fim de permitir a execução de outro *software* sobre ele.

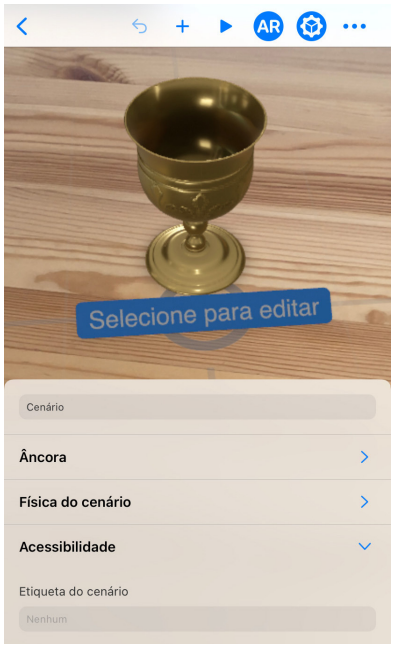


Fig. 4.32 – Ambiente de edição imersivo do *Reality Composer*. O fundo onde aparece o objeto virtual é o ambiente do utilizador.

Lee et al. (2005) abordam as vantagens das ferramentas de autoria imersivas, que permitem aos utilizadores pré-visualizar, experimentar e verificar em primeira mão o conteúdo virtual e a sua integração no ambiente real.

Billinghurst et al. (2015) recolhem e classificam as ferramentas de RA de acordo com a capacidade de programação que requerem – desde *low level software libraries* que exigem uma boa capacidade de desenvolvimento, até as simples ferramentas de autoria para utilizadores principiantes sem conhecimentos de programação.
Enquanto as bibliotecas e *software* de baixo nível proporcionam um alto nível de flexibilidade, ao mesmo tempo que requerem capacidades de programação, as ferramentas de autoria autónomas permitem aos utilizadores finais criar facilmente conteúdo RA com o mínimo de conhecimentos de programação, embora o conteúdo criado seja bastante simples. Devido à rápida evolução deste campo de investigação, a recolha feita em 2015 por Billinghurst já não se encontra atualizada com algum do *software* referido na altura já descontinuado.

Dengel et al. (2022) fizeram uma revisão sistemática de literatura sobre *AR Authoring Toolkits* para a educação, nomeadamente para professores sem conhecimentos de programação. Os autores identificaram 69 ferramentas de autoria diferentes que classificaram de acordo com a sua acessibilidade, com o nível de conhecimento de

programação necessário para serem utilizadas e com a interatividade que permitem. A metodologia utilizada encontra-se muito bem documentada, o intervalo temporal do estudo é alargado – 25 anos – e a recolha é recente e está atualizada. Contudo, devido ao método de recolha do *software* baseado apenas em bibliografia académica, registou-se de imediato a ausência de algum *software no-code* disponível online, como por exemplo o *Reality Composer*[32] ou o *Adobe Aero*[33]. Além disso, muitas das ferramentas recolhidas são adequadas a educadores, mas não são suficientemente flexíveis para a utilização por designers visto que disponibilizam soluções predefinidas fechadas e sem possibilidade de edição. Em revisões sistemáticas sobre ferramentas de RA, outros autores (Freitas et al., 2020) consideraram a revisão suportada apenas por literatura académica potencialmente limitadora no sentido em que pode excluir ferramentas que apesar de não terem sido validadas academicamente estão a ser utilizadas por uma comunidade de praticantes.

Alguns autores desenvolvem e propõem as suas próprias ferramentas de autoria – é o caso de DART (MacIntyre et al., 2005); *ComposAR* (Seichter et al., 2008); *PintAR* (Gasques et al., 2019) e PRONTO (Leiva et al., 2020). Uma das referências mais conhecidas é o DART (*Designer's Augmented Reality Toolkit*) (MacIntyre et al., 2005) que foi uma ferramenta lançada em 2003 destinada a designers de novos media, tendo sido utilizada por uma população diversificada de criadores durante os anos seguintes (Gandy & MacIntyre, 2014). Gandy e MacIntyre (2014) recolheram as reflexões de um grupo de utilizadores do DART sobre a utilização do *software* e elaboraram orientações para a construção de ferramentas de autoria RA para não tecnólogos.
Essas orientações distribuem-se pelas seguintes categorias: (1) acesso, (2) autoria em camadas, (3) colaboração com diversas equipas, (4) tornar o processo menos doloroso e (5) a importância da comunidade. O acesso diz respeito à barreira tecnológica que utilizadores não especialistas em tecnologia encontram ao utilizar ferramentas de autoria AR. A autoria em camadas diz respeito à disponibilização de um ambiente estratificado que permita um nível de complexidade apropriado, por exemplo uma ferramenta *no-code* que possibilite simultaneamente o acesso à programação. A colaboração com diversas equipas considera a necessidade de integrar vários colaboradores especializados no mesmo projeto. O ponto 4 relaciona-se com a necessidade de tornar o processo de criação mais fácil. Por último, é destacada a importância de uma comunidade online ativa que transmita uma sensação de permanência. Outros autores apresentam orientações para a criação de uma ferramenta de RA para não tecnólogos, como Leiva et al. (2020) que apontam alguns objetivos de design para uma nova ferramenta de prototipagem rápida, por exemplo: criar elementos de baixa fidelidade através de esboços; posicionar objetos no espaço através de manipulação direta e criar animações complexas através de manipulação direta. Schmalstieg & Höllerer (2016) defendem, também, que uma solução

32 https://apps.apple.com/us/app/reality-composer/id1462358802 (consultado em: 16-10-2024).

33 https://www.adobe.com/pt/products/aero.html (consultado em: 16-10-2024).

de autoria em RA deve contemplar os seguintes pontos: permitir diferentes possibilidades de relacionar o conteúdo da aplicação com o mundo real (modos de *tracking*); fomentar a compatibilidade entre plataformas; apoiar um fluxo de trabalho colaborativo e permitir a reutilização futura.

4.3.3.1. Critérios para análise de ferramentas de autoria

Os critérios definidos para analisar as ferramentas de autoria foram delineados com base na revisão da literatura, combinando pontos enunciados por diferentes autores, mas também com base no conhecimento empírico acumulado ao longo do desenvolvimento de experiências anteriores em RA (Marques, Branco, Costa, et al., 2022; Marques et al., 2021):

Acessibilidade – A relevância da acessibilidade em ferramentas *new media* é referida por Gandy & MacIntyre (2014) no sentido tecnológico, mas também no sentido de apresentar menos barreiras à entrada em geral. A acessibilidade tecnológica diz respeito à necessidade de proporcionar um ambiente de autoria estratificado que permita ao utilizador aceder a um nível apropriado de complexidade. Neste contexto, estendeu-se o critério da acessibilidade à acessibilidade económica, que pode também ser uma barreira à entrada de designers que pretendam iniciar-se na exploração desse meio.

Modos de *tracking* e compatibilidade de dispositivos – O suporte de diferentes possibilidades de relacionar o conteúdo da aplicação com o mundo real (*tracking modes*) e a necessidade de fomentar a compatibilidade entre plataformas (diferentes dispositivos) são dois critérios apontados por Schmalstieg & Höllerer (2016) para uma solução de autoria em RA bem-sucedida.

Interatividade – Para Billinghurst et al. (2015) as ferramentas de autoria *no-code* permitem criar facilmente conteúdo RA com o mínimo de conhecimento de programação, porém oferecem pouca flexibilidade. Nesse sentido, é importante averiguar se as ferramentas recolhidas suportam algum nível de interação e se esse suporte é feito sem recurso a programação.

Tipo de ferramenta de autoria – Uma das características apontadas por Leiva et al. (2020) para uma nova ferramenta de prototipagem em RA é a possibilidade de posicionar recursos no espaço através da manipulação direta, que é conseguida através de ferramentas de autoria imersivas ou mistas. Para os autores, *"Positioning 3D assets on an AR experience should be as easy as placing a cup of coffee on top of a table."* (Leiva et al., 2020, p. 5).

Publicação – O local de publicação relaciona-se com a acessibilidade, não a acessibilidade dos criadores de conteúdo, mas a acessibilidade aos conteúdos pelos utilizadores.

4.3.4. Questão de Investigação

Com base na revisão da literatura, identificou-se a ausência de uma recolha sistemática exaustiva das ferramentas de RA sem código atualmente disponíveis online. Esta recolha existe, mas está limitada à literatura académica, excluindo muitas soluções que estão atualmente disponíveis online de forma gratuita. Identificou-se ainda a inexistência de literatura sobre os pontos fortes e as limitações da utilização deste tipo de ferramentas sem código para a representação de dados.

Colocava-se a seguinte questão de investigação: No âmbito da representação de dados, quais são as ferramentas *no-code* para RA atualmente disponíveis que melhor se adequam à utilização por designers sem conhecimentos de programação?
Pretendia-se, ainda, averiguar quais eram as principais vantagens e limitações da utilização destas ferramentas face a motores de jogo, como o *Unity*.
Com este estudo procurou-se cumprir três objetivos: (1) Mapear e caracterizar o conjunto de ferramentas *no-code* disponíveis atualmente online. (2) Traçar as limitações e os pontos fortes de trabalhar com as ferramentas recolhidas, tendo por base de comparação o trabalho feito anteriormente no âmbito do desenvolvimento de *Floating Companies* em *Unity*. (3) Ilustrar o tipo de visualização que é possível desenhar com ferramentas *no-code*, utilizando dados do Design OBS, à semelhança da estratégia seguida anteriormente (Marques, Branco, Costa, et al. (2022), Marques et al. (2021)).

4.3.5. Metodologia

Este estudo pode ser dividido em três partes – a primeira parte visou a recolha e caracterização das plataformas RA *no-code*; a segunda parte consistiu na verificação das limitações dessas plataformas relativamente às tarefas realizadas durante o desenvolvimento de FLOC; a terceira parte apresenta um projeto de representação de dados – *Pencils II* – construído a partir de uma ferramenta *no-code*, utilizando dados do Design OBS relativos às empresas de Design portuguesas.
Com a recolha sistemática de ferramentas *no-code* e a identificação das suas limitações relativamente às plataformas de desenvolvimento pretendia-se não só mapear este universo, mas também qualificar a utilização destas ferramentas, identificando as suas vantagens, mas também o tipo de tarefas para as quais não estão preparadas. São também explorados alguns desafios e complementaridades entre aplicações de RA sem código, com ferramentas de implementação, aproximando a RA de designers sem competências avançadas de programação.

O levantamento das ferramentas *no-code* foi efetuado utilizando o método de recolha de revisão sistemática. O processo de recolha, bem como a caracterização, estão documentados na base de dados *"No-Code AR Platforms"* (Marques, 2023).
De forma a construir um levantamento abrangente, este estudo recorre a uma revisão de literatura sistemática através de pesquisa web, tal como descrita por Stansfield et al. (2016), que sugerem um processo de três fases:
1. Planear a pesquisa implica fundamentar / justificar e informar as decisões sobre: onde pesquisar, quem está a realizar a pesquisa e o prazo e recursos disponíveis para a revisão.
2. Executar a pesquisa com o principal objetivo de utilizar cada recurso de uma forma consistente e adequada individualmente. **3**. Por fim – triagem de registos relevantes – os resultados obtidos devem ser filtrados de acordo com a sua relevância e de acordo com critérios de elegibilidade previamente estabelecidos.

4.3.5.1. Planear a pesquisa

A pesquisa por *software* RA *no-code*, utilizando a pesquisa avançada do *Google*, foi motivada pela necessidade de fazer um levantamento abrangente que frequentemente não se encontra documentada na literatura académica. A recolha implicou a pesquisa avançada no *Google* (tabela 4.6), com base nos termos: *"no-code augmented reality"*, *"augmented reality without coding"* e *"augmented reality without programming"*.
O objetivo de realizar a pesquisa a partir de três termos sinónimos foi abarcar o máximo de resultados, em vez de ancorar toda a pesquisa num único termo, que poderia não ser o mais representativo do campo em análise. Um dos principais desafios do planeamento da pesquisa é saber quais os sites mais apropriados para a pesquisa (Stansfield et al., 2016). Neste contexto, pretendeu-se fazer um levantamento de ferramentas o mais completo possível, pelo que apenas foram excluídos anúncios, páginas de *Facebook* e perfis de *Linkedin*.

Tabela 4.6 – Recolha de plataformas de RA *no-code* com base em três pesquisas avançadas utilizando o *Google*.

Termos da pesquisa	***"no-code augmented reality"***	***"augmented reality without coding"***	***"augmented reality without programming"***
Intervalo temporal	Todos os resultados até 26/10/2022	Todos os resultados até 27/10/2022	Todos os resultados até 27/10/2022
Critérios de pesquisa avançada Google	Todas estas palavras: *no-code augmented reality*; exatamente esta palavra ou expressão: *no-code augmented reality*; idioma: inglês; região: qualquer região; última atualização: em qualquer altura; termos apresentados: no título da página; tipo de ficheiro: qualquer formato.	Todas estas palavras: *augmented reality without coding*; exatamente esta palavra ou expressão: *augmented reality without coding*; idioma: inglês; região: qualquer região; última atualização: em qualquer altura; termos apresentados: no título da página; tipo de ficheiro: qualquer formato.	Todas estas palavras: *augmented reality without programming*; exatamente esta palavra ou expressão: *augmented reality without programming*; idioma: inglês; região: qualquer região; última atualização: em qualquer altura; termos apresentados: no título da página; tipo de ficheiro: qualquer formato.
Contagem de resultados	23 resultados	6 resultados	4 resultados
Contagem de resultados (depois de excluir as páginas de Facebook e LinkedIn)	20 resultados	6 resultados	4 resultados

4.3.5.2. Executar a pesquisa

Depois de aplicados os critérios de exclusão, as pesquisas avançadas deram origem a 30 páginas web (coluna *source* da folha *Executing the search* (Marques, 2023)), de onde foram extraídos os nomes das plataformas RA manualmente. Na maior parte das páginas web, os nomes do *software* foram extraídos através de uma navegação ao longo do URL. No caso de links de *Youtube*, o *software* foi retirado do conteúdo do vídeo.
No caso de publicações no site *Reddit* ou *Twitter*, foi considerado apenas o post resultado da pesquisa e os seus comentários. Do total de páginas web analisadas, duas páginas não mencionavam qualquer plataforma RA, as 28 páginas restantes apontavam 38 nomes de supostas plataformas RA *no-code*: *Bundlar*, *Brand XR Studio*, *Geenee AR*, *Zapworks*, *Adobe Aero*, *AR Media*, *ARway*, *Aryel*, *Augmania*, *Minsar*, *PlugXR*, *Scapic*, *Spark Studio*, *XR+*, *Amazon Sumerian*, *Appypie*, *AR Code*, *Augm it!*, *Blipparbuilder*, *Byldr*, *CanvasLogic*, *Envisage AR*, *Epigraph*, *Imersian*, *JigSpace*, *Lens Studio*, *MetaVRse*, *MyWebAR*, *Reality Composer*, *Scopear*, *ThreeKit*, *UniteAR*, *Vuforia Studio*, *Wintor AR*, *WorldCAST*, *XR Today*, *Hololink*, *Quartz Composer*.

4.3.5.3. Triagem de registos

Para este estudo foi considerado apenas o *software* que cumprisse os seguintes critérios:

Tipo de ferramenta: A plataforma tem de ser uma ferramenta de autoria. Nesse sentido, é necessário confirmar que os nomes extraídos de cada página web correspondem, de facto, a ferramentas de RA – incluem-se ferramentas de alta e baixa fidelidade. Excluem-se plataformas que têm como primeiro objetivo o *e-commerce* e o *marketing*, que são sobretudo dirigidas a empresas ou clientes que precisem de vender um produto.

Disponibilidade: A plataforma deve estar disponível online, excluem-se plataformas que tenham sido descontinuadas ou cujo site não pudesse ser acedido no momento da pesquisa.

Acessibilidade: A plataforma deve ser gratuita ou fornecer uma licença gratuita. Dentro das plataformas com licenças comerciais, mas que disponibilizam uma versão gratuita, incluem-se as seguintes tipologias:
Versão limitada gratuita; Utilização gratuita até x visualizações; Versão gratuita para utilização não comercial; Versão gratuita para utilização pessoal e comercial; Versão gratuita para testes e utilização pessoal. Excluíram-se plataformas que ofereçam uma versão teste só por um período limitado e aquelas que ofereçam teste sob marcação de reunião com equipa de *marketing* dessa plataforma.

Competências de programação necessárias: A plataforma deve disponibilizar sempre formas de interação sem código. Ficaram incluídas ferramentas que, além da abordagem *no-code*, prevejam a opção de programar para comportamentos mais complexos. Ficaram excluídas as ferramentas cuja utilização dependa totalmente de competências de programação.

Os critérios descritos permitiram incluir 12 plataformas neste estudo (ver tabela 3 em anexos): *Geenee AR; Adobe Aero; PlugXR Creator; Spark Studio; XR+; Blipparbuilder; Byldr; JigSpace; Lens Studio; Reality Composer; WorldCAST* e *Hololink.*

4.3.6. Resultados

4.3.6.1. Comparação das ferramentas *no-code*

Acessibilidade financeira – Quatro plataformas são de uso totalmente livre – *Adobe Aero*, *Spark Studio*, *Lens Studio* e *Reality Composer*. As restantes plataformas são de uso comercial, mas disponibilizam uma versão gratuita que pode: limitar a uso não comercial, limitar os recursos que oferece em relação à versão paga, ou obrigar à publicação com marca de água.

Interatividade – A classificação adotada assenta na análise das capacidades de cada ferramenta, mas sem recurso a código. Por exemplo, se uma ferramenta oferecer interatividade, mas apenas com recurso a programação, é considerada estática. *Geenee AR, Jigspace* e *WorldCast* são consideradas plataformas estáticas visto que disponibilizam uma

única forma predefinida de interação. As restantes plataformas oferecem formas variadas de interação – tanto em flexibilidade como na forma de implementar os processos interativos. Sete plataformas suportam a edição da interação com base no GUI – *PlugXR Creator; XR+; Blipparbuilder; Byldr; Lens Studio; Reality Composer* e *Hololink*. *Adobe Aero* e *Spark Studio* baseiam a sua interação num sistema conhecido como *drag and drop*. *Geenee AR* é a única plataforma que requer a escrita de código para implementar interação. A complexidade da interação suportada pelas diferentes ferramentas é altamente variável – embora o *Lens Studio* e o *Blipparbuilder* implementem interação com base no GUI, o *Lens Studio* apresenta um conjunto muito mais vasto de opções de interação, sendo altamente flexível. As plataformas *Lens Studio* e *Spark Studio* permitem criar experiências de RA sem escrever código, mas exigem algum conhecimento técnico e familiaridade com o ambiente de desenvolvimento. Estas ferramentas destacam-se como sendo aquelas que apresentam maior complexidade, mas também maior flexibilidade.

Autoria em camadas – Seis ferramentas oferecem um ambiente de autoria em camadas, suportando simultaneamente a programação: *Geenee AR; Spark Studio; XR+; Blipparbuilder; Lens Studio* e *Reality Composer*. Todos os casos analisados utilizam *Javascript*[34], excepto o *Reality Composer*, que é baseado em *Swift*[35].

Tipo de autoria – A maioria das ferramentas é considerada de autoria não imersiva; o *Byldr* é uma ferramenta de autoria imersiva; o *Adobe Aero* e o *Reality Composer* permitem simultaneamente as duas formas de ambiente de edição – imersivo e não imersivo.

Modo de tracking – As ferramentas analisadas suportam uma grande variedade de modos de *tracking* (Tabela 4.7). Os modos suportados por mais ferramentas são o *tracking* de superfícies (10 casos); o *tracking* de imagens (em suporte plano) (9 casos); e o *tracking* de rostos (5 casos). Neste critério, a ferramenta mais versátil é o *Lens Studio*, seguida do *Geenee AR*.

---

34 *Javascript* é uma linguagem de programação considerada de alto nível, amplamente utilizada no desenvolvimento de aplicações web interativas.

35 *Swift* é uma linguagem de programação de alto nível criada pela *Apple* em 2014. Foi desenvolvida com o intuito de facilitar a criação de aplicações para as plataformas *iOS*, *macOS*, *watchOS* e *tvOS*.

Tabela 4.7 – Modos de *tracking* suportados por cada plataforma.

	marcador / QR code	**imagem**	**corpo inteiro**	**rosto**	**ombros**	**tronco**	**mãos**	**pés**	**gatos / cães**	**objeto / modelo**	**conteúdo à volta do utilizador**	**superfície**	***world mesh***	***geo anchor***	***target* de área**	**N/A**
Geenee AR	X	X	X	X			X					X		X	X	
Adobe Aero		X										X				
PlugXR Creator		X										X				
Spark Studio	X		X	X			X					X				
XR+		X		X			X	X		X		X				
Blipparbuilder		X									X	X				
Byldr																X
JigSpace												X				
Lens Studio		X	X	X	X	X	X		X			X	X			
Reality Composer		X		X						X		X				
WorldCAST	X	X										X				
Hololink		X														

Compatibilidade de dispositivos – A maioria das ferramentas analisadas (Tabela 4.8) suporta dispositivos móveis (11 de 12), mas também existem ferramentas que suportam dispositivos *eyewear* (3). A maioria das ferramentas suporta o sistema operativo iOS (11) e, em segundo lugar, o *Android* (8). A ferramenta mais versátil em termos de compatibilidade de dispositivos é o XR+, que abrange dispositivos móveis *Android* e *iOS*, mas também dispositivos *eyewear*, (*Oculus Quest, o Oculus Go, o Oculus Rift* e o *HTC Vive*).

Tabela 4.8 – Compatibilidade de dispositivos por plataforma.

	Android	***iOS***	***Windows***	***Oculus Quest***	***Oculus Go***	***Oculus Rift***	***HTC Vive***	***Magic Leap***	***Hololens 2***
Geenee AR	X	X							
Adobe Aero		X							
PlugXR Creator	X	X							
Spark Studio	X	X							
XR+	X	X		X	X	X	X		
Blipparbuilder	X	X						X	
Byldr				X					X
JigSpace		X	X						
Lens Studio	X	X							
Reality Composer		X							
WorldCAST	X	X							
Hololink	X	X							

Publicação – As formas de publicação divergem entre as plataformas (Tabela 4.9). A maior parte (7 casos) permite a publicação na Web – conhecida como *Web AR*[36], que não requer a instalação de uma aplicação e o conteúdo de RA é acedido através de uma ligação, código QR ou código AR. Quatro ferramentas permitem a publicação na mesma plataforma utilizada para a criação do protótipo; uma ferramenta permite a publicação na sua própria aplicação; e duas outras ferramentas permitem a integração do protótipo numa aplicação existente. Uma ferramenta permite a publicação em *Web VR*[37] e outra em *AR Quick Look*[38]. Existem ainda ferramentas dedicadas ao conteúdo para redes sociais, como o *Lens Studio* e o *Spark Studio*.

---

36 *web AR* (*web-based augmented reality*) é uma tecnologia que permite a criação e visualização de experiências de realidade aumentada diretamente no navegador, sem a necessidade de instalar aplicações específicas.

37 *web VR* (*web-based virtual reality*) é uma tecnologia que permite a criação e visualização de experiências de realidade virtual diretamente no navegador, sem a necessidade de *software* dedicado, utilizando um dispositivo compatível com realidade virtual (por exemplo, óculos de realidade virtual, ou mesmo visualizadores baseados em *smartphone*, como o *Google Cardboard*).

38 *AR Quick Look* (https://developer.apple.com/augmented-reality/quick-look/) (consultado em: 14/10/2024) é uma funcionalidade da *Apple* que permite visualizar objetos 3D e conteúdo de RA diretamente em dispositivos *iOS*, como *iPhones* e *iPads*, sem a necessidade de uma aplicação externa. Usando esta funcionalidade, é possível visualizar modelos 3D em ambientes reais através da câmara dos dispositivos *iOS*, aproveitando as capacidades de RA integradas nesse sistema.

Tabela 4.9 – Publicação / modo de visualização por plataforma.

	Web AR	***Web VR***	***AR Quick Look***	**Plataforma usada para criar**	**Aplicação de visualização**	**Integração em app existente**	***Instagram***	***Snapchat***	***Facebook***	***Facebook Lite***	***Messenger***
Geenee AR	X										
Adobe Aero				X							
PlugXR Creator	X			X		X					
Spark Studio							X		X	X	X
XR+	X	X									
Blipparbuilder	X			X							
Byldr					X						
JigSpace	X										
Lens Studio								X			
Reality Composer			X	X		X					
WorldCAST	X										
Hololink	X										

4.3.6.2. Limitações das ferramentas

Após a recolha e caracterização das ferramentas disponíveis, decidimos determinar as suas limitações face ao motor de jogos *Unity*. Para o efeito, foi construída uma matriz (tabela 4.10) que resume as principais tarefas envolvidas no desenvolvimento da aplicação FLOC em *Unity*, sendo cada plataforma testada na execução de cada ação enumerada.

Essas ações correspondem genericamente aos milestones (M) abaixo mencionados, representando somente as tarefas mais importantes incluídas no desenvolvimento da aplicação FLOC:

M1) Lançar uma experiência de RA no espaço utilizando um *target* de área – trata-se da possibilidade de lançar o conteúdo virtual através do reconhecimento de uma área, um espaço interior que, no caso do FLOC, era a galeria de exposições.

M2) Relativamente à criação de múltiplas cenas e à navegação entre elas foi essencial integrar no FLOC uma vista principal – composta por todas as unidades da base de dados, e uma vista secundária (vista resumo) em que a mesma informação era

representada de forma integrada. A existência de duas vistas permitiu a coexistência de dois paradigmas de representação diferentes e a sua comparação.

M3) Refere-se à capacidade do *software* para ler e analisar uma base de dados, permitindo que os objetos sejam instanciados diretamente a partir desses dados. Esta funcionalidade foi essencial e, de todas as tarefas, destaca-se como a mais relevante para a criação de FLOC, uma vez que automatizou a representação de 2.714 empresas, uma ação que não seria viável manualmente. A leitura e análise da base de dados também permitiu atribuir uma legenda a cada esfera disponível (através de *tap*), fornecendo detalhes sobre a empresa selecionada.

M4) Consiste na atribuição de comportamentos reativos aos objetos virtuais. Em FLOC esta possibilidade materializou-se, por exemplo, na vista resumo, onde, ao clicar nas esferas, se alterava o aspeto visual desse objeto e era apresentada uma legenda – neste caso uma legenda construída manualmente e não através do acesso à base de dados.

M5) A importação de imagens 2D permitiu, no caso da aplicação FLOC, importar o mapa de Portugal – um objeto que apesar de simples, permitiu contextualizar geograficamente a experiência. A importação ou criação de modelos 3D foi também essencial para a criação do FLOC, embora não esteja incluída na matriz por ser uma tarefa suportada por todas as ferramentas analisadas.

M5) Por último, a possibilidade de criar uma interface gráfica (GUI) (na tela de ecrã) suporta a existência de botões no espaço do ecrã, em vez de botões em RA. A vantagem da interface gráfica numa experiência de RA é que permite que alguns botões ou menus estejam sempre ao alcance do utilizador, que não precisa de os procurar no ambiente real. No caso da FLOC, a interface gráfica permitiu, por exemplo, aceder à vista resumo e ao URL para a base de dados.

Tabela 4.10 – Matriz assinalando as ferramentas *no-code* que permitem executar importantes tarefas identificadas em FLOC.

M	*Milestones* **de desenvolvimento com** *Unity* **(com base no FLOC)**	***Geenee AR***	***Adobe Aero***	***PlugXR Creator***	***Spark Studio***	***XR+***	***Blipparbuilder***	***Byldr***	***JigSpace***	***Lens Studio***	***Reality Composer***	***WorldCast***	***Hololink***
1	Exibir uma experiência RA no espaço utilizando um *target* de área.	X											
2	Criar múltiplas vistas e a navegação entre elas.	X		X	X	X	X	X		X	X		X
3	Instanciar objetos diretamente através da leitura e análise de uma base de dados, com cada entrada da base de dados correspondendo a um objeto instanciado.												
4	Atribuir comportamentos responsivos ao *tap* ou clique, incluindo uma alteração no aspeto visual do objeto clicado e a apresentação de uma legenda.		X	X	X	X		X		X	X		
5	Importar imagens 2D.	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
6	Criar uma interface gráfica (GUI) (tela de ecrã).				X					X			

Nenhuma das ferramentas analisadas teve a capacidade para recriar todas as tarefas envolvidas em FLOC. A tarefa 3 destaca-se particularmente por não ser exequível por nenhuma das ferramentas analisadas. Nenhuma das ferramentas incluídas neste estudo permitiu a análise de uma base de dados para criar ou instanciar objetos com base nos dados armazenados (*milestone* 3), um passo crucial no desenvolvimento de FLOC. De facto, o *Reality Composer* permite criar dois tipos de gráficos tradicionais em RA a partir de uma base de dados csv importada pelo utilizador – gráfico de barras e gráfico circular – mas não permite, sem recurso a código, programar a instanciação de objetos virtuais diretamente a partir da base de dados fornecida. Existe uma grande limitação nas ações que podem ser executadas a partir da leitura da base de dados com o *Reality Composer*, que ainda assim é a única ferramenta analisada a permitir ler um ficheiro csv. Sem a capacidade de ler, analisar e atuar sobre os dados armazenados numa base de dados, não teria sido possível obter um protótipo funcional como a aplicação FLOC devido à grande quantidade de dados envolvidos.

À exceção da leitura e análise de uma base de dados, essencial à representação de dados algorítmica, as ferramentas *no-code* permitem realizar todas as restantes tarefas envolvidas na construção de FLOC. *Spark Studio* e *Lens Studio*, ambos destinados à publicação em redes sociais, destacam-se como as ferramentas que permitiram a realização do maior número de tarefas.

Durante a execução das tarefas descritas na tabela 5, foi possível constatar uma menor flexibilidade em todas as ferramentas *no-code* incluídas no estudo – uma grande parte das tarefas pode ser executada, mas de uma forma predefinida ou fechada comparativamente ao Unity, oferecendo muito menos liberdade criativa. Por outro lado, são ferramentas muito menos complexas e tornam a realização de cada tarefa mais rápida. Uma menor flexibilidade acompanhada de uma menor complexidade torna todo o processo de criação de RA significativamente mais fácil e menos frustrante ou doloroso, como referem Gandy e MacIntyre (2014), uma vez que é bastante simples obter uma experiência de RA funcional.

4.3.6.3. Um projeto *no-code – Pencils II*

Apesar da distinção entre infografia e visualização de dados feita por Iliinsky & Steele (2011) ser demasiado restrita para se compreender este campo em todas as suas dimensões, oferece uma base de trabalho útil para enquadrar a representação de dados que é materializada com base em ferramentas de RA *no-code*. Uma representação visual de dados que não é feita algoritmicamente é, tipicamente, o tipo de visualização que ferramentas sem código permitem desenvolver, já que não suportam a leitura e análise de uma base de dados. Contudo, este tipo de ferramentas de autoria permite trabalhar a vertente da comunicação (Masud et al., 2010), nomeadamente a exploração de metáforas visuais para comunicar resultados e gerar envolvimento do público.

Pencils II é um protótipo destinado a ilustrar o que pode ser uma representação de dados de RA utilizando exclusivamente ferramentas sem código. O projeto foi desenvolvido para relacionar a informação sobre as empresas portuguesas de design, nomeadamente sobre a receita proveniente da venda de produtos e serviços (em K€) – o volume de negócios – e informação sobre a percentagem de exportação por NUTS II (regiões de Portugal: Norte, Centro, AML, Alentejo, Algarve, Madeira e Açores) em 2019. A Tabela 4.11 sintetiza os dados representados neste protótipo de RA, que foram retirados da base de dados sobre empresas de design registadas com o código 74100 (atividade de design) em Portugal no ano de 2019 (Costa et al., 2021), a mesma utilizada em FLOC.

Tabela 4.11 – Dados sobre as empresas de design portuguesas representadas no projeto *Pencils II*.

NUTS II	Ano	Produtos (K€)	Serviços (K€)	Volume de negócio (K€)	Exportação (%)
Norte	2019	61714	82820	144534	11,43
Centro	2019	10768	29703	40471	9,10
AML	2019	38693	112255	150947	8,64
Alentejo	2019	997	7394	8391	10,85
Algarve	2019	5380	10204	15584	7,21
Açores	2019	384	939	1323	10,12
Madeira	2019	822	3589	4411	7,06

O *software* utilizado no desenvolvimento do projeto incluiu o *Adobe Aero* – para criar a experiência de RA – e o *Cinema 4D* – para modelar e animar os objetos 3D. Embora o *Adobe Aero* não se encontre entre as plataformas mais versáteis em termos de modos de *tracking*, compatibilidade de dispositivos ou formas de publicação, encontra-se entre as poucas plataformas que suportam a edição em modo imersivo e não imersivo. O *Reality Composer* também abrange ambos os modos, mas a sua utilização num computador está agora integrada no *Xcode* – uma ferramenta de programação para *iOS*. Ao suportar simultaneamente os modos digital e imersivo, o *Adobe Aero* torna o processo de design de RA muito fluido, permitindo ao designer desenhar no ambiente digital e pré-visualizar o conteúdo no ambiente imersivo, alternando entre modos de visualização muito rapidamente. Esta característica resultou numa rápida execução das tarefas enumeradas no quadro 5, o que foi decisivo para a sua adoção. O propósito de desenvolver um projeto a partir de dados previamente analisados foi ilustrar apenas a fase comunicacional, na qual a metáfora visual é criada.

Neste caso, o exercício consistiu em encontrar uma forma de compilar os dados numa narrativa fluida utilizando uma metáfora visual significativa, tendo em conta o tema. A análise e reflexão iterativa foi efetuada em conjunto com a restante equipa em reuniões periódicas, no sentido de desenhar e melhorar progressivamente o artefacto, definir caminhos possíveis do ponto de vista da comunicação dos dados, como por exemplo o recurso a outras metáforas visuais e a aspetos do campo do design – tamanho dos objetos virtuais, modelação tridimensional, cor e aspetos relacionados com a interação. Estas reuniões também serviram para refletir sobre as limitações da experiência e potenciais aspetos a corrigir e/ou melhorar, como por exemplo a distinção gráfica entre serviços e produtos e a alteração da cor, a utilização de outros modos de *tracking* (em vez da deteção de plano horizontal), a escala da experiência e outras possibilidades de interação.

4.3.6.3.1. Descrição do Projeto

Pencils II (Fig. 4.33) retrata o panorama das empresas de design nas sete regiões (NUTS II) de Portugal – Norte, Centro, AML, Alentejo, Algarve, Açores e Madeira – relativamente ao seu volume de negócios, à semelhança da aplicação FLOC.

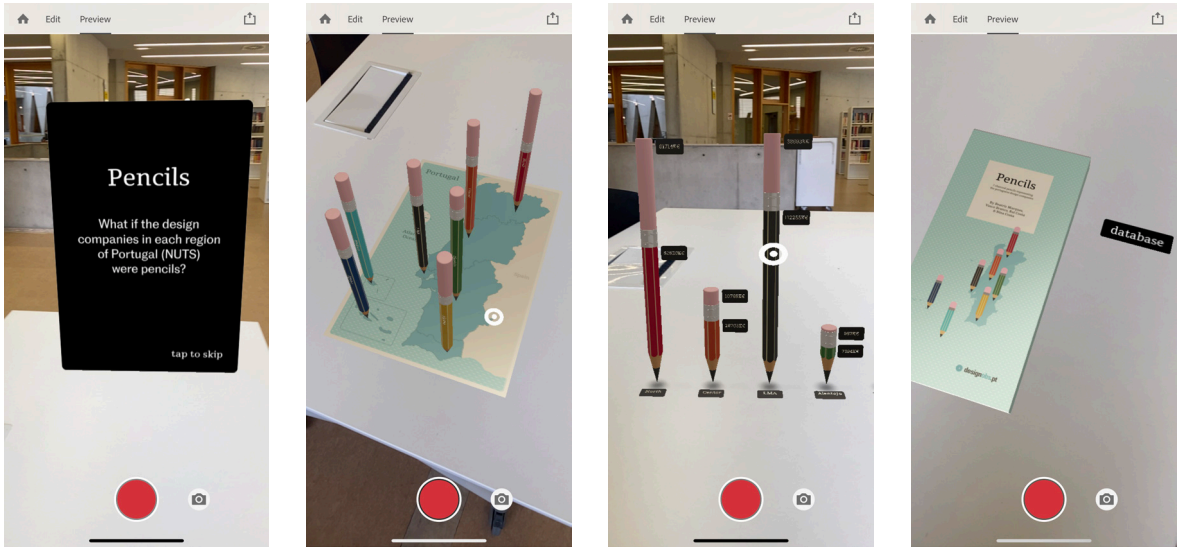


Fig. 4.33 – Capturas de ecrã de *Pencils II*. **Fig. 4.33a** – Painel informativo com uma breve apresentação da experiência. **Fig. 4.33b** – Sobrepostos a um mapa de Portugal, aparecem sete lápis representando as várias regiões (NUTS II) do país. A configuração física de cada lápis representa diferentes aspetos sobre as empresas da região correspondente. Neste momento da narrativa, a borracha representa a percentagem da receita gerada pela venda de produtos, a madeira representa a percentagem da receita gerada pela venda de serviços e o bico em carvão representa a percentagem de exportação. **Fig. 4.33c** – Os valores percentuais sobre os produtos e os serviços dão lugar a valores absolutos (em €) e a configuração dos lápis acompanha essa alteração – o que justifica que alguns lápis fiquem muito maiores que outros.
Fig. 4.33d – A narrativa termina com os lápis a regressarem à sua caixa.

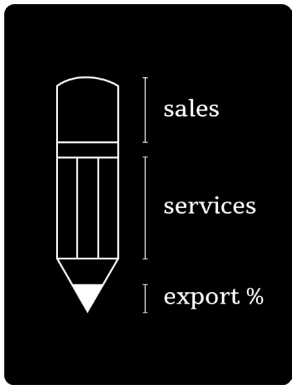


Fig. 4.34 – Legenda de *Pencils II*.

Fig. 4.35 – Código QR para aceder a *Pencils II*.

Cada região é representada por um lápis cuja configuração física comunica informações sobre as empresas dessa região (Fig. 4.34) – a borracha representa as vendas, a madeira representa os serviços e o bico em carvão representa a percentagem de exportação. A utilização de lápis como metáfora visual para representar as empresas de design foi motivada pelos testes de utilizador a FLOC II, em que um participante mencionou que, visualmente, a experiência era um pouco aborrecida, mas que compreendia por se tratar de uma peça informativa. Apesar de se tratar de uma peça informativa, procurámos integrar a metáfora visual em *Pencils II* como forma de enfatizar o carácter lúdico e comunicacional da experiência, uma vez que informação e entretenimento não têm necessariamente de ser incompatíveis, como a área do Jornalismo Imersivo já demonstrou.

A experiência em RA pode ser acedida através de um código QR (Fig. 4.35) utilizando um dispositivo *iOS* com o *Adobe Aero* instalado (instalação gratuita). A experiência inicia com um evento introdutório em que os lápis se encontram distribuídos num mapa de Portugal, permitindo uma melhor contextualização geográfica dos dados e da própria experiência de RA que pode ser acedida em qualquer localização, sem que haja uma ligação semântica entre os dados e o ambiente real onde o conteúdo virtual se insere. O modo de *tracking* utilizado utiliza a deteção de um plano horizontal que pode ser um tampo de mesa, idealmente, ou mesmo o chão. Em *Pencils II*, o utilizador avança numa pequena narrativa que se desdobra em vários eventos (Fig. 4.36): primeiro o projeto é apresentado numa breve sucessão de painéis; em seguida os lápis aparecem na cena representando a percentagem de vendas de produtos, serviços e exportações, e distribuídos geograficamente num mapa de Portugal. Na terceira vista, os lápis passam a estar lado a lado, para permitir a comparação de alturas. Na quarta fase, os valores percentuais dão lugar aos valores absolutos (em €), exibindo as diferenças significativas no volume de negócio em cada região, e onde AML e Norte sobressaem com os valores mais elevados. Na cena seguinte, os lápis correspondentes às regiões com menor volume de negócio (todas à exceção de AML e Norte) são combinados num único objeto, no sentido de permitir a sua comparação com as duas regiões com maior volume de negócio. Na cena final, os lápis são arrumados numa caixa, encerrando a narrativa e possibilitando ao utilizador aceder ao URL das bases de dados que suportam a experiência.

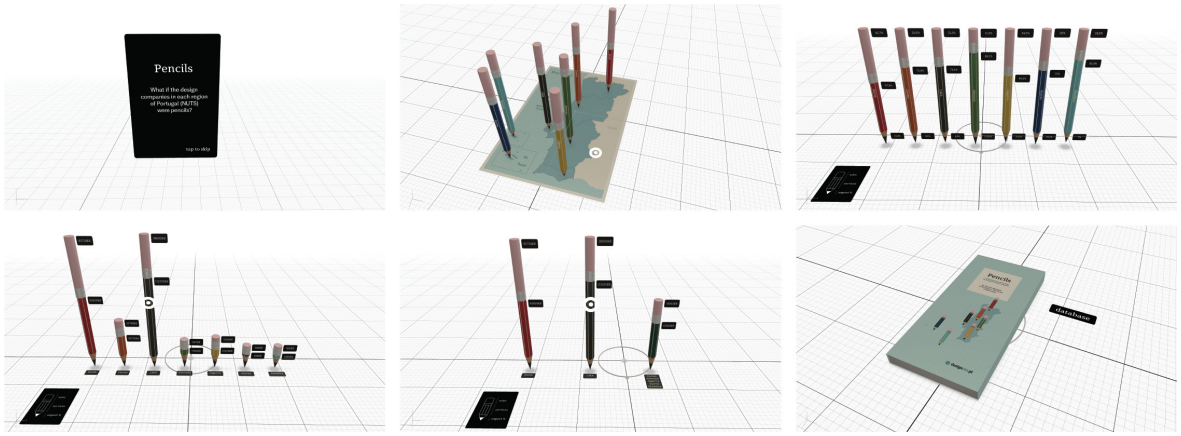


Fig. 4.36 – Sequência de capturas de ecrã (editor do *Adobe Aero* em ambiente de computador) mostrando a sequência narrativa de *Pencils II*.

Ao agregar vários valores num número mais pequeno de marcas visuais, *Pencils II* enquadra-se na visualização de dados tradicional. Diferentemente, FLOC pertence ao que Ivanov et al. (2019) designa por *immersive unit visualization* – visualizações em que cada ponto de dados é representado por uma marca visual separada – ao mesmo tempo que oferece uma visão tradicional e agregada dos dados – a vista resumo. Em *Pencils II* procura-se sintetizar a informação e exibir uma perspetiva geral dos dados, enquanto em FLOC não há um exercício de sintetização. Ambos os projetos pretendem tornar concreta uma abstração numérica, mas fazem-no de formas radicalmente diferentes e as ferramentas em si parecem oferecer diferentes formas de pensar e, portanto, de visualizar. Tendo em conta a distinção entre infografia e visualização pelos critérios de Iliinsky & Steele (2011), FLOC enquadra-se melhor na visualização de dados e *Pencils II* na infografia. FLOC suporta uma grande quantidade de dados, foi desenhado algoritmicamente, e pode ser reproduzido automaticamente com dados diferentes. *Pencils II* foi desenhado manualmente, com um tratamento personalizado da informação, e seria laborioso (e demorado) de recriar com dados diferentes. Devido ao tratamento personalizado da informação, a quantidade de dados incluída é limitada.

4.3.7. Discussão

As ferramentas *no-code* não substituem ferramentas de implementação total na visualização de dados, visto que são limitadas relativamente à leitura e análise de uma base de dados – tarefas essenciais à representação com base algorítmica, sem a qual não é viável analisar e representar grandes conjuntos de dados. Esta limitação é mais evidente no caso da *immersive unit visualization* – em que os dados não são agregados, em vez disso, cada unidade é representada individualmente, tornando a representação manual inviável ou extremamente morosa. Além disso, as ferramentas *no-code* oferecem muito menor flexibilidade relativamente a ferramentas mais complexas que permitam programar, podendo também oferecer limitações em termos de tamanho da cena.
Apesar de serem menos flexíveis do que as ferramentas de implementação total (por exemplo, as ferramentas *no-code* oferecem um número limitado de comportamentos de interação, o que não acontece em plataformas de desenvolvimento baseadas em programação), as ferramentas *no-code* permitem criar mais rapidamente metáforas visuais capazes de comunicar um conjunto de dados. A sua principal vantagem é o acesso verdadeiramente fácil à criação de conteúdos de RA, sendo uma porta de entrada para designers sem experiência prévia no design para RA. De facto, é importante aproximar os designers de todas as tecnologias, permitindo-lhes assim alargar o seu campo de ação.

A baixa complexidade de *Adobe Aero*, à semelhança de outras ferramentas *no-code*, permite uma conceção rápida e traz fluidez ao processo de desenvolvimento, mas não acrescenta exatamente fluidez de pensamento. As ferramentas *no-code* automatizam fluxos de desenvolvimento que não se encontram automatizados em motores de jogos, que normalmente precisam de suportar uma maior flexibilidade e complexidade de processos. Por exemplo, ao criar uma experiência de RA utilizando uma ferramenta no-code, o projeto evolui a partir da seleção do modo de *tracking*. Em motores de jogos, os designers criam o seu próprio trajeto sem que haja um fluxo de desenvolvimento predefinido, o que requer mais experiência (os designers podem mesmo incluir vários modos de *tracking* simultaneamente). As ferramentas *no-code* permitem a realização rápida de ideias simples, mas dentro de um conjunto fechado de possibilidades. As ferramentas de desenvolvimento e as ferramentas *no-code* são complementares e utilizadas em momentos diferentes. De qualquer forma, coloca-se a seguinte questão: valerá a pena desenhar com estes mecanismos limitados ou será melhor utilizar sistemas já dominados e pedir aos tradutores (programadores) que depois apliquem estes mecanismos a um novo suporte ou meio? Consideramos fundamental que a conceção de uma experiência de RA passe necessariamente pelo contacto com a RA, mesmo que seja com ferramentas limitadas, pois estas permitem visualizar o projeto no espaço híbrido e esse contacto levanta questões relevantes relacionadas com o meio, que o desenho noutros formatos não poderia suscitar.

Ainda do ponto de vista do design, coloca-se outra questão que se prende com a relação entre os designers e a programação computacional: Será que o designer deve posicionar-se à margem do código e depender inteiramente de alguém que traduza o seu pensamento numa linguagem de programação? *Tradurre è tradire* (Traduzir é trair), pelo que será sempre desejável que um designer pense já a partir de uma gramática digital. Mas terão as ferramentas *no-code* um léxico já suficientemente amplo para que esse

desenho seja capaz ou criador do novo? Ou será esta perda (usar um sistema mais pobre) maior do que a tradução posterior de um desenho mais robusto por técnicos especialistas? Embora sejam boas portas de entrada para o meio da RA, as ferramentas *no-code* conduzem excessivamente o projeto a uma solução final *standard*. Mas, mais uma vez, quanto mais pessoas se envolverem com estas ferramentas, mais e porventura melhores soluções surgirão.

Ainda hoje grande parte dos designers desenha manualmente, rabisca (mesmo que seja num *ipad*), porque parece haver uma conexão imediata entre imagens pensadas e desenhadas, e até porque o acaso e a serendipidade representam um papel essencial nesse processo. Alguns alunos, tentam fazê-lo diretamente no computador, já com aplicações finais, o que de certa forma lhes embota o seu pensamento – pensam em função dos limites dessa máquina, ou deixam a máquina gerir o pensamento. É importante que as ferramentas *no-code* sejam assumidas pelos designers como uma porta de entrada, e mesmo como uma forma de prototipagem rápida, mas não como o lugar único onde o projeto surge e é desenvolvido. Tal *modus operandi* conformaria qualquer projeto de RA a uma matriz sempre idêntica, anulando a exploração livre de novos caminhos de desenvolvimento, da qual dependerá a formação de uma linguagem própria para este meio.

4.3.8. Conclusões

Este estudo teve como objetivo identificar, descrever e comparar as ferramentas de RA *no-code* atualmente disponíveis on-line, bem como determinar as suas limitações em relação a plataformas de desenvolvimento como o *Unity.* O estudo foi densificado através de um projeto de representação de dados com RA utilizando exclusivamente ferramentas *no-code*. Ao apresentar ferramentas alternativas aos motores de jogos e às plataformas de desenvolvimento que requerem conhecimentos de programação, e ao ilustrar uma possível utilização dessas ferramentas no domínio da visualização de dados, esperamos tornar mais acessível a apropriação desta tecnologia por designers de informação, pelo menos numa fase inicial da sua introdução ao campo da RA.

Este estudo também apresenta limitações que, por sua vez, apontam para futuras direções de investigação. A ausência na literatura sobre critérios usáveis na análise de ferramentas de autoria em RA adequadas especificamente à atividade dos designers teria sido útil nas fases de descrição e avaliação das ferramentas recolhidas. Como estudo futuro, seria interessante comparar a interpretação de *Pencils II* à interpretação de um gráfico bidimensional tradicional representando a mesma informação, para determinar em que aspetos específicos a RA pode ser mais eficaz ou eficiente que um gráfico tradicional em termos de comunicação de informação.

4.4. Discussão dos resultados

Neste capítulo, mapeamos as possibilidades introduzidas pela realidade aumentada nas três dimensões principais da visualização narrativa – vista, foco e sequência; identificamos as mais valias da utilização de um HMD comparativamente a um HHD para a visualização no espaço híbrido cuja exploração por parte dos utilizadores depende em grande medida da sua credibilidade; e explorámos as ferramentas de autoria *no-code* adequadas à criação de conteúdo RA por designers, identificando as limitações e vantagens face a ferramentas de desenvolvimento programáveis.

Possibilidades narrativas e semânticas introduzidas pela RA

Wurman (2001, p. 261) ilustra a importância da tangibilidade na transformação de dados em informação. Segundo o autor, os factos só se tornam significativos quando se relacionam com conceitos compreensíveis – é por isso que dizer que um acre tem 43.560 pés quadrados é factual, mas não explica o que é um acre, enquanto dizer que um acre é equivalente à área de um campo de futebol americano não é tão exato, mas é mais compreensível porque assenta num conceito partilhado que pode ser visualizado mentalmente pela maioria das pessoas, neste caso pela maioria dos americanos. De facto, a informação só pode ser verdadeiramente compreendida por relação com aquilo que já se compreende.

A possibilidade de tornar concretos dados quantitativos abstratos (por exemplo quantidade, taxa, percentagem, relação) com ou sem correspondência visual a uma "realidade visível", através da sua simulação no ambiente real constitui uma das possibilidades mais relevantes introduzidas pela RA na visualização de dados. Esta possibilidade, a que chamamos concretização, aproveita a perspetiva horizontal, imersiva, própria do espaço emocional para comunicar informação de natureza estratégica. Este modo de conformar a informação é exclusivo da RA e, nesse sentido, aproxima-se daquilo que poderá ser uma linguagem própria desse meio. Como poderoso instrumento de visualização, a RA permite-nos ver e experimentar realidades alternativas através da sua simulação virtual, confrontando-nos com a proximidade face a essas possibilidades. Desse ponto de vista, a simulação que a RA permite vai além da simples visualização – porque não só pressupõe que a pessoa visualize, mas que consiga projetar-se dentro da realidade que essa cena virtual encerra.

O modo como os dados quantitativos são tornados concretos nos casos de estudo provenientes do jornalismo imersivo, mas também nos ensaios FLOC II e *Pencils II*, é variável , dependendo em grande medida da estratégia de representação adotada. Duas estratégias de representação principais foram identificadas, nomeadamente a metáfora visual e a visualização unitária. A metáfora visual constrói-se a partir do exercício de imaginar um cenário hipotético em que uma dimensão visual representa uma grandeza abstrata sem correspondência física a um objeto ou imagem, por exemplo o caso de *Election Forecasts* (Fig. 4.4) que equipara a percentagem de certeza relativamente

às previsões eleitorais americanas à percentagem de visibilidade do ambiente real do utilizador – quanto menos certeza há relativamente à sondagem, mais pixelizado se torna o filtro de RA que é aplicado sobre o ambiente real e vice-versa. A capacidade de ver torna-se, nesta visualização, uma metáfora para a capacidade de prever um resultado futuro. De facto, a metáfora visual pressupõe necessariamente uma comparação subentendida que pode basear-se em ideias ou conceitos inócuos, como acontece no exemplo *Election Forecasts*, ou assumir um caráter mais persuasivo, colado a uma determinada conotação. No universo da visualização de dados, um caso óbvio da ação da metáfora visual como veiculadora de uma conotação simbólica é a peça interativa "Um Ecossistema Político-Empresarial"[39], de Pedro Miguel Cruz (2014) (Fig. 4.37), que representa as relações entre políticos portugueses e os grandes grupos empresariais de Portugal, utilizando insetos para assinalar os intervenientes políticos.
A metáfora suporta uma forte dimensão autoral e por isso nunca é uma estratégia esvaziada em termos conotativos.



Fig. 4.37 – Captura de ecrã de "Um Ecossistema Político-Empresarial" de Pedro Miguel Cruz (2014).

A visualização unitária pressupõe que cada entrada da base de dados seja representada por uma marca visual individual, como exemplifica o ensaio FLOC II. Embora tanto FLOC II, como *Water footprint* sejam considerados visualizações unitárias, FLOC II enquadra-se no que Major & Basole (2019) classificam por visualização unitária direta – uma abordagem que posiciona cada unidade de acordo com os atributos ou valores dos dados; enquanto *Water footprint* (Fig. 4.38) representa um caso clássico de visualização unitária compacta – uma abordagem que agrega as unidades em vários contentores de acordo com os atributos dos dados.

39 Visualização interativa "Um Ecossistema Político-Empresarial", de Pedro Miguel Cruz: https://pmcruz.com/eco/ [acedido a: 15/12/2023].

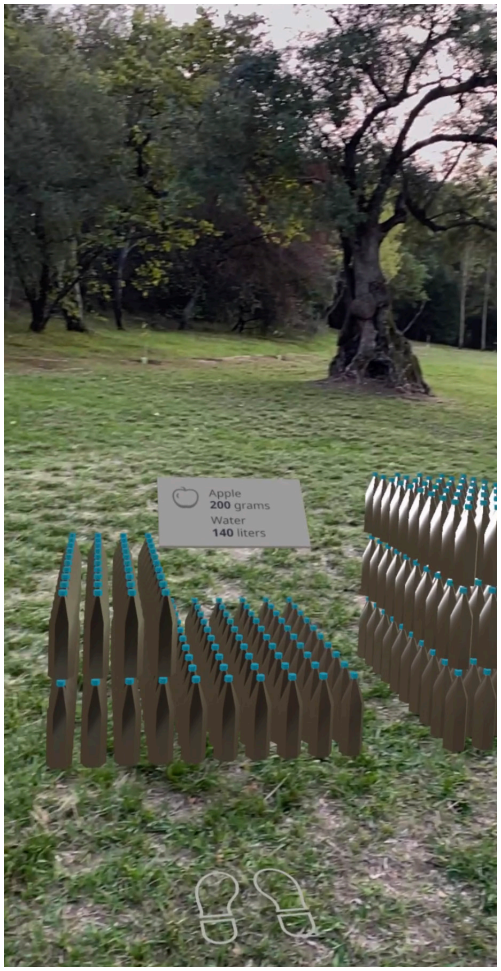


Fig. 4.38 –
Captura de ecrã de *"Water Footprint"* (Deutsche Welle, 2020).

Diferentes propósitos estão na origem das estratégias de representação identificadas. A metáfora visual dá uma forma concreta a conceitos abstratos, tornando-os mais facilmente compreensíveis, enquanto transmite ideias complexas de uma forma simplificada, tendo por isso um carácter explicativo. Esta estratégia de representação é, por isso, uma ferramenta de auxílio cognitivo que permite estabelecer uma relação entre a nova informação e aquilo que já se conhece. A visualização unitária transmite uma noção concreta de quantidade, enquanto privilegia a vista de detalhe que permite ao utilizador o contacto com um caso específico, normalmente escondido por trás de um número, fomentando uma certa proximidade, responsável por gerar empatia pelo tema representado. A metáfora visual é especialmente útil quando o tema representado não tem uma correspondência visual específica no mundo real e precisa de ser tornado compreensível através de uma comparação. A visualização unitária é utilizada para dar a ver, no ambiente real, dados que têm uma correspondência visual no mundo real, e/ou em que é necessário transmitir uma noção de quantidade de forma não-abstrata.

Enquanto na metáfora visual, a forte dimensão autoral e o sentido conotativo da mensagem são partes integrantes da estratégia comunicacional, sendo naturalmente assumidas, na visualização unitária há uma tentativa de representar o "real" de uma forma mais "imparcial", ou que procura aproximar-se da realidade. Tanto a metáfora visual como a visualização unitária têm por base uma correspondência dos dados abstratos com experiências que temos enquanto humanos no mundo físico, e o objetivo de transformar dados em informação, tornando a compreensão mais imediata e memorável através da criação de experiências envolventes e significativas.

Os recursos visuais presentes nos casos acima referidos traduzem diferentes propósitos, nomeadamente o propósito de representar e o propósito de assinalar. Representar implica que o recurso visual (por exemplo o modelo 3D) retrate genericamente um objeto ou classe de objetos – o caso dos objetos tridimensionais utilizados em *Inflation Shrinking Ray* (Fig. 4.14); o propósito de assinalar designa, neste contexto, a utilização de uma marca visual abstrata sem qualquer semelhança visual com o objeto/tema representado – o caso das esferas utilizadas em FLOC II. Nenhum dos casos aqui mencionados utilizou recursos visuais com o objetivo explícito de replicar um objeto real com o intuito de evocar o sentido de presença, já que nestes casos a simulação é sobretudo o contexto da comunicação e não a própria comunicação.

Dependendo da estratégia de representação utilizada e do propósito do recurso visual, a concretização de dados quantitativos abstratos como estratégia visual pode introduzir diferentes dimensões – pode ser explicativa; pode funcionar como auxílio cognitivo; pode fomentar a empatia e a sensibilização para um determinado assunto e sobretudo pode gerar envolvimento. Nesse sentido, o valor da qualidade imersiva da RA na visualização narrativa não reside apenas no envolvimento e na hipótese de evocar o sentido de presença ligado a uma dimensão emocional da experiência, apresentando simultaneamente oportunidades para uma dimensão explicativa que depende da exploração de estratégias como a metáfora visual e a visualização unitária. De uma forma mais abrangente, a concretização sobressai também como uma característica/qualidade implícita da visualização de dados com RA no sentido da materialização, do carácter quase tangível a que a simulação de um objeto virtual no espaço real aspira.

A utilização de HMD na visualização narrativa com RA

Os testes para comparar a utilização de HHD e HMD permitiram verificar a hipótese anteriormente colocada (Ensaio III – *Floating Companies*), ou seja que a utilização de um HMD fomenta uma melhor fusão entre os ambientes real e virtual, resultando num espaço híbrido mais credível, onde a fusão dos dois ambientes é fluida e contínua sem interrupções que quebrem essa leitura do espaço. A utilização do HMD otimizou a visualização no espaço híbrido em vários aspetos, nomeadamente a estabilidade do conteúdo virtual, a abrangência do campo de visão e sentido de imersão; a perceção espacial; a qualidade da simulação; a facilidade de utilização; a maior liberdade de movimentos; o foco na informação; e a componente lúdica. A combinação destas

melhorias impactou a leitura da informação e a criação de sentido a partir dos dados. O maior foco na parte visual e no áudio associados à experiência e à melhor perceção espacial resultaram na descoberta de elementos visuais e informação que tinham passado despercebidos durante a utilização do *tablet*, e proporcionou a descoberta de camadas de informação mais profundas que não foram mencionadas durante a utilização do *tablet*.

Ainda que sem perceber inteiramente a deformação ocorrida no eixo vertical, os participantes seguiram ativamente a sequência narrativa demonstrando um enfoque muito maior, relativamente à mesma experiência com HHD. O maior enfoque combinado com o maior envolvimento e diversão podem ser utilizados como forma de fomentar a exploração da informação durante mais tempo e de uma forma mais ativa e atenta.
A utilização de HMD neste tipo de visualização apresenta, portanto, várias oportunidades de desenvolvimento e exploração para o design de informação, sobretudo no âmbito da comunicação da informação e da narrativa. As melhorias introduzidas pela utilização de um HMD representam oportunidades não só para a *Immersive Unit Visualization* mas também para a visualização narrativa com RA, no sentido em que tornam a comunicação mais clara e permitem ao utilizador seguir, com muito menos esforço, a sequência de eventos que compõem uma estória.

As ferramentas *no-code* na exploração da visualização narrativa com RA

O universo das ferramentas de autoria em RA conta atualmente com algumas plataformas *no-code* de uso livre, facilitando o acesso a esta tecnologia por designers sem conhecimento de programação. Comparativamente a ferramentas de desenvolvimento e motores de jogos que implicam a escrita de código no desenvolvimento desta tipologia de artefactos, as ferramentas *no-code* conduzem a uma menor flexibilidade e também menor liberdade criativa, apresentando um fluxo de trabalho pré-definido e soluções relativamente fechadas. Por outro lado, a menor complexidade torna o processo de criação muito mais fácil, célere e livre de constrangimentos técnicos.
A impossibilidade de ler e analisar diretamente uma base de dados, essenciais à representação com base algorítmica, destaca-se como a principal limitação das atuais ferramentas *no-code*, que dessa forma obrigam a um desenho manual (não algorítmico) e personalizado dos dados, limitando a quantidade de dados representados e, consequentemente, condicionando a estratégia passível de ser adotada. Além disso, esta abordagem é sempre específica para os dados em questão, e por isso, difícil de recriar com dados diferentes (como a representação não é algorítmica, a substituição dos dados não é feita automaticamente, obrigando a um redesenho).

Apesar das limitações face a soluções de autoria mais complexas, este tipo de plataformas permite trabalhar a vertente comunicacional na visualização de dados:

"Neste caso, as visualizações não são utilizadas para uma análise detalhada dos dados, mas para contar histórias ou para comunicar o significado das relações entre os dados: o autor atua como intermediário no processo de comunicação, de modo a que a representação visual não seja utilizada para fazer suposições e análises, mas para comunicar resultados" (Masud et al., 2010, p. 448).

A principal vantagem das ferramentas *no-code* para a visualização narrativa com RA é o facto de suportarem facilmente o planeamento e a prototipagem de uma sequência narrativa – linear ou não linear, apesar das limitações em termos de quantidade de dados. Nesse sentido, este tipo de ferramentas pode ser útil numa fase inicial do desenvolvimento em que é necessário prototipar e testar várias hipóteses rapidamente, antes de passar a uma fase de implementação com ferramentas de desenvolvimento programáveis, em que não há tantos condicionamentos em termos técnicos (nomeadamente de tamanho e formas de interação suportadas). A aplicação *Pencils II* ilustra exatamente o tipo de limitações e oportunidades das ferramentas *no-code*, no sentido em que se baseia numa metáfora visual e na agregação dos dados como estratégia de representação. Estratégias envolvendo uma maior quantidade de dados, como a visualização unitária, não teriam sido viáveis, a menos que se tratasse de uma quantidade muito reduzida – o que de alguma forma limitaria a exploração que se pretende numa visualização unitária. Por outro lado, as formas pré-definidas de interação permitiram criar uma sequência narrativa linear, porém dinâmica, e a facilidade de utilização da ferramenta de autoria utilizada libertou maior disponibilidade de tempo para desenvolver as componentes estética e de comunicação, comparativamente ao processo de desenvolvimento da aplicação FLOC II.

O valor das ferramentas *no-code* para a visualização narrativa com RA é sobretudo o acesso fácil à criação deste tipo de visualização, motivando a sua exploração por cada vez mais praticantes. Contudo, o conhecimento das linguagens de programação computacional ainda necessárias ao domínio de ferramentas de desenvolvimento mais complexas, mas que também permitem maior liberdade criativa, é essencial à descoberta de novos caminhos de desenvolvimento da qual depende a exploração e consolidação de uma linguagem própria para a RA.

Capítulo 5. **Conclusões**

5.1. Considerações finais

Com o presente estudo procurou-se contribuir para o conhecimento sobre a representação de dados com realidade aumentada no âmbito do design de informação, tendo como campo de aplicação o Projeto Design OBS.. Partindo da premissa de que cada meio conforma o conteúdo de uma forma particular, a presente tese estudou a representação de dados no espaço híbrido, tendo como questões: **Em que medida a tecnologia da realidade aumentada, enquanto matéria da invenção, pode determinar o desenho da configuração ou da conformação de conteúdos? Quais as mais valias da utilização da realidade aumentada sob a perspetiva da representação de dados?** Ou seja, **que novas possibilidades narrativas oferece a realidade aumentada ao design de informação?**. Assim, procurou-se, em primeiro lugar, compreender o modo como a RA dá a ver informação e, em segundo lugar, descrever as possibilidades de criação de sentido que este modo de ver particular possa favorecer no campo da visualização narrativa.

Através de uma abordagem metodológica baseada na prática reflexiva, própria do projeto em design, a resposta às questões formuladas envolveu a exploração de diferentes modos de convergência entre design de informação e RA e materializou-se numa sequência de ensaios práticos. O desenvolvimento de vários artefactos exploratórios permitiu que se criassem as circunstâncias necessárias para o seu teste com pessoas e para a sua observação durante a visualização de dados no espaço híbrido. A simbiose estabelecida com o projeto Design OBS trouxe a esta investigação não só um banco de dados de uma área conveniente – o Design Português – mas também o enquadramento para testar os protótipos desenhados e implementados em contextos propícios, assim como um grupo de discussão sobre as várias temáticas trabalhadas.

Na sua globalidade, os resultados dos ensaios práticos permitiram olhar para o espaço híbrido a partir do conceito de espaço emocional, proposto por Ryan (2015), para descrever uma ideia de espaço associada a uma fruição de natureza estética e afetiva, onde prevalece uma perspetiva horizontal ou imersiva sobre o espaço. Ao simular a perspetiva do corpo vivido ou corpo próprio, a perspetiva horizontal associa-se a uma das qualidades intrínsecas da RA que é a habilidade para exibir o espaço da perspetiva de um corpo em movimento e do olho em movimento. Por um lado, a perspetiva horizontal é responsável por promover o prazer estético, a deambulação e a curiosidade, estimulando a exploração livre e a descoberta; por outro lado, torna difícil uma vista global e estratégica dos dados, importante para a compreensão de uma base de dados na sua totalidade.

Indagar sobre as possibilidades narrativas que a RA acrescenta ao design de informação, implicou uma incursão pelo campo do jornalismo imersivo, de onde têm surgido vários casos paradigmáticos de visualização narrativa com RA. A relevância do jornalismo imersivo no âmbito desta investigação resultou da necessidade de

estudar estratégias capazes de integrar o propósito narrativo e a interatividade – uma qualidade inerente da RA. A necessidade de olhar e aprender com um conjunto de casos provenientes desta área emergente do jornalismo implicou a utilização de uma estratégia metodológica adequada – a análise comparativa – e conduziu a investigação em direção a um momento predominantemente reflexivo que, ao contrário dos ensaios, não foi conduzido pela prática projetual. A análise deste território revelou que os casos estudados, embora aparentem dar às pessoas a capacidade de influenciar a narrativa, exercem um controlo relativamente rígido sobre ela. O controlo total da perspetiva e do enquadramento da cena pelo utilizador, aliado a estratégias que simulam o controlo da narrativa, permitem camuflar a linearidade que tipicamente caracteriza as sequências narrativas nos casos analisados. Recorrendo a apresentações dinâmicas com o objetivo de gerar envolvimento sem comprometer o carácter explicativo das visualizações, este conjunto de exemplos não ilustra como equilibrar interação e narrativa, mas sim como simular a possibilidade de atuar sobre a narrativa por parte do utilizador, salvaguardando o controlo da narrativa pelo autor.

Os resultados da análise comparativa sugerem que a RA acrescenta possibilidades sobretudo no domínio da codificação visual dos dados (vista), onde a simulação como estratégia visual permite duas vias de ação principais – a representação de um determinado fenómeno através da simulação como comunicação – réplica; e a representação de um determinado fenómeno através da simulação como contexto para a comunicação – mapeamento. Além da reinterpretação de formas de representação convencionais (por exemplo mapas, dioramas e maquetes), a simulação como forma de mapeamento apresenta novas possibilidades de criação de sentido à codificação visual, especificamente a possibilidade de atribuir uma existência concreta a dados abstratos com ou sem correspondência visual, através da simulação da sua presença no ambiente real – uma possibilidade a que chamamos concretização, por aproximação ao termo inglês *concretize* proposto por Bach et al. (2018). Ao materializar esta possibilidade, estratégias como a metáfora visual e a visualização unitária são particularmente relevantes, já que o seu significado ou depende ou é ampliado pela visualização do conteúdo virtual em ambiente real, o que só pode ser obtido por via da RA. Ao aproveitar a perspetiva horizontal própria do espaço emocional para comunicar informação de natureza estratégica, este tipo de abordagem visual aponta caminhos de exploração e consolidação de uma linguagem estética própria para a RA.

As circunstâncias criadas pelo modo de ver no espaço híbrido delimitaram o território para o pensamento sobre a representação de dados com RA e evidenciaram a necessidade de procurar formas de representação adequadas à comunicação de informação estratégica num espaço dominado por uma perspetiva imersiva, onde a perspetiva vertical – a que, tipicamente, permite comunicar informação estratégica – não é inata ou imediata. A imaginação, a invenção e o desenho de gráficos para este espaço imersivo desafia o próprio conceito de gráfico no sentido tradicional do termo, uma vez que a invenção do gráfico moderno teve em conta o meio impresso e assenta numa abstração ou sintetização da realidade para uma superfície plana, através de uma codificação adequada às caraterísticas e potencialidades do papel. É nesse sentido que propomos a ideia da representação de dados no espaço híbrido como uma inversão da

abstração dos gráficos tradicionais em direção à sua concretização e transposição para o mundo real: da abstração para a concretização; de uma perspetiva vertical para uma perspetiva horizontal próxima da perceção do corpo humano; de uma vista global e distanciada para uma vista de proximidade que privilegia o detalhe. Esta proposta tem como objetivo explorar uma linguagem que tire proveito do modo de ver/ser no espaço híbrido, focando-se nas suas potencialidades, em vez de procurar induzir ou recriar uma vista global ou estratégica sobre os dados, que pode ser conseguida mais eficazmente por outros meios, nomeadamente por meios convencionais como o papel.
Acreditamos que, tal como referem Hackathon e Margolis (2016, p. 46), a visualização de dados em ambientes imersivos não compete com a visualização de dados em ambientes não-imersivos, em vez disso há uma relação de complementaridade.

O desenvolvimento projetual suscitou questões contingentes que não estavam inicialmente previstas no plano de investigação, mas que vieram a revelar-se importantes, nomeadamente para o objetivo de criar as bases teóricas e experimentais para a apropriação da tecnologia da RA pelo design de comunicação, disponibilizando essas ferramentas à comunidade académica e profissional. Foi o caso do estudo sobre as ferramentas *no-code*, motivado pelo difícil acesso à criação de experiências de RA por designers que tipicamente não têm um *background* de programação. Nesse estudo, o levantamento desta classe de ferramentas de autoria e a identificação das suas limitações face a plataformas de desenvolvimento mais complexas, deu lugar à discussão sobre uma questão transversal à prática contemporânea do design. Esse problema relaciona-se com a forma como as plataformas *no-code*, à semelhança de outras ferramentas digitais, orientam e gerem o projeto com vista a uma maior acessibilidade a públicos não especialistas e à obtenção rápida de resultados. Ao mesmo tempo que este *software* significa um acesso com menos barreiras à criação de conteúdo de RA, conduz a uma matriz de resultados sempre idênticos por afunilar pensamentos potencialmente divergentes para um canal reduzido de possibilidades suportadas por essas aplicações.

Neste ponto, como noutros momentos históricos de revolução tecnológica, os designers têm a opção de dominar as novas ferramentas, para uma experiência máxima no desenho de novas formas, ou aceitar as limitações impostas pelas regras dos manuais de iniciação, o que levará inevitavelmente à imitação das formas anteriores.
É por isso que "gráfico" parece já não ser a palavra certa, porque novas formas de fazer exigem novos termos. A esta iteração entre perguntas, palavras e imagens chamamos projeto, invenção – **investigação**, segundo Frayling (1994). E segundo o mesmo autor, **Investigação**, à tomada de consciência, discussão e partilha. No Design, a investigação confunde-se assim com invenção.

5.2. Contributos

Os principais contributos desta investigação são de natureza teórica e contextual, incluindo no âmbito teórico os seguintes pontos:

- Sistematização do estado atual do conhecimento sobre design de informação com RA, no âmbito específico da representação de dados, mitigando alguma da ausência de literatura sobre este tópico identificada anteriormente;
- Caracterização do espaço híbrido e do modo de ver que esse espaço oferece à visualização de dados, clarificando o seu potencial, mas também as suas limitações;
- Proposta de um conjunto de linhas de ação com o objetivo de ultrapassar as principais limitações da visualização de dados no espaço híbrido;
- Reflexão escrita sobre a necessidade de conformar a solução de design às características da RA;
- Levantamento das possibilidades trazidas pela RA às três dimensões da visualização narrativa propostas por Thudt et al. (2018) – vista (formas de codificação visual dos dados), foco (formas de seleção do conjunto ou sub-conjunto de dados) e sequência (ordem segundo a qual a informação é mostrada), ao refletir sobre a integração entre a exploração e explicação em visualizações narrativas interativas;
- Apresentação de exemplos relevantes da apropriação da RA na visualização narrativa;
- Mapeamento e caracterização do conjunto de ferramentas de autoria *no-code* atualmente disponíveis online e averiguação das suas limitações e potencialidades relativamente a ferramentas que requerem código.

Esta investigação fornece a designers, interessados em trabalhar na dimensão comunicacional da interseção entre informação e RA, um conjunto de ideias, conceitos e ferramentas com vista a alimentar o exercício especulativo de imaginar o novo. Por um lado, facilita-se o acesso a novos praticantes, e, por outro, estimula-se uma forma crítica de usar as ferramentas disponíveis.

Ao integrar o Projeto Design OBS como campo de aplicação, esta investigação contribuiu ainda para o cumprimento de alguns dos seus objetivos específicos, apresentando os seguintes contributos contextuais:

- Investigação e teste de novos mecanismos de representação;
- Promoção, divulgação e discussão do conhecimento construído, a nível nacional e internacional, neste caso através de publicações e exposições;
- Investigação específica em design de informação, nomeadamente na visualização dinâmica e interativa das interpretações decorrentes dos dados recolhidos e analisados no processo de observação do ecossistema do Design Português;
- Estudo e teste de novos mecanismos de representação, especificamente estratégias capazes de misturar novos *media* e suportes convencionais.

5.3. Limitações

Além das limitações enunciadas no final de cada capítulo da tese, destacamos como principal barreira desta investigação a necessidade de programar em *C#* (sem formação específica nessa área), durante os vários momentos de desenvolvimento projetual, com exceção do ensaio V sobre a representação de dados com ferramentas de RA *no-code*. Apesar de o desenvolvimento de aplicações em RA sem uma formação específica na área da programação computacional não ser totalmente inexequível, essa lacuna pode, por vezes, ser limitadora do projeto. O domínio da programação teria tornado mais fácil o percurso implicado no desenvolvimento dos vários protótipos em *Unity*, mas acima de tudo, teria permitido um olhar mais amplo, livre e especulativo sobre as possibilidades de criação neste meio, essencial a uma apropriação cultural da tecnologia da RA.

Assim, reconhece-se que a competência da programação computacional pode ampliar significativamente as possibilidades criativas dos designers, permitindo-lhes prototipar eficazmente as suas ideias, colaborar melhor com programadores de *software* e explorar novas fronteiras na visualização de dados. Nesse sentido, o domínio do código não será, na sua essência, completamente diferente do domínio de outros meios expressivos, como "a fita fílmica, o bloco de mármore ou o algodão" – que Flusser (1981)[1] usa como exemplos para explicar a forma como cada objeto opõe uma determinada resistência ao esforço informador daquele que "produz". Dominar o código é dominar uma forma de objeto na procura de superar a sua resistência, tornando-o mediação com o outro. À semelhança do que ocorre com meios de expressão pré-digitais, a "luta" contra a resistência do código pressupõe a sua manipulação e, dessa forma, o reconhecimento das suas caraterísticas para uma apropriação progressivamente eficaz.
Assim, considera-se que a tradução do projeto em código não deve ser totalmente relegada para fora do âmbito de ação do designer, no sentido em que o domínio sobre o meio implicará sempre a sua manipulação, em função da qual é possível aceder ao seu potencial, às suas possibilidades de ação. Além disso, a tradução do pensamento do designer em linguagem de programação por alguém implicará sempre uma negociação em que, necessariamente, se perdem algumas partes da intenção original – como em qualquer tradução. Face a isso, parece importante pensar o projeto a partir de uma gramática digital própria que se vai definindo através da prática.

"Da qui le parole «mi dispiace di non saper disegnare», che potrebbero anche voler dire «di non saper completamente pensare»." (Mari, 2001, p. 202).

---

1 Palestra "Como Explicar a Arte" de Vilém Flusser (1920-1991) proferida na Galeria Paulo Figueiredo, transcrita por Gabriel Borba (palestra de 28/10/1981).
URL: http://www.flusserbrasil.com/art218.pdf

O desenho enquanto código visual e a programação enquanto código linguístico escrito são apenas comparáveis no sentido em que permitem comunicar e informar o pensamento. Cada um desses códigos pressupõem mecanismos mentais próprios e apresentam ao designer um conjunto de possibilidades distintas (potencial) – não saber desenhar é não saber aceder ao pensamento a que se acede quando se pensa visualmente, assim como não saber programar é não aceder ao potencial que o pensamento implícito à programação encerra.

Na obra de John Maeda, Ben Fry ou Casey Reas, pioneiros da programação como meio expressivo, reconhecemos que a programação oferece aos designers uma nova dimensão de expressão e criatividade, ampliando as fronteiras do que é possível criar e comunicar. Dessa forma, a integração da programação na educação em design não é unicamente uma questão de atualização técnica, mas sobretudo uma ampliação das possibilidades criativas e expressivas dos designers.

5.4. Desenvolvimentos futuros

Atualmente, com algumas plataformas de visualização de dados populares a darem os primeiros passos no que diz respeito à integração de funcionalidades de RA, como o *Tableau Public* e o *Power BI,* a continuação da discussão sobre uma linguagem própria para a representação de dados com RA é cada vez mais relevante. Além das sugestões para desenvolvimentos futuros, também mencionadas no final de cada capítulo, identifica-se a necessidade de aprofundar a exploração e o estudo sobre as metáforas visuais e a visualização unitária enquanto estratégias visuais capazes de tirar proveito da possibilidade de tornar concretos dados quantitativos abstratos com ou sem correspondência visual a uma realidade visível, através da sua simulação em ambiente real. A criação de um repositório de formas de representação imersivas para dados quantitativos à semelhança de outros repositórios online como o *Data Viz Project* (https://datavizproject.com) ou o *ReThinking Visualization* (https://rethinkingvis.com), com vista à sua catalogação, compreensão e disponibilização pública seria útil tanto à comunidade académica como a designers interessados em trabalhar neste campo do design de informação.

Ao incidir sobre três hipóteses possíveis no rizoma de caminhos exploratórios que constitui a aproximação entre a representação de dados e a RA, esta investigação deixa por abordar várias hipóteses potencialmente viáveis. Pensar sobre aquilo que se considera a componente real da experiência poderá ajudar a especular sobre algumas dessas possibilidades no sentido de avaliar a sua pertinência. Além disso, como passo futuro, será útil conduzir um novo ciclo de desenvolvimento a partir do ensaio II – "A combinação da fisicalização com a Realidade Aumentada" (Capítulo 3) – pressupondo um novo olhar sobre a combinação entre um modelo tridimensional e uma camada virtual, desta vez tendo em conta a perspetiva sobre o espaço híbrido, com vista ao desenvolvimento contínuo de uma linguagem visual para a intersecção entre o físico e o virtual.
Apesar de esta linha de ação que combina a tridimensionalidade de um objeto físico com uma camada virtual não ter sido prosseguida ou aprofundada, ela oferece oportunidades

de criação de sentido promissoras, nomeadamente nos casos em que é necessário apresentar informação num determinado contexto local.

Embora tenha trazido à investigação contributos valiosos, sobretudo do ponto de vista das estratégias de codificação visual, o estudo da narrativa a partir de casos provenientes do jornalismo imersivo não permitiu contactar amplamente com mecanismos de progressão na narrativa ancorados na navegação espacial. Este tipo de mecanismo apresenta relevância para o design de informação, sobretudo pelo potencial da RA como ferramenta mnemónica capaz de suportar a associação de informação virtual a determinados locais físicos, aproveitando a capacidade de memorização espacial dos humanos. Uma hipótese para a investigação deste tipo de estratégias poderá basear-se no estudo de casos provenientes da área dos jogos com RA, onde a exploração do ambiente real é central à experiência, no sentido de extrair estratégias de comunicação de uma narrativa no espaço aplicáveis ao âmbito específico do design de informação.

Assumindo o Design como mediação cultural da tecnologia, esta investigação pretendia explorar o potencial das tecnologias de realidade aumentada na construção de narrativas em Design de Informação. A sua pertinência reforçou-se na interseção com o projeto "Para um Observatório de Design em Portugal: Modelos, Instrumentos, Representações e Estratégias" recebendo os dados nele recolhidos e devolvendo novas estratégias de representação da informação sobre o Design Português que se traduziram no incremento da curiosidade e da compreensão sobre este ecossistema junto das pessoas que puderam testar os artefactos de informação concebidos e desenvolvidos com a tecnologia da RA.

No final dos vários ciclos de desenho e teste desses artefactos ficam, também, sistematizadas as principais características estruturantes deste "material" para o Design de Informação e, para além desta geografia das suas qualidades, ficam mapeadas ferramentas tecnológicas disponíveis para o design de aplicações de realidade aumentada.
E ainda que a voracidade da inovação tecnológica possa implicar sucessivas atualizações à dimensão mais tangível e imediata desta investigação fica o contributo para alargar o campo da possibilidade em Design de Informação ancorado em subjetividade.

Referências bibliográficas

Aarseth, E. (2001). Allegories of Space: The question of spatiality in computer games. In M. Eskelinen & R. Koskimaa (Eds.), *Cybertext Yearbook 2000* (pp. 152–171). University of Jyväskylä. https://www.researchgate.net/publication/273947320_Allegories_of_Space_The_Question_of_Spatiality_in_Computer_Game

Aitamurto, T., Aymerich-Franch, L., Saldivar, J., Kircos, C., Sadeghi, Y., & Sakshuwong, S. (2022). Examining augmented reality in journalism: Presence, knowledge gain, and perceived visual authenticity. *New Media & Society*, *24*(6), 1281–1302. https://doi.org/10.1177/1461444820951925

Alha, K., Koskinen, E., Paavilainen, J., & Hamari, J. (2019). Why do people play location-based augmented reality games: A study on Pokémon GO. *Computers in Human Behavior*, *93*, 114–122. https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.12.008

Ali Eslami. (2016). *DeathTolls Experience*. https://alllesss.com/DeathTolls-Experience

Amini, F., Henry Riche, N., Lee, B., Hurter, C., & Irani, P. (2015). Understanding Data Videos: Looking at Narrative Visualization through the Cinematography Lens. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1459–1468. https://doi.org/10.1145/2702123.2702431

Anders, P. (2001). Anthropic Cyberspace: Defining Electronic Space from First Principles. *Leonardo*, *34*(5), 409–416. http://www.jstor.org/stable/1577233

Arms, L., Cook, D., & Cruz-Neira, C. (1999). The benefits of statistical visualization in an immersive environment. *Proceedings IEEE Virtual Reality (Cat. No. 99CB36316)*, 88–95. https://doi.org/10.1109/VR.1999.756938

Austin, T. (2020). Spatial Narratives – A critical position. In M. Dodd (Ed.), *Spatial Practices – Modes of Action and Engagement with the City* (pp. 157–170). Routledge.

Azuma, R. (2015). Location-Based Mixed and Augmented Reality Storytelling. In W. Barfield (Ed.), *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality* (2nd Edition, pp. 259–276). CRC Press. https://ronaldazuma.com/papers/Chapter_Azuma_2nd_Fundamentals_Wearables_AR_final.pdf

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *6*(4), 355–385. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *21*(6), 34–47. https://doi.org/10.1109/38.963459

Bach, B., Kerracher, N., Hall, K. Wm., Carpendale, S., Kennedy, J., & Henry Riche, N. (2016). Telling Stories about Dynamic Networks with Graph Comics. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3670–3682. https://doi.org/10.1145/2858036.2858387

Bach, B., Sicat, R., Pfister, H., & Quigley, A. (2017). Drawing into the AR-CANVAS: Designing Embedded Visualizations for Augmented Reality. *Workshop on Immersive Analytics, IEEE Vis*.

Bach, B., Stefaner, M., Boy, J., Drucker, S., Bartram, L., Wood, J., Ciuccarelli, P., Engelhardt, Y., Köppen, U., & Tversky, B. (2018). Narrative Design Patterns for Data-Driven Storytelling. In N. H. Riche, C. Hurter, N. Diakopoulos, & S. Carpendale (Eds.), *Data-Driven Storytelling* (1st ed., pp. 107–133). A K Peters/CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315281575-5

Bach, B., Wang, Z., Farinella, M., Murray-Rust, D., & Henry Riche, N. (2018). Design Patterns for Data Comics. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–12. https://doi.org/10.1145/3173574.3173612

Barthes, R. (1977). *Image Music Text*. Fontana Press.

Bartram, L., Boy, J., Ciuccarelli, P., Drucker, S., Engelhardt, Y., Koeppen, U., Stefaner, M., Tversky, B., & Wood, J. (2016). *NAPA Cards _ Narrative Patterns for Data Stories*. https://napa-cards.net/

Bastiras, J., & Thomas, B. H. (2017). Combining Virtual Reality and Narrative Visualisation to Persuade. *2017 International Symposium on Big Data Visual Analytics (BDVA)*, 1–8. https://doi.org/10.1109/BDVA.2017.8114623

BBC Research & Development. (2019). *5G Smart Tourism Trial at the Roman Baths*. https://www.bbc.co.uk/rd/blog/2019-02-5g-mobile-augmented-reality-bath

Bederson, B. B., & Shneiderman, B. (2003). *The Craft of Information Visualization: Readings and Reflections* (B. B. Bederson & B. Shneiderman, Eds.; 1st ed.). Morgan Kaufmann Publishers.

Belcher, D., Billinghurst, M., Hayes, S. E., & Stiles, R. (2003). Using augmented reality for visualizing complex graphs in three dimensions. *The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2003. Proceedings.*, 84–93. https://doi.org/10.1109/ISMAR.2003.1240691

Benjamin, W. (2012). *Sobre Arte, Técnica, Linguagem e Política*. Relógio d'Água.

Bennett, A., & Vulpinari, O. (2011). *Icograda Design Education Manifesto 2011* (A. Bennett & O. Vulpinari, Eds.). Grafiche Tintoretto. https://www.theicod.org/storage/app/media/resources/Icograda%20Documents/IcogradaEducationManifesto_2011.pdf

Berger, J. (1972). *Ways of Seeing*. Penguin Books.

Bertin, J. (1967). Semiologie Graphique: Les diagrammes, les réseaux, les cartes. Gauthier-Villars.

Billinghurst, M., & Nebeling, M. (2022). Rapid prototyping of XR experiences. *ACM SIGGRAPH 2022 Courses*, 1–124. https://doi.org/10.1145/3532720.3535684

Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A Survey of Augmented Reality. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, *8*(2–3), 73–272. https://doi.org/10.1561/1100000049

Black, A., Luna, P., Lund, O., & Walker, S. (2017). *Information Design: Research and Practice* (A. Black, P. Luna, O. Lund, & S. Walker, Eds.; 1st ed.). Routledge.

Bolter, J. D., & Grusin, R. (1999). *Remediation: Understanding New Media*. The MIT Press.

Bolter, J. D., Engberg, M., & MacIntyre, B. (2021). *Reality Media: Augmented and Virtual Reality*. MIT Press.

Bonsiepe, G. (1997). *Design: Do Material ao Digital*. FIESC/IEL. URL: https://monoskop.org/images/e/e9/Bonsiepe_Gui_Design_do_material_ao_digital.pdf

Borges, A., Silva, A. C., Modesto, A., Ribeiro, M., Fernandes, M., Costa, N., Cunca, R., Costa, R. C., & Branco, V. (2022). *Observatório do Design em Portugal: representações*. https://ria.ua.pt/handle/10773/39070

Borges, J. L. (1982). Sobre o Rigor na Ciência. In *História Universal da Infâmia* (p. 117). Assírio e Alvim.

Borkin, M. A., Bylinskii, Z., Kim, N. W., Bainbridge, C. M., Yeh, C. S., Borkin, D., Pfister, H., & Oliva, A. (2016). Beyond Memorability: Visualization Recognition and Recall. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22(1), 519–528. https://doi.org/10.1109/TVCG.2015.2467732

Branco, V. (2015). A Construção de narrativas digitais sobre o Design Português. In F. P. & H. B. V. Branco, A. Semedo (Ed.), *Consequências: história, museologia e museografia do design português: projeto e pensamento* (pp. 82–106). UA Editora.

Branco, V., & Providência, F. (2018). Design as Cultural Mediation between Matter and What Matters. *The Design Journal*, *21*(1), 5–13. https://doi.org/10.1080/14606925.2018.1396025

Branco, V., Costa, R., Costa, N., Borges, A., Cunca, R., & Modesto, A. (2018). *designobs.pt*. https://designobs.pt/

Brinch, S. (2020). What we talk about when we talk about beautiful data visualizations. In M. Engebretsen & H. Kennedy (Eds.), *Data Visualization in Society* (pp. 259–276). Amsterdam University Press. https://doi.org/10.5117/9789463722902_ch16

Brooke, J. (1996). SUS - A quick and dirty usability scale. In P. w. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (1st ed., pp. 189–194). CRC Press.

Buchanan, R. (1992). Wicked Problems in Design Thinking. *Design Issues*, *8*(2), 5–21. http://www.jstor.org/stable/1511637

Buchanan, R. (2019). Systems Thinking and Design Thinking: The Search for Principles in the World We Are Making. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, *5*(2), 85–104. https://doi.org/10.1016/J.SHEJI.2019.04.001

Cairo, A. (2013). *The Functional Art: An introduction to information graphics and visualization* (1st ed.). New Riders. https://paul.zhdk.ch/pluginfile.php/93337/mod_resource/content/1/The%20Functional%20Art%20-%20An%20Introduction%20to%20Information%20Graphics%20and%20Visualization%20by%20Alberto%20Cairo%20%28z-lib.org%29.pdf

Cairo, A. (2017). Moral Visualizations: Rule utilitarianism and the design of information graphics. In A. Black, P. Luna, O. Lund, & S. Walker (Eds.), *Information design: research and practice* (pp. 161–174). Routledge.

Cappannari, L., & Vitillo, A. (2022). XR and Metaverse Software Platforms. In *Roadmapping Extended Reality* (pp. 135–156). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119865810.ch6

Card, S. k., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (1999). Focus + Content. In S. k. Card, J. D. Mackinlay, & B. Shneiderman (Eds.), *Readings in Information Visualization: Using Vision To Think* (pp. 307–310). Morgan Kaufmann.

Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (1999). Readings in Information Visualization: using vision to think (S. K. Card, J. D. Mackinlay, & B. Shneiderman, Eds.). Morgan Kaufmann Publishers.

Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. In B. Furht (Ed.), *Handbook of Augmented Reality* (pp. 3–46). Springer.

Casteleiro-Pitrez, J. (2022). Information Design for Augmented Reality Challenges and Concerns of Interdisciplinary Practice. In E. Vilar, E. Filgueiras, & F. Rebelo (Eds.), *Virtual and Augmented Reality for Architecture and Design* (1st ed.). CRC Press.

Cavallo, M., Dolakia, M., Havlena, M., Ocheltree, K., & Podlaseck, M. (2019). Immersive Insights: A Hybrid Analytics System forCollaborative Exploratory Data Analysis. *25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 1–12. https://doi.org/10.1145/3359996.3364242

Chandler, T., Cordeil, M., Czauderna, T., Dwyer, T., Glowacki, J., Goncu, C., Klapperstueck, M., Klein, K., Marriott, K., Schreiber, F., & Wilson, E. (2015). Immersive Analytics. *2015 Big Data Visual Analytics, BDVA 2015*. https://doi.org/10.1109/BDVA.2015.7314296

Charmaz, K. (2014). *Constructing grounded theory* (2nd edition). Sage Publications.

Costa, N., Branco, V., Costa, R., Borges, A., Cunca, R., Modesto, A., & Silva, A. C. (2021). *Design Companies in Portugal (detailed view, 2018, SABI)*. https://doi.org/10.5281/zenodo.5728078

Costa, N., Branco, V., Costa, R., Modesto, A., Silva, A. C., Cunca, R., & Borges, A. (2021). Towards a Design Observatory: crafting a distributed approach. In L. Di Lucchio, L. Imbesi, A. Giambattista, & V. Malakuczi (Eds.), *Design Culture(s) | Cumulus Roma 2020*. http://hdl.handle.net/10773/30629

Costa, N., Costa, R., Borges, A., Branco, V., Modesto, A., Cunca, R., & Silva, A. C. (2023). Mapping Ecosystems Through Design—Reflections of the DesignOBS Project. In N. Martins, D. Brandão, & F. Paiva (Eds.), *Perspectives on Design and Digital Communication III: Research, Innovations and Best Practices* (pp. 357–373). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06809-6_22

Costa, N., Costa, R., Branco, V., Borges, A., Cunca, R., Modesto, A., & Silva, A. C. (2022). *Infusing Data Literacy in Design Education: Maturing a Distributed Design Observation Approach in Portugal* (pp. 505–516). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89735-2_41

Costa, R. (2014). *O desenho da comunicação como conhecimento* [Doctoral thesis, Universidade de Aveiro]. http://hdl.handle.net/10773/13271

Coyne, R. (2005). Wicked problems revisited. *Design Studies*, *26*(1), 5–17. https://doi.org/10.1016/j.destud.2004.06.005

Cranmer, E. E., Dieck, M. C. tom, & Fountoulaki, P. (2020). Exploring the value of augmented reality for tourism. *Tourism Management Perspectives*, *35*, 100672. https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100672

Cross, N. (1982). Designerly ways of knowing. Design Studies, 3(4), 221–227. https://doi.org/10.1016/0142-694X(82)90040-0

Cross, N. (1999). Natural intelligence in design. *Design Studies*, *20*(1), 25–39. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00026-X

Cross, N. (2001). Designerly Ways of Knowing: Design Discipline Versus Design Science. *Design Issues*, 17(3), 49–55. https://doi.org/10.1162/074793601750357196

Czauderna, T., Haga, J., Kim, J., Klapperstück, M., Klein, K., Kuhlen, T., Oeltze-Jafra, S., Sommer, B., & Schreiber, F. (2018). *Immersive Analytics Applications in Life and Health Sciences* (pp. 289–330). https://doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_10

Damásio, A. (2013). *O sentimento de si: corpo, emoção e consciência*. Temas e Debates.

Davis, S. B., Bevan, E., & Kudikov, A. (2013). *Just in Time: Defining Historical Chronographics* (pp. 243–257). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5406-8_17

Dengel, A., Iqbal, M. Z., Grafe, S., & Mangina, E. (2022). A Review on Augmented Reality Authoring Toolkits for Education. *Frontiers in Virtual Reality*, *3*. https://doi.org/10.3389/frvir.2022.798032

Dervin, B. (1999). Chaos, Order, and Sense-Making: A Proposed Theory for Information Design. In R. E. Jacobson (Ed.), *Information Design* (2nd ed., pp. 35–58). The MIT Press.

Desmet, P., & Hekkert, P. (2007). Framework of Product Experience. *International Journal of Design*, *1*, 57–66.

Deutsche Welle. (2020, February 5). *Water footprint: Augmented Reality shows water cost of beef*. https://www.dw.com/en/water-footprint-augmented-reality-shows-water-cost-of-beef/a-52218248

Djavaherpour, H., Samavati, F., Mahdavi-Amiri, A., Yazdanbakhsh, F., Huron, S., Levy, R., Jansen, Y., & Oehlberg, L. (2021). Data to Physicalization: A Survey of the Physical Rendering Process. *Computer Graphics Forum*, *40*(3), 569–598. https://doi.org/10.1111/cgf.14330

Donalek, C., Djorgovski, S. G., Cioc, A., Wang, A., Zhang, J., Lawler, E., Yeh, S., Mahabal, A., Graham, M., Drake, A., Davidoff, S., Norris, J. S., & Longo, G. (2014). Immersive and collaborative data visualization using virtual reality platforms. *2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 609–614. https://doi.org/10.1109/BigData.2014.7004282

Dorst, K. (2011). The core of 'design thinking' and its application. *Design Studies*, 32(6), 521–532. https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.006

Dragicevic, P. (2022). Towards immersive humanitarian visualizations. *ArXiv Preprint ArXiv:2204.01313*.

Dragicevic, P., Jansen, Y., & Vande Moere, A. (2020). Data Physicalization. In P. and W. M. Vanderdonckt Jean and Palanque (Ed.), *Handbook of Human Computer Interaction* (pp. 1–51). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27648-9_94-1

Du, Z., Liu, J., & Wang, T. (2022). Augmented Reality Marketing: A Systematic Literature Review and an Agenda for Future Inquiry. *Frontiers in Psychology*, *13*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.925963

Dulake, N., & Gwilt, I. (2017). Flying with data: Openness, forms and understanding. *The Design Journal*, *20*(sup1), S3863–S3872. https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352889

Dwyer, T., Marriott, K., Isenberg, T., Klein, K., Riche, N., Schreiber, F., Stuerzlinger, W., & Thomas, B. H. (2018). Immersive Analytics: An Introduction. In K. Marriott, F. Schreiber, N. Riche Henry, T. Itoh, W. Stuerzlinger, & B. H. Thomas (Eds.), *Immersive Analytics* (pp. 1–23). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_1

Ellison, A., & Coates, K. (2014). *An Introduction to Information Design*. Laurence King Publishing.

ElSayed, N. A. M., Thomas, B. H., Marriott, K., Piantadosi, J., & Smith, R. T. (2016). Situated Analytics: Demonstrating immersive analytical tools with Augmented Reality. *Journal of Visual Languages & Computing*, *36*, 13–23. https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2016.07.006

ElSayed, N. A. M., Thomas, B., Marriott, K., Piantadosi, J., & Smith, R. T. (2015). Situated Analytics. *2015 Big Data Visual Analytics (BDVA)*, 1–8. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:28439867

Engberg, M., & Bolter, J. D. (2015). MRx and the aesthetics of locative writing. *Digital Creativity*, *26*(3–4), 182–192. https://doi.org/10.1080/14626268.2015.1100120

Esser, F., & Vliegenthart, R. (2017). Comparative Research Methods. In *The International Encyclopedia of Communication Research Methods* (pp. 1–22). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118901731.iecrm0035

Etemadpour, R., Monson, E., & Linsen, L. (2013). The Effect of Stereoscopic Immersive Environments on Projection-Based Multi-dimensional Data Visualization. *2013 17th International Conference on Information Visualisation*, 389–397. https://doi.org/10.1109/IV.2013.51

Fallman, D. (2008). The Interaction Design Research Triangle of Design Practice, Design Studies, and Design Exploration. *Design Issues*, *24*(3), 4–18. https://doi.org/10.1162/desi.2008.24.3.4

Farman, J. (2014). *The Mobile Story: Narrative Practices with Locative Technologies* (J. Farman, Ed.). Routledge. https://www.routledge.com/The-Mobile-Story-Narrative-Practices-with-Locative-Technologies/Farman/p/book/9780415707282

Feng, Y., & Mueller, B. (2019). The State of Augmented Reality Advertising Around The Globe: A Multi-Cultural Content Analysis. *Journal of Promotion Management*, *25*(4), 453–475. https://doi.org/10.1080/10496491.2018.1448323

Figueiras, A. R. de P. (2016). *How to tell stories using visualization: strategies towards narrative visualization* [Doctoral Thesis]. Universidade Nova de Lisboa.

Financial Times. (2015, October). *COP21 Climate Change Calculator*. https://ig.ft.com/sites/climate-change-calculator/#interactive

Findeli, A., Brouillet, D., Martin, S., Moineau, Ch., & Tarrago, R. (2008). Research Through Design and Transdisciplinarity: A Tentative Contribution to the Methodology of Design Research. In Swiss Design Network (Ed.), *Focused - Current Design Research Projects and Methods* (pp. 67–91). Swiss Design Network. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:149111529

Florida Today. (2018). *321 LAUNCH - Falcon 9*. https://www.321launchapp.com/

Fonnet, A., & Prié, Y. (2021). Survey of Immersive Analytics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *27*(3), 2101–2122. https://doi.org/10.1109/TVCG.2019.2929033

Fonnet, A., & Prié, Y. (n.d.). *Immersive Analytics Survey*. Retrieved December 5, 2023, from http://www.immersiveanalyticssurvey.org/

Forlizzi, J., Stolterman, E., & Zimmerman, J. (2009). From Design Research to Theory: Evidence of a Maturing Field. *Proceedings of International Association of Societies of Design Research 2009 - IASDR'09*.

Forlizzi, J., Zimmerman, J., & Evenson, S. (2008). Crafting a Place for Interaction Design Research in HCI. *Design Issues*, *24*(3), 19–29. https://doi.org/10.1162/desi.2008.24.3.19

Frankel, L., & Racine, M. (2010). The Complex Field of Research: for Design, through Design, and about Design. In D. Durling, R. Bousbaci, L. Chen, P. Gauthier, T. Poldma, S. Roworth-Stokes, & E. Stolterman (Eds.), *Design and Complexity - DRS International Conference 2010*. https://dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2010/researchpapers/43

Frayling, C. (1994). Research in Art and Design. *Royal College of Art Research Papers*, *1*(1), 1–5. https://researchonline.rca.ac.uk/384/3/frayling_research_in_art_and_design_1993.pdf

Freitas, G., Pinho, M. S., Silveira, M. S., & Maurer, F. (2020). A Systematic Review of Rapid Prototyping Tools for Augmented Reality. *2020 22nd Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, 199–209. https://doi.org/10.1109/SVR51698.2020.00041

Friedman, K. (2008). Research into, by and for design. *Journal of Visual Art Practice*, *7*(2), 153–160. https://doi.org/10.1386/jvap.7.2.153_1

Friendly, M. (2001). *Gallery of Data Visualization*. https://www.datavis.ca/gallery/re-minard.php

Friendly, M. (2002). Visions and Re-Visions of Charles Joseph Minard. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, *27*(1), 31–51. https://doi.org/10.3102/10769986027001031

Friendly, M. (2008). A Brief History of Data Visualization. In *Handbook of Data Visualization* (pp. 15–56). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-33037-0_2

Friendly, M., & Wainer, H. (2021). *A History of Data Visualization and Graphic Communication*. Harvard University Press.

Friendly, M., Denis, D., & Truman, H. (2001). *Milestones in the history of thematic cartography, statistica l graphics, and data visualization*. https://www.usu.edu/math/symanzik/teaching/2009_stat6560/Downloads/Friendly_milestone.pdf

Fry, B. (2004). *Computational information design* [Doctoral thesis, School of Architecture and Planning, Massachusetts Institute of Technology]. https://benfry.com/phd/dissertation-110323c.pdf

Gandy, M., & MacIntyre, B. (2014). Designer's Augmented Reality Toolkit, Ten Years Later: Implications for New Media Authoring Tools. *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 627–636. https://doi.org/10.1145/2642918.2647369

Gannis, C. (2017, July). The Augmented Selfie. *Proceedings of Electronic Visualisation and the Arts London 2017, UK*. https://doi.org/10.14236/ewic/EVA2017.66

Gartner. (n.d.). *Gartner Hype Cycle*. Retrieved May 8, 2024, from https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle

Gasques, D., Johnson, J. G., Sharkey, T., & Weibel, N. (2019). *What You Sketch Is What You Get: Quick and Easy Augmented Reality Prototyping with PintAR*. https://doi.org/10.1145/3290607.3312847

Gershon, N., & Page, W. (2001). What storytelling can do for information visualization. *Communications of the ACM*, 44(8), 31–37. https://doi.org/10.1145/381641.381653

Gillet, A., Sanner, M., Stoffler, D., & Olson, A. (2005). Tangible Augmented Interfaces for Structural Molecular Biology. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *25*(2), 13–17. https://doi.org/10.1109/MCG.2005.47

Gillet, A., Weghorst, S., Winn, W., Stoffler, D., Sanner, M., Goodsell, D., & Olson, A. (2004). Computer-linked autofabricated 3D models for teaching structural biology. *ACM SIGGRAPH 2004 Sketches on - SIGGRAPH '04*, 28. https://doi.org/10.1145/1186223.1186258

Golomingi, R., Dobay, A., Franckenberg, S., Ebert, L., & Sieberth, T. (2023). Augmented reality in forensics and forensic medicine – Current status and future prospects. *Science & Justice*, *63*(4), 451–455. https://doi.org/10.1016/j.scijus.2023.04.009

Graffieti, M., Scagnetti, G., Ricci, D., Masud, L., & Porpora, M. (2011). Tell Them Anything but the Truth: They Will Find Their Own. How We Visualized the Map of the Future with Respect to the Audience of Our Story. *Leonardo*, *44*(3), 250–251. https://doi.org/10.1162/LEON_a_00174

Groth, H. (2007). Reading Victorian Illusions: Dickens's Haunted Man and Dr. Pepper's "Ghost." *Victorian Studies*, *50*(1), 43–65. https://doi.org/10.2979/VIC.2007.50.1.43

Gwilt, I., O'Dubhghaill, C., & Sano, K. (2013). Data-objects: databronze. In U. K. 3–5 S. 2013 Praxis + Poetics: 2013 Research Through Design Conference Newcastle upon Tyne & Gateshead (Ed.), *Praxis + Poetics: Research Through Design 2013 Conference Proceedings* (pp. 7–10). UK Northumbria University.

Haahr, M. (2015). Everting the Holodeck: Games and Storytelling in Physical Space. In T. İ. S. Hartmut Koenitz, Gabriele Ferri, Mads Haahr, Diğdem Sezen (Ed.), *Interactive Digital Narrative* (pp. 211–226). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315769189-17

Hackathorn, R., & Margolis, T. (2017). Immersive analytics: Building virtual data worlds for collaborative decision support. *2016 Workshop on Immersive Analytics, IA 2016*, 44–47. https://doi.org/10.1109/IMMERSIVE.2016.7932382

Herdina, M. (2020, September 25). ARpost. Augmented Reality Disappeared from Gartner's Hype Cycle—What's Next? https://arpost.co/2020/09/25/augmented-reality-gartners-hype-cycle/

Heritage Within. (2020). *Heritage Within*. https://hwithin.civil.uminho.pt/

Hullman, J., & Diakopoulos, N. (2011). Visualization Rhetoric: Framing Effects in Narrative Visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *17*(12), 2231–2240. https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.255

Hullman, J., Drucker, S., Henry Riche, N., Lee, B., Fisher, D., & Adar, E. (2013). A deeper understanding of sequence in narrative visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *19*(12), 2406–2415. https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.119

IBM. (n.d.). *Exploratory Data Analysis*. Retrieved January 25, 2023, from https://www.ibm.com/topics/exploratory-data-analysis

IBM. (n.d.). What is a digital twin? Retrieved June 13, 2024, from https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin

IDX. (2007). Information Design: Core Competencies. *What information designers know and can do*. https://www.iiid.net/wp-content/uploads/idX-Core-Competencies-What-information-designers-know-and-can-do.pdf

Ikonen, P., & Uskali, T. (2021). Augmented reality as news. In T. Uskali, A. Gynnild, S. Jones, & E. Sirkkunen (Eds.), *Immersive Journalism as Storytelling* (pp. 147–160). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429437748-16

Iliinsky, N., & Steele, J. (2011). *Designing Data Visualization* (J. Steele & T. Elsey, Eds.). O'Reilly.

Interaction Design Foundation - IxDF. (2022, January 24). *What is Extended Reality (XR)?* Https://Www.Interaction-Design.Org/Literature/Topics/Extended-Reality-Xr. https://www.interaction-design.org/literature/topics/extended-reality-xr

Isenberg, P., Lee, B., Qu, H., & Cordeil, M. (2018). Immersive Visual Data Stories. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 11190 LNCS* (pp. 165–184). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_6

Ishii, H. (2004). Bottles: A Transparent Interface as a Tribute to Mark Weiser. *IEICE Trans. Inf. Syst.*, 87-D, 1299–1311. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:17548312

Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 234–241. https://doi.org/10.1145/258549.258715

Ivanov, A., Danyluk, K. T., & Willett, W. (2018). Exploration and Anthropomorphism in Immersive Unit Visualizations. *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–6. https://doi.org/10.1145/3170427.3188544

Ivanov, A., Danyluk, K., Jacob, C., & Willett, W. (2019). A Walk Among the Data. IEEE *Computer Graphics and Applications*, 39(3), 19–28. https://doi.org/10.1109/MCG.2019.2898941

Jacobson, R. E. (1999). *Information Design* (R. E. Jacobson, Ed.). MIT Press.

Jansen, Y. (2014). Physical and tangible information visualization [Doctoral, Ecole Doctorale Informatique Paris-Sud]. https://theses.hal.science/tel-00981521/file/VD2_JANSEN_YVONNE_10032014.pdf

Jansen, Y., Dragicevic, P., Isenberg, P., Alexander, J., Karnik, A., Kildal, J., Subramanian, S., & Hornbæk, K. (2015). Opportunities and Challenges for Data Physicalization. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3227–3236. https://doi.org/10.1145/2702123.2702180

Jung, J., Kleinsmann, M., & Snelders, D. (2022). A vision for design in the era of collective computing. *Journal of Engineering Design*, 1–38. https://doi.org/10.1080/09544828.2022.2050682

Kawai, N., Sato, T., & Yokoya, N. (2016). Diminished Reality Based on Image Inpainting Considering Background Geometry. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 22(3), 1236–1247. https://doi.org/10.1109/TVCG.2015.2462368

Klein, K., Sedlmair, M., & Schreiber, F. (2022). Immersive analytics: An overview. *It - Information Technology*, *64*(4–5), 155–168. https://doi.org/10.1515/itit-2022-0037

Kosara, R., & MacKinlay, J. (2013). Storytelling: The next step for visualization. *Computer*, *46*(5), 44–50. https://doi.org/10.1109/MC.2013.36

Kraus, M., Fuchs, J., Sommer, B., Klein, K., Engelke, U., Keim, D., & Schreiber, F. (2022). Immersive Analytics with Abstract 3D Visualizations: A Survey. *Computer Graphics Forum*, *41*(1), 201–229. https://doi.org/10.1111/cgf.14430

Lee, B., Bach, B., Dwyer, T., & Marriott, K. (2019). Immersive Analytics. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *39*(3), 16–18. https://doi.org/10.1109/MCG.2019.2906513

Lee, B., Riche, N. H., Isenberg, P., & Carpendale, S. (2015). More Than Telling a Story: Transforming Data into Visually Shared Stories. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *35*(5), 84–90. https://doi.org/10.1109/MCG.2015.99

Lee, G. A., Kim, G. J., & Billinghurst, M. (2005). What you experience is what you get (WYXIWYG). *Communications of the ACM*, *48*(7), 76–81. https://doi.org/10.1145/1070838.1070840

Leiva, G., Nguyen, C., Kazi, R. H., & Asente, P. (2020). Pronto: Rapid Augmented Reality Video Prototyping Using Sketches and Enaction. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–13. https://doi.org/10.1145/3313831.3376160

Li, J., W. Tigwell, G., & Shinohara, K. (2021). Accessibility of High-Fidelity Prototyping Tools. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–17. https://doi.org/10.1145/3411764.3445520

Liestøl, G. (2019). Augmented Reality Storytelling – Narrative Design and Reconstruction of a Historical Event in situ. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, *13*(12), 196. https://doi.org/10.3991/ijim.v13i12.11560

Lima, M. (2011). *Visual Complexity: Mapping Patterns of Information* (1st ed.). Princeton Architectural Press.

Lunenfeld, P. (2003). The Design Cluster. In B. Laurel (Ed.), *Design Research: Methods and Perspectives* (pp. 10–15). MIT Press.

Ma, K. L., Liao, I., Frazier, J., Hauser, H., & Kostis, H. N. (2012). Scientific storytelling using visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *32*(1), 12–19. https://doi.org/10.1109/MCG.2012.24

MacIntyre, B., Bolter, J. D., Moreno, E., & Hannigan, B. (2001). Augmented reality as a new media experience. *Proceedings IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality*, 197–206. https://doi.org/10.1109/ISAR.2001.970538

MacIntyre, B., Gandy, M., Dow, S., & Bolter, J. D. (2005). DART: a toolkit for rapid design exploration of augmented reality experiences. *ACM Transactions on Graphics*, *24*(3), 932–932. https://doi.org/10.1145/1073204.1073288

Major, T., & Basole, R. C. (2019). Graphicle: Exploring Units, Networks, and Context in a Blended Visualization Approach. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *25*(1), 576–585. https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2865151

Manzini, E. (1993). A matéria da invenção. Centro Português de Design.

Mari, E. (2003). *Progetto e passione*. Bollati Boringhieri.

Marques, A. B. (2022, October 18). *AR Data Storytelling*. https://doi.org/10.5281/zenodo.7331412

Marques, A. B. (2023). *No-Code Augmented Reality Platforms*. https://doi.org/10.5281/ZENODO.7640671

Marques, A. B., Branco, V., & Costa, R. (2020). Visualização de Dados - Caminho para uma Narrativa Aumentada. *VIII International Conference on Illustration and Animation*, 561–571. https://confia.ipca.pt/files/confia_2020_proceedings.pdf

Marques, A. B., Branco, V., & Costa, R. (2021). *Minard Revisited – Exploring Augmented Reality in Information Design* (pp. 79–89). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61671-7_8

Marques, A. B., Branco, V., & Costa, R. (2022). Narrative Visualization with Augmented Reality. *Multimodal Technologies and Interaction*, *6*(12), 105. https://doi.org/10.3390/mti6120105

Marques, A. B., Branco, V., Costa, R., & Costa, N. (2022). Data Visualization in Hybrid Space—Constraints and Opportunities for Design. In N. Martins & D. Brandão (Eds.), *Advances in Design and Digital Communication III. DIGICOM 2022. Springer Series in Design and Innovation* (pp. 3–15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20364-0_1

Marriott, K., Chen, J., Hlawatsch, M., Itoh, T., Nacenta, M. A., Reina, G., & Stuerzlinger, W. (2018). *Immersive Analytics: Time to Reconsider the Value of 3D for Information Visualisation* (pp. 25–55). https://doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_2

Martinec, R., & Salway, A. (2005). A system for image–text relations in new (and old) media. *Visual Communication*, *4*(3), 337–371. https://doi.org/10.1177/1470357205055928

Masud, L., Valsecchi, F., Ciuccarelli, P., Ricci, D., & Caviglia, G. (2010). From Data to Knowledge - Visualizations as Transformation Processes within the Data-Information-Knowledge Continuum. *2010 14th International Conference Information Visualisation*, 445–449. https://doi.org/10.1109/IV.2010.68

McLuhan, M. (1962). *The Gutenberg Galaxy: The Making of Typographic Man*. University of Toronto Press. https://www.ocopy.net/wp-content/uploads/2017/10/mcluhan-marshall_the-gutenberg-galaxy-the-making-of-typographic-man.pdf

McLuhan, M. (2001). *Understanding Media – The extensions of man*. Routledge Classics.

Meggs, P. B., & Purvis, A. W. (2012). *Meggs' History of Graphic Design* (5th ed.). John Wiley & Sons.

Meirelles, I. (2013). *Design for Information*. Rockport Publishers.

Mendoza-Ramírez, C. E., Tudon-Martinez, J. C., Félix-Herrán, L. C., Lozoya-Santos, J. de J., & Vargas-Martínez, A. (2023). Augmented Reality: Survey. *Applied Sciences*, *13*(18). https://doi.org/10.3390/app131810491

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, *E77-D*(12). http://vered.rose.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html

Mitchell, W. J. T. (2008). Addressing Media. *MediaTropes1*, *1*, 1–18.

Montola, M., Stenros, J., & Waern, A. (2009). *Pervasive Games: Theory and Design* (1st ed.). Taylor & Francis Group, LLC.

Morelli, N., Mulder, I., Concilio, G., Pedersen, J. S., Jaskiewicz, T., de Götzen, A., & Arguillar, M. (2017). Open Data as a New Commons. Empowering Citizens to Make Meaningful Use of a New Resource. In *Internet Science: 4th International Conference, INSCI 2017* (pp. 212–221). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70284-1_17

Mura, M. D., & Dini, G. (2021). Augmented Reality in Assembly Systems: State of the Art and Future Perspectives. In S. Ratchev (Ed.), *Smart Technologies for Precision Assembly* (pp. 3–22). Springer International Publishing.

Murray, J. H. (1997). *Hamlet on the Holodeck: The Future of Narrative in Cyberspace*. Free Press.

Murray, J. H. (2012). *Inventing the Medium: Principles of Interaction Design as Cultural Practice*. MIT Press.

National Geographic. (2020a, April). *The World in 2070*. https://www.nationalgeographic.com/pages/article/earth-day-instagram-ar-experience

National Geographic. (2020b, October). *Deinonychus*. https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/reimagining-dinosaurs-prehistoric-icons-get-a-modern-reboot-interactive-feature

New York Times. (2018a). *Augmented Reality: Four of the Best Olympians, as You've Never Seen Them*. https://www.nytimes.com/interactive/2018/02/05/sports/olympics/ar-augmented-reality-olympic-athletes-ul.html

New York Times. (2018b, July 7). *Step Inside the Thai Cave in Augmented Reality*. https://www.nytimes.com/interactive/2018/07/21/world/asia/thai-cave-rescue-ar-ul.html?mtrref=www.google.com&gwh=20B4938FE47F02B62FDAF2C714F48BCF&gwt=pay&assetType=PAYWALL

New York Times. (2018c, October 25). *Monsters that live on you*. https://www.nytimes.com/interactive/2018/10/25/multimedia/bugs-halloween-kids-ar-ul.html

New York Times. (2018d, November 13). *Take a Tour of Lady Liberty's Torch*. https://www.nytimes.com/interactive/2018/11/13/nyregion/statue-of-liberty-torch-ar-ul.html

New York Times. (2019, December 2). *See How the World's Most Polluted Air Compares With Your City's*. https://www.nytimes.com/interactive/2019/12/02/climate/air-pollution-compare-ar-ul.html

New York Times. (2020, October 26). *Election Forecasts*. https://rd.nytimes.com/projects/augmented-reality-storytelling#election-forecast

New York Times. (2021). *Gymnastics in Tokyo*. https://www.nytimes.com/interactive/2021/sports/olympics/suni-lee-gymnastics.html

New York Times. (2022a, April 20). *Inflation Shrinking Ray*. https://www.nytimes.com/interactive/2022/04/20/business/inflation-shrink-ray.html?shared=1

New York Times. (2022b, August 12). *What will the megastorm's rain look like?* https://www.nytimes.com/interactive/2022/08/12/climate/california-rain-storm.html

New York Times. (2022c, August 19). *EV Battery Breakdown*. https://www.nytimes.com/interactive/2022/08/19/business/electric-vehicle-battery-made.html

Nielsen, J. (2000). *Why You Only Need to Test with 5 Users*. https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/

Nielsen, J. (2012, January 15). *Thinking Aloud: The #1 Usability Tool*. NN/g Nielsen Norman Group. https://www.nngroup.com/articles/thinking-aloud-the-1-usability-tool/

Nilsson, S., & Johansson, B. (2006). A cognitive systems engineering perspective on the design of mixed reality systems. *Proceedings of the 13th Eurpoean Conference on Cognitive Ergonomics: Trust and Control in Complex Socio-Technical Systems*, 154–161. https://doi.org/10.1145/1274892.1274923

Nittala, A. S., Li, N., Cartwright, S., Takashima, K., Sharlin, E., & Sousa, M. C. (2015). PLANWELL: spatial user interface for collaborative petroleum well-planning. *SIGGRAPH Asia 2015 Mobile Graphics and Interactive Applications*, 1–8. https://doi.org/10.1145/2818427.2818443

Nodelman, P. (1988). *Words about pictures: the narrative art of children's picture books*. The University of Georgia Press.

Norman, D. (2004). *Emotional Design: why we love (or hate) everyday things*. Basic Books.

Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things*. Basic Books.

Ortega, J., Hernández, M. G., Izquierdo, M. Á. G., & Masini, N. (2021). Heritage Within. *European Research Project*. http://www.gecorpa.pt/Upload/Revistas/PC73%20_web_P20-28_red.pdf

Papanek, V. (1984). *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change* (2nd edition). Thames and Hudson.

Park, D., Drucker, S. M., Fernandez, R., & Elmqvist, N. (2018). Atom: A Grammar for Unit Visualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *24*(12), 3032–3043. https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2785807

Paton, B. (2001). Cold, Casualties, and Conquests: The Effects of Cold on Warfare. *Medical Aspects of Harsh Environments*, *1*.

Pavlik, J. v., & Bridges, F. (2013). The Emergence of Augmented Reality (AR) as a Storytelling Medium in Journalism. *Journalism & Communication Monographs*, *15*(1), 4–59. https://doi.org/10.1177/1522637912470819

Perin, C., Dragicevic, P., & Fekete, J.-D. (2014). Revisiting Bertin Matrices: New Interactions for Crafting Tabular Visualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *20*(12), 2082–2091. https://doi.org/10.1109/TVCG.2014.2346279

Perin, C., Fekete, J.-D., & Dragicevic, P. (2019). Jacques Bertin's legacy in information visualization and the reorderable matrix. *Cartography and Geographic Information Science*, *46*(2), 176–181. https://doi.org/10.1080/15230406.2018.1470942

Providência, F. (2012). *Poeta, ou aquele que faz: a poética como inovação em design* [Doctoral thesis, Universidade de Aveiro]. https://ria.ua.pt/handle/10773/9218

Raskin, J. (1999). Presenting Information. In R. Jacobson (Ed.), *Information design*. The MIT Press.

Rieser, M. (2015). Artistic Explorations: Mobile, Locative and Hybrid Narratives. In H. Koenitz, G. Ferri, M. Haahr, D. Sezen, & T. İ. Sezen (Eds.), *Interactive Digital Narrative - History, Theory and Practice* (pp. 241–257). Taylor & Francis.

Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, *4*(2), 155–169. https://doi.org/10.1007/BF01405730

Roberts, J. C., Ritsos, P. D., Badam, S. K., Brodbeck, D., Kennedy, J., & Elmqvist, N. (2014). Visualization beyond the Desktop - The Next Big Thing. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *34*(6), 26–34. https://doi.org/10.1109/MCG.2014.82

Rouse, R. (2015). MRx as a performative and theatrical stage. *Digital Creativity*, *26*(3–4), 193–206. https://doi.org/10.1080/14626268.2015.1100121

Rouse, R., Engberg, M., JafariNaimi, N., & Bolter, J. D. (2015). MRx: an interdisciplinary framework for mixed reality experience design and criticism. *Digital Creativity*, 26(3–4), 175–181. https://doi.org/10.1080/14626268.2015.1100123

Ryan, M.-L. (2004). *Narrative Across Media: The Language of Storytelling*. University of Nebraska Press.

Ryan, M.-L. (2015a). Emotional and Strategic Conceptions of Space in Digital Narratives. In H. Koenitz, G. Ferri, M. Haahr, D. Sezen, & T. İ. Sezen (Eds.), *Interactive Digital Narrative - History, Theory and Practice* (pp. 106–120). Taylor & Francis.

Ryan, M.-L. (2015b). The Many Forms of Interactivity. In *Narrative as Virtual Reality 2: Revisiting Immersion and Interactivity in Literature and Eletronic Media*. John Hopkins University Press.

Ryan, M.-L., Foote, K., & Azaryahu, M. (2016). *Narrating Space / Spatializing Narrative: where narrative theory and geography meet* (M.-L. Ryan, K. Foote, & M. Azaryahu, Eds.). The Ohio State University Press.

Saffo, D., Bartolomeo, S. Di, Crnovrsanin, T., South, L., Raynor, J., Yildirim, C., & Dunne, C. (2023). Unraveling the Design Space of Immersive Analytics: A Systematic Review. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 1–12. https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3327368

Saikaly, F. (2005). Approaches to design research: towards the designerly way. *Proceedings of the 6th International Conference of the European Academy of Design, Design System Evolution (EAD06)*.

Sarri, F., Ragia, L., Panagiotopoulou, A., & Mania, K. (2022). Location-Aware Augmented-Reality for Predicting Sea Level Rise in Situ. *2022 International Conference on Interactive Media, Smart Systems and Emerging Technologies (IMET)*, 1–8. https://doi.org/10.1109/IMET54801.2022.9929635

Satriadi, K. A., Smiley, J., Ens, B., Cordeil, M., Czauderna, T., Lee, B., Yang, Y., Dwyer, T., & Jenny, B. (2022). Tangible Globes for Data Visualisation in Augmented Reality. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–16. https://doi.org/10.1145/3491102.3517715

Satyanarayan, A., & Heer, J. (2014). Authoring Narrative Visualizations with Ellipsis. *Proceedings of the 16th Eurographics Conference on Visualization*, 361–370.

Schmalstieg, D., & Höllerer, T. (2016). Authoring. In *Augmented Reality: Principles and Practice* (pp. 471–488). Addison Wesley.

Schön, D. A. (1992). Designing as reflective conversation with the materials of a design situation. *Knowledge-Based Systems*, *5*(1), 3–14. https://doi.org/10.1016/0950-7051(92)90020-G

Search, P. (2016). Information design opportunities with augmented reality applications. *Information Design Journal*, *22*(3), 237–246. https://doi.org/10.1075/IDJ.22.3.04SEA

Segel, E., & Heer, J. (2010). Narrative visualization: Telling stories with data. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *16*(6), 1139–1148. https://doi.org/10.1109/TVCG.2010.179

Seichter, H., Looser, J., & Billinghurst, M. (2008). ComposAR: An intuitive tool for authoring AR applications. *2008 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 177–178. https://doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637354

Shaer, O., & Hornecker, E. (2010). Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, *3*(1–2), 4–137. https://doi.org/10.1561/1100000026

Shanahan, M., & Bahia, K. (2023). *The State of Mobile Internet Connectivity 2023*. https://www.gsma.com/r/wp-content/uploads/2023/10/The-State-of-Mobile-Internet-Connectivity-Report-2023.pdf?utm_source=website&utm_medium=button&utm_campaign=somic23

Shedroff, N. (2001). An Overview of Understanding. In R. S. Wurman (Ed.), *Information Anxiety 2* (2nd ed., pp. 27–29). Que.

Shin, S., Batch, A., Butcher, P. W. S., Ritsos, P. D., & Elmqvist, N. (2023). The Reality of the Situation: A Survey of Situated Analytics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 1–19. https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3285546

Shneiderman, B. (1996). The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. *Proceedings 1996 IEEE Symposium on Visual Languages*, 336–343. https://doi.org/10.1109/VL.1996.545307

Stansfield, C., Dickson, K., & Bangpan, M. (2016). Exploring issues in the conduct of website searching and other online sources for systematic reviews: how can we be systematic? *Systematic Reviews*, *5*(1), 191. https://doi.org/10.1186/s13643-016-0371-9

Stigliani, I., & Ravasi, D. (2018). The Shaping of Form: Exploring Designers' Use of Aesthetic Knowledge. *Organization Studies*, *39*(5–6), 747–784. https://doi.org/10.1177/0170840618759813

Suh, A., & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, *86*, 77–90. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019

Svanæs, D. (2013). Interaction design for and with the lived body. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, *20*(1), 1–30. https://doi.org/10.1145/2442106.2442114

Swaminathan, S., Shi, C., Jansen, Y., Dragicevic, P., Oehlberg, L. A., & Fekete, J.-D. (2014). Supporting the design and fabrication of physical visualizations. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3845–3854. https://doi.org/10.1145/2556288.2557310

Tejedor-Calvo, S., Romero-Rodríguez, L. M., Moncada-Moncada, A.-J., & Alencar-Dornelles, M. (2020). Journalism that tells the future: possibilities and journalistic scenarios for augmented reality. *El Profesional de La Información*. https://doi.org/10.3145/epi.2020.nov.02

Thomas, B. H., Welch, G. F., Dragicevic, P., Elmqvist, N., Irani, P., Jansen, Y., Schmalstieg, D., Tabard, A., ElSayed, N. A. M., Smith, R. T., & Willett, W. (2018). Situated analytics. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 11190 LNCS* (pp. 185–220). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_7

Thudt, A., Walny, J., Gschwandtner, T., Dykes, J., & Stasko, J. (2018). Exploration and Explanation in Data-Driven Storytelling. In *Data-Driven Storytelling* (pp. 59–83). A K Peters/CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315281575-3

Tong, C., Roberts, R., Borgo, R., Walton, S., Laramee, R., Wegba, K., Lu, A., Wang, Y., Qu, H., Luo, Q., & Ma, X. (2018). Storytelling and Visualization: An Extended Survey. *Information*, *9*(3), 65. https://doi.org/10.3390/info9030065

Tonkinwise, C. (2011). A taste for practices: Unrepressing style in design thinking. *Design Studies*, *32*(6), 533–545. https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.001

Tredinnick, R., Smith, S., & Ponto, K. (2019). A cost-benefit analysis of 3D scanning technology for crime scene investigation. Forensic Science International: Reports, 1, 100025. https://doi.org/10.1016/j.fsir.2019.100025

Tufte, E. (1990). *Envisioning Information*. Graphics Press LC.

Tufte, E. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information* (second). Graphics Press LLC. http://faculty.salisbury.edu/~jtanderson/teaching/cosc311/fa21/files/tufte.pdf

Tufte, E. (2006). *Beautiful Evidence*. Graphics Press LLC. http://mail.jufejus.org.ar/www.jufejus.org.ar/images/doc/ACTIVIDADES/Estadisticas/Jornadas%20de%20Capacitacion/Material/JornadasX/Tufte/Beautiful_Evidence.pdf

USA Today. (2019a, August 27). *Capitals' John Carlson discusses the All-Star game*. https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2019/08/27/interactivestory-experienceid-carlson/2122972001/

USA Today. (2019b, August 27). *Notre Dame: After the Fire*. https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2019/08/27/interactivestory-experienceid-notredame/2083634001/

USA Today. (2020a, May 1). *Kent State shootings: A day of tragedy*. https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/05/01/interactivestory-experienceid-kentstate/3047603001/

USA Today. (2020b, July 16). *Woman's suffrage: Famous speeches come to life*. https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/07/16/interactivestory-experienceid-suffrage/3134483001/

USA Today. (2020c, August 13). *Statues bring suffrage history to you in augmented reality*. https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/08/13/interactivestory-experienceid-suffragestatues/3358813001/

USA Today. (2021a, January 27). *Journey into the body to see COVID vaccine at work*. https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2021/01/27/interactivestory-experienceid-mrna/6701446002/

USA Today. (2021b, February 12). *Explore Mars Perseverance rover in augmented reality*. https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2021/02/12/interactivestory-experienceid-mars/4452739001/

USA Today. (2021c, July 19). *Sport Climbing with Kyra Condie*. https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2021/07/19/interactivestory-experienceid-climb/7800474002/

USA Today. (2022). *Step inside the crime scene at the heart of "Accused", Season 4'*. https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2022/01/24/interactivestory-experienceid-accusedusat/6620625001/

Vairinhos, M. (2014). *Artefactos tangíveis e adaptáveis no ambiente doméstico* [Doctoral, University of Aveiro]. https://ria.ua.pt/handle/10773/12703

Van Der Linden, S. (2011). *Para Ler o Livro Ilustrado*. Cosac Naify.

Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *International Journal of Virtual Reality*, *9*(2), 1–20. https://doi.org/10.20870/IJVR.2010.9.2.2767

Venturini, T., Ricci, D., Mauri, M., Kimbell, L., & Meunier, A. (2015). Designing Controversies and Their Publics. *Design Issues*, *31*(3), 74–87. https://doi.org/10.1162/DESI_a_00340

Verbeek, P.-P. (2015). Beyond interaction: A short introduction to mediation theory. *Interactions*, *22*(3), 26–31. https://doi.org/10.1145/2751314

Verbeek, P.-P., & Crease, R. P. (2005). *What Things Do: Philosophical Reflections on Technology, Agency, and Design*. Penn State University Press. http://www.jstor.org/stable/10.5325/j.ctv14gp4w7

Verganti, R., Dell'Era, C., & Swan, K. S. (2021). Design thinking: Critical analysis and future evolution. *Journal of Product Innovation Management*, *38*(6), 603–622. https://doi.org/10.1111/jpim.12610

Verganti, R., Vendraminelli, L., & Iansiti, M. (2020). Innovation and Design in the Age of Artificial Intelligence. *Journal of Product Innovation Management*, *37*(3), 212–227. https://doi.org/10.1111/jpim.12523

Vertucci, R., D'Onofrio, S., Ricciardi, S., & De Nino, M. (2023). History of Augmented Reality. In A. Y. C. Nee & S. K. Ong (Eds.), *Springer Handbook of Augmented Reality* (pp. 35–50). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-67822-7_2

Vigkos, A., Pauer, A., Bevacqua, D., Turturro, L., & Kulesza, M. (2021). *XR and its potential for Europe*. https://xreuropepotential.com/assets/pdf/ecorys-xr-2021-report.pdf

Vink, J., Wetter-Edman, K., & Aguirre, M. (2017). Designing for Aesthetic Disruption: Altering Mental Models in Social Systems through Designerly Practices. *The Design Journal*, *20*(sup1), S2168–S2177. https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352733

Waller, R. (2011). Information design: how the disciplines work together. *Technical Paper: Simplification Centre, University of Reading [Original 1995]*. https://assets-global.website-files.com/5c06fb475dbf1265069aba1e/5c3e1fc25f1ce25c670a159e_SC14DisciplinesTogether.pdf

Wang, W., Lei, S., Liu, H., Li, T., Qu, J., & Qiu, A. (2020). Augmented Reality in Maintenance Training for Military Equipment. *Journal of Physics: Conference Series*, *1626*(1), 012184. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1626/1/012184

Washington Post. (2018). *The terrible numbers that grow with each mass shooting*. https://www.washingtonpost.com/graphics/2018/national/mass-shootings-in-america/

Washington Post. (2021). *Scale a 50-foot speed climbing wall in augmented reality*. https://www.washingtonpost.com/sports/olympics/interactive/2021/sport-climbing-brooke-raboutou-augmented-reality/

Watts, I., Boulanger, P., & Kawchuk, G. (2017). ProjectDR: Augmented Reality System for Displaying Medical Images Directly onto a Patient. *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*. https://doi.org/10.1145/3139131.3141198

Weiss, A. S. (2015). Place-Based Knowledge in the Twenty-First Century. *Digital Journalism*, *3*(1), 116–131. https://doi.org/10.1080/21670811.2014.928107

Wellner, P., Mackay, W., & Gold, R. (1993). Back to the real world. *Communications of the ACM*, *36*(7), 24–26. https://doi.org/10.1145/159544.159555

Whitelaw, M. (2010). *Measuring Cup*. http://www.insideoutexhibition.com

Whitlock, M., Smart, S., & Szafir, D. A. (2020). Graphical Perception for Immersive Analytics. *Proceedings - 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VR 2020*, 616–625. https://doi.org/10.1109/VR46266.2020.1582298687237

Willers, B. (2015). Show, Don't Tell. In D. Bihanic (Ed.), *New Challenges for Data Design* (pp. 3–22). Springer.

Woods, T. L., Reed, S., Hsi, S., Woods, J. A., & Woods, M. R. (2016). Pilot Study Using the Augmented Reality Sandbox to Teach Topographic Maps and Surficial Processes in Introductory Geology Labs. Journal of Geoscience Education, 64(3), 199–214. https://doi.org/10.5408/15-135.1

Wurman, R. S. (2001). *Information Anxiety 2* (second edition). Que.

Wust, M. (2018). Augmented Reality: What It Is and How It Came About . In J.-P. van Arnhem, C. Elliott, & M. Rose (Eds.), *Augmented and Virtual Reality in Libraries*. Rowman & Littlefield.

Yin, R. K. (2001). *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos* (2a). Bookman. https://saudeglobaldotorg1.files.wordpress.com/2014/02/yin-metodologia_da_pesquisa_estudo_de_caso_yin.pdf

You, X., Zhang, W., Ma, M., Deng, C., & Yang, J. (2018). Survey on Urban Warfare Augmented Reality. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(2), 46. https://doi.org/10.3390/ijgi7020046

Zhao, Z., & Elmqvist, N. (2023). The Stories We Tell About Data: Surveying Data-Driven Storytelling Using Visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *43*(4), 97–110. https://doi.org/10.1109/MCG.2023.3269850

Anexos

Consentimento informado entregue aos participantes dos ensaios II (*Graduates and Companies*); III (*Floating Companies*) e IV (*Floating Companies II*).

DesignOBS: Para um Observatório de Design em Portugal

CONSENTIMENTO INFORMADO (a assinar pelo participante)

Número do Participante (a preencher pelo investigador/a) _____

Exmo.(a) Sr.(a),
Esta sessão objetiva avaliar a experiência de interação associada a um conjunto diferentes objetos materializados com dados recolhidos sobre empresas e diplomados em design em Portugal. Estes dados são recolhidos dentro do âmbito do projeto do Observatório de Design Português (www.designobs.pt). A sessão é dirigida a pessoas com ou sem experiência na área de Design.

O projeto *DesignObs: Para um Observatório de Design em Portugal: Modelos, Instrumentos, Representação e Estratégias*, tem como missão, recolher dados, sistematizar informação e desenvolver investigação estratégica sobre o ecossistema do design português, apoiando a tomada de decisões relevantes sobre iniciativas empresariais, institucionais ou de política pública que se relacionem com o design português.
É cofinanciado pelo Programa Operacional Regional de Lisboa (LISBOA 2020) e o Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI-01-0145-FEDER-032445), através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) e por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia.

A sessão dura cerca de 20 minutos na totalidade. A sua participação neste estudo é voluntária, anónima e poderá ser interrompida a qualquer momento. A informação recolhida destina-se unicamente a fins de investigação e será tratada unicamente pelos investigadores. Para mais informações poderá também contactar-nos através do e-mail abmarques@ua.pt.

Agradecemos desde já a sua participação neste estudo.

Ao assinar, aceita participar neste estudo, confirmando que foi esclarecido(a) sobre as condições do mesmo e que não tem dúvidas.

Assinatura participante _____

Assinatura investigador(a) _____

Ficha de caracterização sociodemográfica entregue aos participantes dos ensaios II (*Graduates and Companies*) e III (*Floating Companies*) (frente).

DesignOBS: Para um Observatório de Design em Portugal

CARACTERIZAÇÃO SOCIODEMOGRÁFICA

Número do Participante (a preencher pelo investigador/a)_____

Género (pode saltar a questão se não quiser especificar): _____

Por favor preencha as respostas com um "X".

Idade

☐ menos de 21
☐ entre 21-30
☐ entre 31-40
☐ entre 41-50
☐ entre 51-60
☐ entre 61-70
☐ entre mais de 70

Nacionalidade

☐ Portuguesa ☐ Outra (pf. especifique): _____

Local de residência habitual (distrito)

☐ Açores	☐ Guarda	☐ Porto
☐ Aveiro	☐ Évora	☐ Santarém
☐ Beja	☐ Faro	☐ Setúbal
☐ Bragança	☐ Leiria	☐ Viana do Castelo
☐ Braga	☐ Lisboa	☐ Vila Real
☐ Castelo Branco	☐ Madeira	☐ Viseu
☐ Coimbra	☐ Portalegre	☐ Não vivo em portugal

Grau académico

☐ Não tenho qualificações
☐ Ensino secundário
☐ CET
☐ Licenciatura
☐ Mestrado
☐ Doutoramento
☐ Outro (pf. especifique): _____

Área(s) de formação (se aplicável): _____

Ocupação / Profissão: _____

O formulário continua na próxima página →

Ficha de caracterização sociodemográfica entregue aos participantes dos ensaios II (*Graduates and Companies*) e III (*Floating Companies*) (verso).

Área(s) de formação base
 não tenho formação base
 Design de produto/industrial/equipamento
 Design de comunicação/gráfico
 Design multimédia/interativo
 Design de ambientes/interiores
 Design de moda/têxtil
 Design estratégico/serviços
 Outra formação (pf especifique)_____

Profissão:_____

Anos de experiência na profissão atual (se aplicável):_____

Para as seguinte afirmações, por favor especifique uma pontuação com um "X":

"Tenho à vontade no uso de smartphone ou tablet"

	1	2	3	4	5	
Discordo plenamente						Concordo totalmente

"Estou familiarizado com tecnologias de realidade aumentada"

	1	2	3	4	5	
Discordo plenamente						Concordo totalmente

Ficha de caracterização sociodemográfica entregue aos participantes do ensaio IV (*Floating Companies II*) (frente).

DesignOBS: Para um Observatório de Design em Portugal

CARACTERIZAÇÃO SOCIODEMOGRÁFICA

Número do Participante (a preencher pelo investigador/a)_____

Género (pode saltar a questão se não quiser especificar): _____

Por favor preencha as respostas com um "X".

Idade

☐ menos de 21
☐ entre 21-30
☐ entre 31-40
☐ entre 41-50
☐ entre 51-60
☐ entre 61-70
☐ entre mais de 70

Nacionalidade

☐ Portuguesa ☐ Outra (pf. especifique): _____

Local de residência habitual (distrito)

☐ Açores	☐ Guarda	☐ Porto
☐ Aveiro	☐ Évora	☐ Santarém
☐ Beja	☐ Faro	☐ Setúbal
☐ Bragança	☐ Leiria	☐ Viana do Castelo
☐ Braga	☐ Lisboa	☐ Vila Real
☐ Castelo Branco	☐ Madeira	☐ Viseu
☐ Coimbra	☐ Portalegre	☐ Não vivo em portugal

Grau académico

☐ Não tenho qualificações
☐ Ensino secundário
☐ CET
☐ Licenciatura
☐ Mestrado
☐ Doutoramento
☐ Outro (pf. especifique): _____

Área(s) de formação (se aplicável): _____

Ocupação / Profissão: _____

O formulário continua na próxima página →

Ficha de caracterização sociodemográfica entregue aos participantes do ensaio IV (*Floating Companies II*) (verso).

Anos de experiência na profissão atual (se aplicável): _____

Para as seguintes afirmações, por favor especifique uma pontuação com um "X":

"Tenho à vontade no uso de smartphone ou tablet."

	1	2	3	4	5	
Discordo plenamente						Concordo totalmente

"Tenho à vontade no uso de Oculus Quest ou Oculus Quest 2."

	1	2	3	4	5	
Discordo plenamente						Concordo totalmente

"Estou familiarizado(a) com tecnologias de realidade aumentada."

	1	2	3	4	5	
Discordo plenamente						Concordo totalmente

Questionário SUS (*System Usability Scale*) entregue aos participantes do ensaio IV (*Floating Companies II*).

DesignOBS: Para um Observatório de Design em Portugal

System Usability Scale (SUS)

Número do Participante (a preencher pelo investigador/a) _____
Dispositivo utilizado (a preencher pelo investigador/a) Tablet □ Oculus Quest 2 □

Para as seguintes afirmações, por favor especifique uma pontuação com um "X":

	Concordo totalmente 1	2	3	4	Discordo totalmente 5
1. Acho que gostaria de usar este sistema com frequência.					
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo.					
3. Achei o sistema fácil de usar.					
4. Acho que precisaria do apoio de um técnico para poder usar esse sistema.					
5. Achei que as várias funções deste sistema estavam bem integradas.					
6. Achei que existia demasiada inconsistência neste sistema.					
7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema muito rapidamente.					
8. Achei o sistema muito complicado de usar.					
9. Senti-me muito confiante ao utilizar o sistema.					
10. Eu precisava de aprender muitas coisas antes de começar a utilizar este sistema.					

Tabela 1 – Análise das transcrições áudio resultantes dos testes com utilizadores ao protótipo *Floating Companies* (ensaio III).

	Passo 1	**Passo 2**	**Passo 3**
Participante	Citação	Código descritivo	Categoria
1	"A compreensão espacial entre o tamanho das empresas e o mapa é um bocado confusa."	Dificuldade em estabelecer a relação entre o mapa e as esferas.	Perceção do espaço
1	"A visão mais afastada seria melhor, se houvesse mais espaço."	A possibilidade de obter uma visão distanciada das esferas como uma mais-valia. A procura por uma perspetiva geral dos dados.	Perceção do espaço
1	"Seria interessante ver isto [esferas] de cima".	A possibilidade de obter uma visão distanciada das esferas como uma mais-valia. A procura por uma perspetiva geral dos dados.	Perceção do espaço
1	"É quase como uma instalação."	A utilização da aplicação enquanto experiência estética.	caráter artístico / estético da experiência
2	"— É mais difícil ter uma perceção particular porque quando eu me aproximo [de uma esfera] não consigo ver a parte do chão. — Não consegue perceber a sua própria localização no espaço? — Sim, no espaço. Não no espaço da sala, mas no espaço virtual."	Dificuldade em compreender a posição das esferas no mapa. Dificuldade em compreender a sua própria posição no espaço virtual.	Perceção do espaço
2	"À medida que me vou aproximando e pela sobreposição das bolas, não consigo ter a perceção correta. Parece que aquelas esferas estão em Castelo Branco mas pelo que vi há um bocado não parece ser assim."	Dificuldade em compreender a posição das esferas no mapa.	Perceção do espaço
2	"É um pouco complicado ter a perceção, estou a ver que a zona do Porto fica muito sobreposta com a zona de Lisboa."	Dificuldade em compreender a posição das esferas no mapa.	Perceção do espaço
2	"Só se me afastasse muito é que conseguia perceber."	Dificuldade em compreender a altura das esferas.	Perceção do espaço
2	"Talvez se eu selecionasse que distritos quero ver no mapa e depois apareciam só as esferas dessa zona, talvez fosse mais fácil ter a perceção espacial."	Sugestão de filtros.	Técnicas de interação
2	"Se calhar gostava mais de ver aparecer ao lado da bola onde estou a clicar, para não ter que olhar para cima. Ainda por cima o texto sai logo, não fica selecionado."	Sugestões relativas à interface de utilizador.	Interface de utilizador
2	"Se eu carregar numa das bolinhas das micro companies, depois vou me esquecer de onde já cliquei porque elas não ficam selecionadas e são tantas e tão densas que eu não consigo ter a perceção de onde já carreguei".	Impossibilidade de aceder a um histórico da interação.	Técnicas de interação / Interface de utilizador
3	"É um bocadinho difícil clicar devido ao movimento."	Dificuldade em interagir e movimentar-se simultaneamente.	Interação
3	"O núcleo do Porto parece maior que o núcleo de Lisboa mas pode ser uma questão de perspetiva."	A perspetiva que se tem ao estar imerso em informação não permite ter a certeza do que se está a ver.	Perceção do espaço
3	"Era giro dar para carregar no distrito e apareciam só as esferas desse distrito."	Sugestão de filtros por distrito.	Técnicas de interação

	Passo 1	**Passo 2**	**Passo 3**
Participante	Citação	Código descritivo	Categoria
4	"Esta instalação surpreendeu-me mais porque não tenho a peça à frente e, de repente, aparece através do ecrã um grande aglomerado de informação."	O caráter surpreendente da realidade aumentada.	Realidade aumentada
6	"Nunca tinha visto uma representação de dados assim."	O caráter surpreendente ou inesperado da experiência.	Realidade aumentada + visualização de dados
6	"Acho que isto é um bocado impressionante."	O caráter surpreendente ou inesperado da experiência.	Realidade aumentada + visualização de dados
6	"Acho que a forma como isto foi desenvolvido dá para mostrar muita informação sem saturar a pessoa com muito texto."	Pontos fortes da experiência, do ponto de vista da informação.	Apresentação da informação
9	"Uau! Pode-se andar aqui no meio? Que fixe!"	O caráter surpreendente ou inesperado da experiência.	Experiência do espaço
9	"Não consigo ver a relação entre o mapa e a distribuição das esferas no espaço. (…) talvez com uma linha a ligar a esfera ao mapa, se for possível…ou alguma forma de nós localizarmos. (…) Porque eu agora queria localizar uma específica no Algarve e não estava a conseguir, fiquei um bocadinho frustrado e já não me dei ao trabalho."	Dificuldade em compreender a posição das esferas no mapa.	Perceção do espaço
9	"Eu não tenho possibilidade de saber em quais já cliquei [esferas], e era porreiro porque assim já não repetia. Ou até irem desaparecendo à medida que eu vou clicando. Vi, desaparece e quando eu quero voltar há um botão de restart e voltam todas."	Impossibilidade de aceder a um histórico da interação.	Técnicas de interação
9	Já fora da gravação, sugere a inclusão de filtros para os distritos.	Sugestão de filtros por distrito.	Técnicas de interação
10	"Eu através desta app estou com algumas dificuldades em perceber em que região é que estou. Porque acabam por estar tão dispersos [esferas] e estando em diversas alturas.. umas mais para a esquerda outras mais para a direita."	Dificuldade em compreender a sua própria posição no espaço virtual.	Perceção do espaço
10	"Eu através deste gráfico tridimensional [esferas] tenho algumas dificuldades em perceber, em reunir um conjunto de informações rápido e fácil de ler…"	Impossibilidade de obter uma vista geral do conjunto de dados.	Perceção do espaço
10	"Em termos visuais está bastante interessante mas em termos práticos acaba por não ser tão eficaz como seria pretendido (…) como aconteceria com um gráfico circular capaz de representar as percentagens."	Dicotomia entre o interesse suscitado pela aparência visual da experiência e a dimensão informativa.	Apreensão de dados e visualização tradicional dos dados
10	"Esta ideia de expor o mapa de Portugal e os distritos está interessante e acho que poderia funcionar com um gráfico de barras por cima mas através destes círculos [esferas] uma pessoa fica um pouco desorientada porque parecem pingos de chuva ou pingos de sangue e não se consegue perceber bem a que distancia está de cada círculo [esfera]. Uma pessoa tem que ter alguma sensibilidade para perceber, com alguma rapidez, em que local está cada gráfico."	Dicotomia entre o interesse suscitado pela aparência visual da experiência e a dimensão informativa. Leituras semânticas.	Apreensão de dados e visualização tradicional dos dados. Perceção do espaço. Leituras semânticas.

Tabela 1 – Continuação

	Passo 1	**Passo 2**	**Passo 3**
Participante	Citação	Código descritivo	Categoria
10	"Em geral acho que a ideia está interessante, mas a nível prático acabo por ter algumas dificuldades em analisar."	Dicotomia entre o interesse suscitado pela aparência visual da experiência e a dimensão informativa.	Apreensão dos dados
10	"O gráfico quase parece bolas de sangue e uma pessoa quase sente que está a andar no meio de um vírus ou no meio de gotas de sangue, o que de certa forma pode não tornar [a experiência] tão apelativa. Não é tão atraente como poderia ser se fossem utilizadas outras cores ou outras dinâmicas que não as pingas vermelhas."	Leituras semânticas.	Componente visual
10	"Em geral a ideia está bastante interessante, nunca tinha visto nada deste género de design de informação. Mas certos pormenores tornam-se bastante confusos para mim."	O caráter surpreendente ou inesperado da experiência. Caraterização da experiência como confusa.	Sobrecarga de dados
10	"Acho a ideia bastante interessante (…) mas não percebo qual é o limite de cada distrito. Torna-se muito difícil distinguir, por exemplo, se uma bola está em Coimbra ou em Leiria."	Dificuldade em compreender a posição das esferas no mapa.	Perceção do espaço
10	"Para ler e para termos uma melhor noção, temos de nos movimentar."	A importância do movimento na leitura dos dados.	Interação
11	"Visualmente, parecem quase átomos."	Leituras semânticas.	Componente visual
11	"É mais difícil perceber em que parte do mapa é que cai [a esfera] sem estar ligado. Não sei se faz sentido… […] Mas acho que visualmente é fantástico! Dá perfeitamente para ver os grandes núcleos."	Dificuldade em compreender a posição das esferas no mapa.	Perceção do espaço
11	"É mesmo um bocadinho difícil perceber onde é que cai [a esfera]. Isso torna a legibilidade mais difícil."	Dificuldade em compreender a posição das esferas no mapa.	Perceção do espaço
12	"Isto podia mesmo ser uma aplicação pública que as pessoas pudessem ver, e depois estava sempre em constante update. Mesmo para quem trabalha na área e para quem não trabalha na área."	Comentário sobre a utilidade da informação. Sugestão de publicação.	Conteúdo / Informação
12	"Este aqui [vista resumo do FLOC] dá muito a ideia de 'espaço', 'planetas'."	Leituras semânticas.	Componente visual
15	Ao clicar numa esfera: "Eu não consigo depois saber mais acerca desta empresa."	Impossibilidade de obter mais pormenores sobre uma determinada empresa.	Técnicas de interação
15	"Acho que seria mais interessante.. eu clico e quero que fique esta [esfera]. Quero selecioná-la."	Incapacidade de ativar permanentemente uma esfera.	Técnicas de interação
18	"Se as esferas estivessem mais em baixo era melhor porque assim parece que eu tenho que andar à procura de onde é que cada sítio [distrito] situa-se e fica com uma leitura um bocado mais complicada. Parece que eu tenho que olhar aqui para baixo para perceber o tamanho e onde é que se situa [cada esfera].	Dificuldade em compreender a posição das esferas no mapa.	Perceção do espaço

Tabela 1 – Continuação

	Passo 1	**Passo 2**	**Passo 3**
Participante	Citação	Código descritivo	Categoria
18	"Porque eu não percebo bem onde é que está. Eu consigo ver que é para lá, por exemplo para o lado de Lisboa, mas daqui não consigo não consigo perceber onde é que é mesmo. Se é mesmo em Lisboa ou não. Então se estivesse mais perto seria muito mais fácil para mim ler."	Dificuldade em compreender a posição das esferas no mapa.	Perceção do espaço
19	"Eu acho que dessa forma [vista resumo] é um pouco mais fácil visualizar do que a outra [vista das esferas no espaço]."	Comparação entre a vista principal e a vista resumo.	Representação da informação
21	"É engraçado não ver aqui nada [no espaço da sala de projeção] e depois afinal estarem aqui coisas."	O caráter surpreendente ou inesperado da experiência.	Realidade aumentada

Tabela 1 – Continuação

Tabela 2 – Índice dos casos de estudo analisados.

Nr.	Fonte	Data de publicação	Título	URL	data da consulta
7	*New York Times*	05/02/2018	*Augmented Reality: Four of the Best Olympians, as You've Never Seen Them*	https://www.nytimes.com/interactive/2018/02/05/sports/olympics/ar-augmented-reality-olympic-athletes-ul.html	27/09/22
9	*New York Times*	21/07/2018	*Step Inside the Thai Cave in Augmented Reality*	https://www.nytimes.com/interactive/2018/07/21/world/asia/thai-cave-rescue-ar-ul.html?mtrref=www.google.	17/08/2022
10	*New York Times*	30/10/2020	*How Masks Work*	https://www.nytimes.com/interactive/2020/10/30/science/wear-mask-covid-particles-ul.html	27/09/22
11	*New York Times*	19/10/2021	*Wildfire Storms*	https://www.nytimes.com/interactive/2021/10/19/climate/dixie-fire-storm-clouds-weather.html	17/08/2022
12	*New York Times*	25/12/2021	*What Webb Will See*	https://www.nytimes.com/live/2021/12/25/science/webb-telescope-launch-nasa	18/08/2022
13	*New York Times*	20/04/2022	*Inflation Shrinking Ray*	https://www.nytimes.com/interactive/2022/04/20/business/inflation-shrink-ray.html?shared=1	17/08/2022
14	*USA Today*	01/05/2020	*Kent State shootings: A day of traged*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/05/01/interactivestory-experienceid-kentstate/3047603001/	22/08/2022
15	*New York Times*	20/03/2018	*Augmented Reality: David Bowie in Three Dimensions*	https://www.nytimes.com/interactive/2018/03/20/arts/design/bowie-costumes-ar-3d-ul.html	18/08/2022
16	*New York Times*	08/07/2022	*How smoke Spreads*	https://www.nytimes.com/interactive/2022/07/08/nyregion/bronx-fire-nyc.html	19/08/2022
18	*New York Times*	26/02/2021	*Why Opening Window is a Key to Reopening Schools*	https://www.nytimes.com/interactive/2021/02/26/science/reopen-schools-safety-ventilation.html	18/08/2022
21	*USA Today*	09/01/2021	*What happened where? A virtual look at last year's Capitol riot*	https://eu.usatoday.com/videos/augmented-reality/2021/01/09/preview-video-augmented-reality-interactive-siege-us-capitol/6604091002/	23/08/2022
22	*New York Times*	14/04/2020	*This 3-D Simulation Shows Why Social Distancing is So Important*	https://www.nytimes.com/interactive/2020/04/14/science/coronavirus-transmission-cough-6-feet-ar-ul.html	29/09/22
23	*New York Times*	02/12/2019	*See How the World's Most Polluted Air Compares With Your City's*	https://www.nytimes.com/interactive/2019/12/02/climate/air-pollution-compare-ar-ul.html	18/08/2022
25	*National Geographic*	04/2020	*The World in 2070*	https://www.nationalgeographic.com/pages/article/earth-day-instagram-ar-experience	27/09/22
26	*National Geographic*	08/2022	*Stonehenge*	https://www.nationalgeographic.com/magazine/graphics/stonehenge-was-one-triumph-amid-a-prehistoric-building-boom-feature	27/09/22
27	*National Geographic*	10/2020	*Deinonychus*	https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/reimagining-dinosaurs-prehistoric-icons-get-a-modern-reboot-interactive-feature	19/08/2022
28	*USA Today*	24/01/2022	*Step inside the crime scene at the heart of 'Accused', Season 4'*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2022/01/24/interactivestory-experienceid-accusedusat/6620625001/	23/08/2022
32	*New York Times*	19/06/2018	*A Volcano Turns a Town Into a Cemetery*	https://www.nytimes.com/interactive/2018/06/19/world/americas/guatemala-volcano-augmented-reality-ar-ul.html	19/08/2022

Nr.	Fonte	Data de publicação	Título	URL	data da consulta
33	*New York Times*	01/05/2018	*Augmented Reality: Explore NASA's InSight Mission on Mars*	https://www.nytimes.com/interactive/2018/05/01/science/mars-nasa-insight-ar-3d-ul.html	19/08/2022
34	*New York Times*	25/10/2018	*Monsters that live on you*	https://www.nytimes.com/interactive/2018/10/25/multimedia/bugs-halloween-kids-ar-ul.html	22/08/2022
35	*Washington Post*	20/07/2021	*Scale a 50-foot speed climbing wall in augmented reality*	https://www.washingtonpost.com/sports/olympics/interactive/2021/sport-climbing-brooke-raboutou-augmented-reality/	22/08/2022
36	*New York Times*	12/08/2022	*What will the megastorm's rain look like?*	https://www.nytimes.com/interactive/2022/08/12/climate/california-rain-storm.html	17/08/2022
37	*Washington Post*	17/07/2019	*How to Dress for Space*	https://www.washingtonpost.com/graphics/2019/business/immersive-space-suits-history-fashion-and-function/	18/08/2022
38	*New York Times*	19/08/2022	*EV Battery Breakdown*	https://www.nytimes.com/interactive/2022/08/19/business/electric-vehicle-battery-made.html	19/08/2022
39	*National Geographic*	28/04/2021	*California Condor*	https://www.nationalgeographic.com/outside-academy/in-park-ar/zion/	19/08/2022
40	*New York Times*	26/10/2020	*Election Forecasts*	https://rd.nytimes.com/projects/augmented-reality-storytelling#election-forecast	19/08/2022
41	*USA Today*	12/08/2022	*Get up close with heat domes, a culprit behind the summer's heat*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2022/08/12/interactivestory-experienceid-heatdome/10245844002/	23/08/2022
42	*USA Today*	08/09/2021	*Story of deadliest prison riot in U.S. history told in augmented reality*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2021/09/08/interactivestory-experienceid-attica-prison-riot/5717531001/	23/08/2022
43	*USA Today*	12/02/2021	*Explore Mars Perseverance rover in augmented reality*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2021/02/12/interactivestory-experienceid-mars/4452739001/	23/08/2022
44	*USA Today*	13/08/2020	*Statues bring suffrage history to you in augmented reality*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/08/13/interactivestory-experienceid-suffragestatues/3358813001/	23/08/2022
45	*USA Today*	27/01/2021	*Journey into the body to see COVID vaccine at work*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2021/01/27/interactivestory-experienceid-mrna/6701446002/	23/08/2022
46	*USA Today*	07/07/2020	*Learn more about destroyed Frederick Douglass statue, in Augmented Reality*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/07/07/interactivestory-experienceid-douglass/5390813002/	23/08/2022
47	*USA Today*	07/05/2020	*No mask? Here's how far your germs can travel*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/05/07/interactivestory-experienceid-aerosol/3047773001/	23/08/2022
48	*USA Today*	16/07/2020	*Woman's suffrage: Famous speeches come to life*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2020/07/16/interactivestory-experienceid-suffrage/3134483001/	23/08/2022
49	*USA Today*	06/02/2020	*737 MAX: what happened to the airliner?*	https://eu.usatoday.com/in-depth/graphics/2020/02/06/graphics-what-happened-and-whats-next-boeings-737-max-8/2746204001/	23/08/2022

Tabela 2 – Continuação

Nr.	Fonte	Data de publicação	Título	URL	data da consulta
50	*USA Today*	21/08/2019	*Rocket science made easy. Learn about Apollo 11 in AR.*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2019/08/21/interactivestory-experienceid-apollo/2058082001/	23/08/2022
51	*USA Today*	27/08/2019	*Notre Dame: After the Fire*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2019/08/27/interactivestory-experienceid-notredame/2083634001/	23/08/2022
52	*USA Today*	21/08/2019	*Oscars 2019: See costumes from your favorite films, from every angle*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2019/08/21/interactivestory-experienceid-oscars/2058289001/	23/08/2022
53	*USA Today*	27/08/2019	*Capitals' John Carlson discusses the All-Star game*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2019/08/27/interactivestory-experienceid-carlson/2122972001/	23/08/2022
54	*Florida Today*	2018	*321 LAUNCH - Falcon 9*	https://www.321launchapp.com/	26/08/2022
55	*New York Times*	13/11/2018	*Take a Tour of Lady Liberty's Torch (Right This Second)*	https://www.nytimes.com/interactive/2018/11/13/nyregion/statue-of-liberty-torch-ar-ul.html	29/08/2022
56	*USA Today*	19/07/2021	*Skateboarding with Tom Schaar*	https://eu.usatoday.com/in-depth/graphics/2021/07/20/skateboarding-tokyo-olympics-visual-explainer/5303928001/	29/08/2022
57	*USA Today*	19/07/2021	*Sport climbing with Kyra Condie*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2021/07/19/interactivestory-experienceid-climb/7800474002/	29/08/2022
58	*New York Times*	04/08/2018	*A fire tornado hit their neighborhood. This is all that's left.*	https://www.nytimes.com/interactive/2018/08/04/us/carr-fire-ar-ul.html	29/08/2022
59	*New York Times*	21/12/2018	*It's Intermission for the Large Hadron Collider*	https://www.nytimes.com/interactive/2018/12/21/science/cern-large-hadron-collider-ar-ul.html	29/08/2022
62	*USA Today*	29/12/2019	*Show of Force – Explore the Fog of War*	https://eu.usatoday.com/story/augmented-reality/2019/12/29/interactivestory-experienceid-sof/2688986001/	30/08/2022
65	*New York Times*	2021	*Gymnastics in Tokyo*	https://www.nytimes.com/interactive/2021/sports/olympics/suni-lee-gymnastics.html	30/08/2022
66	*New York Times*	2021	*Hurdling in Tokyo*	https://www.nytimes.com/interactive/2021/sports/olympics/dalilah-muhammad-track.html	30/08/2022
67	*Washington Post*	5/11/2018	*Practice makes perfect: Carve this virtual turkey*	https://www.washingtonpost.com/graphics/2018/food/how-to-carve-a-turkey-augmented-reality/	31/08/2022
69	*Deutsche Welle*	05/02/2020	*Water footprint: Augmented Reality shows water cost of beef*	https://www.dw.com/en/water-footprint-augmented-reality-shows-water-cost-of-beef/a-52218248	31/08/2022

Tabela 2 – Continuação

Tabela 3 – Caracterização das ferramentas de autoria.

Ferramenta de autoria	Interação	Modo de interação	Tipo de ferramenta	Modos de tracking	Compatibilidade	Publicação
Geenee AR	Estática	N/A	Digital	Marcador / Código QR; imagem; corpo inteiro; rosto; mãos; superfície; *Geo Anchor* (Beta); área	*Android; iOS.*	*Web AR*
Adobe Aero	Interativa	*Drag and drop*	Digital e imersiva	Imagem; superfície	*iPhone; iPad; iPad Touch*	*Adobe aero app*
PlugXR Creator	Interativa	Edição de *scripts* via GUI	Digital	Imagem; superfície	*iOS; Android*	*PlugXR App*; *WebAR*; integração em aplicação existente
Spark Studio	Interativa	*Drag and drop*	Digital	Marcador / Código QR; corpo inteiro; rosto; mãos; superfície	*Android; iPhone; iPad*	Efeitos para *Instagram*; *Facebook*; *Facebook Lite* e *Messenger*
XR+	Interativa	Edição de *scripts* via GUI	Digital	Imagem; rosto; mãos; pés; objeto/modelo; superfície	*iPhones; iPads; Android; Oculus Quest; Oculus Go; Firefox / Chrome + Oculus Rift / HTC Vive* para *desktop.*	*Web AR* e *Web VR* (para *smart glasses* ou capacetes VR)
Blipparbuilder	Interativa	Edição de *scripts* via GUI	Digital	Imagem; conteúdo aparecendo à volta do utilizador; superfície	*Android; iOS; Magic Leap*	*Web AR* e *Blippar App*
Byldr	Interativa	Edição de *scripts* via GUI	Imersiva	N/A	*Hololens 2; Oculus Quest*	*Byldr Marketplace*
JigSpace	Estática	N/A	Digital	Superfície	*iPhone; iPad, Mac e Windows* para *desktop.*	*Web AR*
Lens Studio	Interativa	Edição de *scripts* via GUI	Digital	Imagem; corpo inteiro; rosto; ombros; tronco; mãos; gatos e cães	*iOS e Android devices*	Filtros de *Snapchat*
Reality Composer	Interativa	Edição de *scripts* via GUI	Digital e imersiva	Imagem; rosto; objeto/ modelo; superfície	*iPhone; iPad*	*Reality Composer*; *AR Quick Look*; integração em aplicação
WordCast	Estática	N/A	Digital	Marcador / código QR; imagem; superfície	*iOS; Android*	*Web AR*
Hololink	Interativa	Edição de *scripts* via GUI. Opções de interação limitadas.	Digital	Imagem	*iOS*; *Android*	*Web AR*