

MINICURSOS

IHC 2024

FUNDAMENTOS E PRÁTICAS PARA EXPERIÊNCIAS DIGITAIS
ACESSÍVEIS, INCLUSIVAS E ETICAMENTE RESPONSÁVEIS

ORGANIZADO POR
CLAITON CORRÊA SAUL DELABRIDA



CLAITON CORRÊA
SAUL DELABRIDA

MINICURSOS IHC 2024
FUNDAMENTOS E PRÁTICAS PARA EXPERIÊNCIAS DIGITAIS ACESSÍVEIS,
INCLUSIVAS E ETICAMENTE RESPONSÁVEIS

Porto Alegre
Sociedade Brasileira de Computação – SBC
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S612 Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (22. : 07 – 11 outubro 2024 : Brasília)
Minicursos do IHC 2024 [recurso eletrônico] / organização: Claiton Corrêa, Saul Delabrida. Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024.
68 p. : il. : PDF ; 15 MB

Coletânea Perspectivas e Práticas contemporâneas em IHC
Modo de acesso: World Wide Web.
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7669-623-0 (e-book)

1. Computação – Brasil – Evento. 2. Interação Humano Computador. 3. Sistemas computacionais. I. Corrêa, Claiton. II. Delabrida, Saul. III. Sociedade Brasileira de Computação. IV. Título.

CDU 004(063)

Ficha catalográfica elaborada por Annie Casali – CRB-10/2339

Biblioteca Digital da SBC – SBC OpenLib

Minicursos IHC 2024

Fundamentos e Práticas para Experiências Digitais Acessíveis, Inclusivas e
Eticamente Responsáveis

Editora

Sociedade Brasileira de Computação (SBC)

Coordenação Geral do IHC 2024

Fábio Henrique Monteiro Oliveira (IFB)

Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos (IFB)

Rodrigo Cardoso da Silva (IFB)

Coordenação de Programa do IHC 2024

Ingrid Teixeira Monteiro (UFC)

Maria Lúcia Bento Villela (UFV)

Coordenação dos Minicursos 2024

Claiton Corrêa (IFFar)

Saul Delabrida (UFOP)

Comitê dos Minicursos 2024

André Freire (UFLA)

Awdren Fontão (UFMS)

Caroline Queiroz Santos (UFVJM)

Claudia Motta (UFRJ)

Ecivaldo Mattos (USP)

Eduardo Tanaka - Instituto de Pesquisa Eldorado

Emanuel Felipe Duarte (Unicamp)

Georgia Pereira (UFC)

Heitor Costa (UFLA)

Isabela Gasparini (UFSC)

Jair Leite (UFRN)

Juan Pablo Oracad - University of Iowa

Kadidja de Oliveira (IFB)

Lesandro Ponciano (PUC-Minas)

Lilian Passos Scatalon (UEM)

Luciana Zaina (UFSCar)
Marcelle Motta (UFC)
Nayana Carneiro (UFC)
Rafael Baldiati Parizi (IFFar)
Renan Vinícius Aranha (UFMT)
Rodrigo Zacarias - (UNIRIO)
Sylvana Karla Santos - (IFB)
Taciana Pontual Falcão - (UFRPE)
Tayana Conte - (UFAM)
Ticianne Darin - (UFC)
Vanessa Maike - SUNY Oswego
Vinícius Pereira - (UFMT)

Coordenação da CEIHC-SBC 2024

Kamila R.H. Rodrigues (USP)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
Acessibilidade nas Mídias Sociais para Pessoas com Deficiência Visual	
Daniela Tavares, Sara Lobato, Kamila Rodrigues, Carolina Sacramento, Mariana Faria, Yndiana Gouveia	
CAPÍTULO 2	18
Design Especulativo: Construindo Pontes entre Tecnologia, Ética e Inclusão Social	
Marcelo Soares Louffi, Beatriz Ventorini Lins de Albuquerque, Charles Siqueira Xavier, Sean Wolfgang Matsui Siqueira	
CAPÍTULO 3	39
Avaliação da Usabilidade e da Experiência do Usuário em Realidade Virtual e Aumentada	
Thiago P. de Campos, Saul Delabrida e Natasha M. C. Valentim	

Capítulo

1

Acessibilidade nas Mídias Sociais para Pessoas com Deficiência Visual

Daniela Tavares¹, Sara Lobato², Kamila Rodrigues³, Carolina Sacramento⁴, Mariana Faria⁵, Yndiana Gouveia⁶

¹NCE / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

²CCET / Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

³ICMC / Universidade de São Paulo (USP)

⁴COC / Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

⁵SG-TIC / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

⁶CCH / Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

daniela.tavares@nce.ufrj.br, sara.lobato@edu.unirio.br, kamila.rios@icmc.usp.br,
carolina.sacramento@fiocruz.br, marianabrunofaria@tic.ufrj.br,
gouveiayndiana@gmail.com

Abstract

This chapter presents concepts and practical guidelines for creating accessible content for visually impaired individuals on social media. It is based on the workshop conducted by the authors at the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC 2024).

Resumo

Este capítulo apresenta conceitos e orientações práticas para criação de conteúdo acessível a pessoas com deficiência visual nas mídias sociais. Ele foi baseado no minicurso conduzido pelas autoras no XXIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2024).

1.1. Contextualização

No Brasil, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 8.9% das pessoas com mais de dois anos possuem alguma deficiência [Brasil, 2023a]. Essas pessoas frequentemente enfrentam obstáculos que dificultam ou impossibilitam seu acesso a

conteúdos digitais, inclusive nas mídias sociais, tornando essencial a implementação de práticas de acessibilidade digital para promover a inclusão [Brasil, 2023c].

Especificamente para pessoas com deficiência visual (cegas ou com baixa visão), é necessário adotar práticas que viabilizem uma comunicação digital acessível, como um bom contraste de cores, tamanho e estilo adequados nos textos, descrição de imagens, entre outras. Logo, é fundamental que a comunidade de Interação Humano-Computador (IHC) conheça mais sobre a pessoa com deficiência visual, sobre os conceitos teóricos e práticos relacionados à acessibilidade, bem como sobre a legislação e Tecnologias Assistivas disponíveis. É preciso conhecer ainda os recursos e requisitos de acessibilidade digital necessários para a inclusão desse público nas mídias sociais.

Este capítulo reúne os conceitos mencionados e apresenta um conjunto de boas práticas para tornar essas mídias mais acessíveis ao público com deficiência visual. Este conteúdo foi compartilhado no minicurso realizado em Brasília-DF durante o XXIII Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2024), intitulado de forma homônima a este capítulo.

1.2. Conceitos Fundamentais

1.2.1. Acessibilidade Digital

Segundo a Lei Brasileira de Inclusão (2015) Acessibilidade é a condição essencial para que pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida possam utilizar os diversos espaços, serviços e tecnologias disponíveis na sociedade, incluindo os meios de comunicação e informação, com segurança e autonomia, de forma que não existam barreiras que impeçam a sua participação social e nem o exercício dos seus direitos.

Acessibilidade digital, por sua vez, é a eliminação de barreiras em recursos digitais, incluindo a Internet. Essas barreiras podem ser superadas a partir da construção de espaços digitais que permitam a percepção, o entendimento, a navegação, a interação e a contribuição de pessoas com deficiência. Ao proporcionar acessibilidade digital, não apenas pessoas com deficiência podem usufruir de produtos e serviços ofertados na Web, mas também pessoas idosas, com baixo letramento ou dificuldades momentâneas [W3C Brasil 2013].

A acessibilidade digital no Brasil é regulamentada por legislações que estabelecem a obrigatoriedade de tornar os meios digitais inclusivos para pessoas com deficiência. O Decreto 5.296/2004 definiu a necessidade de acessibilidade nos portais eletrônicos e sites da administração pública, com foco exclusivo em atender pessoas com deficiência visual [Brasil 2004]. Posteriormente, a Lei 13.146/2015 (Estatuto da Pessoa com Deficiência) ampliou essa obrigação, determinando que sites mantidos por empresas com sede ou representação comercial no Brasil, além de órgãos governamentais, devem garantir acessibilidade, promovendo a inclusão digital para um público diverso [Brasil 2015].

1.2.2. Deficiência Visual

Entre as pessoas que demandam acessibilidade estão aquelas que possuem deficiência visual. A deficiência visual existe de diversas formas, desde a ausência completa da visão (cegueira), até a presença de resíduo visual que permita enxergar o ambiente, mas

sem alcançar a capacidade visual plena (baixa visão). Há ainda a visão monocular, considerada deficiência para todos os efeitos legais a partir de 2021.

Para o diagnóstico da deficiência visual são avaliados aspectos como acuidade visual (capacidade de distinção de formas e detalhes) e campo visual (área abrangida pela visão sem a necessidade de movimentar a cabeça) [Brasil 2004]. O diagnóstico da deficiência visual também pode considerar as formas de percepção [Nunes e Lomônaco 2010]. Esses diagnósticos são descritos a seguir.

1.2.2.1. Cegueira

Uma pessoa é considerada cega quando possui acuidade visual igual ou inferior a 0,05. Além disso, é considerada deficiência visual casos em que a soma da medida do campo visual em ambos os olhos é igual ou inferior a 60° [Brasil, 2004].

Considerando as formas de percepção, a pessoa é considerada cega quando ela apreende o mundo por meio do tato, olfato, cinestesia, etc., sem conseguir se utilizar do resíduo visual de forma satisfatória, ainda que possua algum [Nunes e Lomônaco 2010].

A cegueira também é classificada por congênita, quando a perda da visão acontece antes dos cinco anos, e adquirida, quando a perda da visão ocorre após essa idade [Nunes e Lomônaco 2010].

1.2.2.2. Baixa visão

A baixa visão é considerada quando a acuidade visual está entre 0,3 e 0,05, considerando o melhor olho, com a melhor correção óptica possível (lentes, óculos, etc.) [Brasil, 2004].

A baixa visão pode ser resultante de doenças, lesões ou disfunções no sistema visual, resultando em redução da acuidade visual, dificuldades para enxergar de perto ou de longe, campo visual limitado, problemas na identificação de contraste e percepção de cores, entre outras alterações visuais. Esse comprometimento visual afeta ambos os olhos e não pode ser corrigido com óculos convencionais, lentes de contato ou cirurgias oftalmológicas [Domingues *et al.* 2010].

1.2.2.3. Visão monocular

A visão monocular é a condição em que a pessoa consegue enxergar com apenas um dos olhos. Segundo a Lei 14.126, sancionada em 22 de março de 2021, a visão monocular passou a ser reconhecida como uma deficiência sensorial do tipo visual. Para todos os efeitos legais, pessoas com visão monocular têm seus direitos garantidos da mesma forma que as pessoas com outras deficiências visuais, assegurando-lhes o acesso a políticas públicas de inclusão e recursos de acessibilidade [Brasil, 2021].

1.2.2. Tecnologia Assistiva

Tecnologia Assistiva (TA) é o conjunto de dispositivos, recursos, métodos, estratégias, práticas e serviços desenvolvidos visando promover a autonomia, a independência, a qualidade de vida e a inclusão social das pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida [Brasil, 2015].

Os recursos de TA ajudam a superar obstáculos impostos pela deficiência nas atividades cotidianas, possibilitando que pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida interajam

com o ambiente físico, ou digital ao seu redor. Diversos são os recursos de Tecnologia Assistiva utilizados por pessoas com deficiência visual. Esses podem ser úteis tanto em ambiente físico, quanto no virtual.

Alguns exemplos de TA para o ambiente físico são: bengala, lupa, cão-guia e o Sistema Braille (atualmente também utilizado através da linha Braille) - sistema de escrita e leitura tátil formado por pontos em relevo, criado pelo francês cego Louis Braille. Para o contexto virtual, especialmente das mídias sociais, se destacam os seguintes recursos:

Display braille: também conhecido como linha braille, é um dispositivo que converte em caracteres do Sistema Braille, as informações textuais exibidas na tela de um computador. Os caracteres braille são apresentados ao usuário com deficiência visual a partir de pinos que se movimentam verticalmente e estão dispostos em uma placa [Cerqueira e Ferreira 2000], conforme ilustra a Figura 1.



Figura 1 - Display Braille. Crédito: Tecassistiva Tecnologia e Acessibilidade.
Fonte: <https://www.tecassistiva.com.br/catalogo/focus-40-blue-v5/>.

Descrição da imagem: Fotografia de um dedo de uma pessoa de pele clara interagindo com um display braille. O dedo toca os pinos móveis que compõem celas braille na área central do dispositivo. O equipamento possui botões azuis localizados nas áreas superior e laterais, além de botões cinza na parte inferior. A área central é composta por celas braille com pinos verticais, alguns dos quais estão levantados, formando caracteres braille.

Ampliadores de tela: ferramentas que permitem a ampliação de imagens e textos, facilitando a interação de pessoas com baixa visão com esses elementos. Os ampliadores de tela, em geral, são fornecidos pelos próprios sistemas operacionais e navegadores, e permitem ajustar o tamanho de elementos imagéticos e textuais exibidos em tela, proporcionando uma configuração mais confortável para as pessoas com baixa visão. A Figura 2 ilustra um *smartphone* com recurso de zoom aplicado à tela.



Figura 2 - Ampliação de tela no *smartphone*. Crédito: Freepik, com edição das autoras.
Fonte: Adaptada de

https://www.freepik.com/free-photo/front-view-hands-using-smartphone_11372492.htm

*Descrição da imagem: Fotografia da mão de uma pessoa de pele clara segurando um *smartphone* cuja tela exibe informações sobre um evento da Sociedade Brasileira de Computação (S B C). No topo da tela, está a logomarca da S B C. Logo abaixo, há um ícone seguido do texto "Grandes Desafios". Mais abaixo, destaca-se o texto centralizado em azul, com fonte ampliada: "27 e 28 de novembro em São Paulo/SP". O fundo da foto está desfocado, mostrando objetos, entre eles uma câmera fotográfica.*

Sistema DosVox: DosVox (ver Figura 3) é um sistema operacional, desenvolvido pelo Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que permite a pessoas com deficiência visual utilizarem o computador por meio da síntese de voz para desempenhar uma série de tarefas, como ler e-mails, acessar vídeos do YouTube, entre muitas outras atividades [Brasil 2002].



Figura 3 - Sistema DosVox. Crédito: Universidade Federal de Roraima.
Fonte:

<https://antigo.ufrj.br/ultimas-noticias/1790-inclusao-digital-nucleo-construir-promove-curso-para-alunos-com-deficiencia-visual>

Descrição da imagem: Foto de uma pessoa de pele clara usando um computador em um laboratório. A pessoa tem cabelos longos, lisos e escuros, presos por um elástico vermelho, veste uma camiseta roxa e está em frente a um monitor, usa fones de ouvido e opera um teclado. Na tela do monitor está o programa EdiVox (que possibilita a leitura e edição de textos).

Softwares leitores de tela: são programas que transformam o que está na tela em áudio com voz sintetizada, permitindo que as informações sejam ouvidas pelas pessoas com deficiência visual. Os leitores de tela podem ser instalados nos computadores ou, em *smartphones*, e podem ser ativados nas configurações do dispositivo. A Figura 4 ilustra uma pessoa criada com IA usando um *smartphone* com leitor de telas.

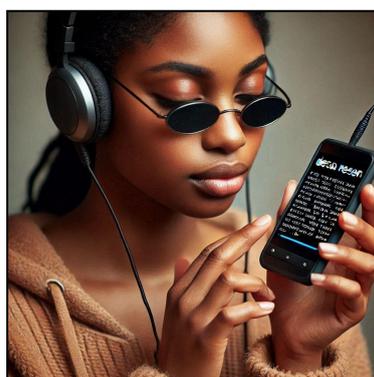


Figura 4: Simulação de pessoa cega usando o leitor de telas no *smartphone*. Crédito: ChatGPT4.

Descrição da imagem: Imagem gerada por inteligência artificial de uma mulher negra usando um smartphone. Ela aparece do busto para cima. Usa óculos escuros, headphone e um casaco marrom. Segura o smartphone próximo ao rosto com a mão esquerda, enquanto a mão direita está próxima da tela do dispositivo, como se fosse tocá-la. A tela do smartphone tem textos ilegíveis.

Audiodescrição: é um recurso de acessibilidade comunicacional que consiste na tradução de imagens em palavras, utilizando técnicas que ampliam a compreensão de conteúdos visuais [ABNT 2016]. Em vídeos, o objetivo da audiodescrição é descrever fatos relevantes nos intervalos das falas, permitindo que pessoas com deficiência visual compreendam o que está acontecendo, incluindo características físicas dos personagens e elementos do cenário [Motta e Romeu Filho 2010]. A técnica também pode ser aplicada a imagens estáticas. A audiodescrição requer formação especializada e geralmente envolve uma equipe composta por: Audiodescritor (roteirista) - pessoa sem deficiência visual responsável pelo roteiro; Consultor: pessoa com deficiência visual que valida as escolhas do roteiro; Revisor: responsável por verificar a precisão e qualidade do texto descritivo; Locutor: profissional que realiza a narração da descrição elaborada, no caso da mesma ser fornecida em áudio. A Figura 5 ilustra o consumo da audiodescrição.

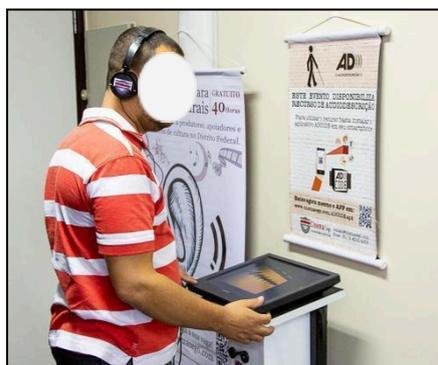


Figura 5 - Pessoa ouvindo audiodescrição de um pôster. Crédito: Fotógrafo Luis Gustavo Prado/Secom UnB.

Fonte:

<https://noticias.unb.br/117-pesquisa/3501-startup-lanca-plataforma-para-democratizar-a-audiodescricao>

Descrição da imagem: Fotografia de um homem de perfil utilizando um dispositivo com tela sensível ao toque. Ele veste uma camisa listrada de vermelho e branco e usa fones de ouvido. À frente dele, na parede, há dois banners verticais pendurados. Um dos banners destaca o recurso de audiodescrição com o logotipo "AD" em destaque.

1.3 Acessibilidade nas Mídias Sociais

As mídias sociais transformaram a maneira como as pessoas interagem e se comunicam na sociedade atual. Plataformas como Instagram, Facebook, X, YouTube, entre outras, cada uma com seu foco específico, não apenas facilitam a criação e compartilhamento de conteúdo pelos usuários, como constroem novas formas de relacionamento [TV Brasil 2017].

Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) de 2023, 83,5% dos usuários acessam a Internet para utilizar redes sociais [Brasil 2023b]. Isso demonstra o quanto esses espaços são importantes no cotidiano da população brasileira, incluindo pessoas com deficiência visual, que também utilizam com frequência tais redes [Nardi, 2021].

Nas mídias sociais há uma predominância de conteúdos visuais como imagens, vídeos, animações e gráficos. Esses conteúdos são distribuídos diariamente com frequência na casa dos bilhões. A Meta, empresa desenvolvedora de algumas das principais mídias sociais da atualidade, indicou que um bilhão de *stories* - conteúdo formado essencialmente por imagens - são compartilhados no Facebook, Messenger, Instagram e WhatsApp todos os dias ao redor do mundo [Meta 2024].

Considerando as mídias sociais como um espaço colaborativo, em que o conteúdo é produzido pelos próprios usuários, é relevante a adoção de boas práticas para produção de conteúdo que seja acessível às pessoas com deficiência visual.

Como são muitos os tipos de imagens presentes nas mídias sociais, no minicurso ministrado se escolheu trabalhar com *cards*. *Cards* são um tipo de imagem que combina textos com fotografias ou ilustrações e são bastante populares nas mídias sociais brasileiras, inclusive para promover eventos.

As próximas subseções apresentam orientações que envolvem desde o planejamento até a publicação de *cards* acessíveis nas mídias sociais.

1.3.1 Planejamento e Produção de Cards para Mídias Sociais com Acessibilidade

Ao planejar e produzir cards para mídias sociais com foco em acessibilidade, é essencial considerar aspectos que garantam o acesso a todas as pessoas.

Por exemplo, ao confeccionar *cards* para divulgação de eventos, é fundamental se atentar para que informações visuais, como as logomarcas do evento ou da instituição, a fotografia do palestrante e o tema que o *card* está divulgando sejam apresentadas de forma nítida e acessível. Caso esses itens contenham informações importantes, eles não devem ser pequenos ou desproporcionais.

Além disso, é necessário constatar se as imagens têm contraste adequado e se a organização dos elementos no *card* está harmônica, evitando sobreposição de fotos e

logotipos. Essas ações permitirão que uma pessoa com baixa visão compreenda o conteúdo do *card* de forma autônoma.

Alguns aspectos importantes para serem levados em consideração:

- **Escolha do contraste de cores:** o contraste entre o texto e o fundo deve ser suficiente para garantir legibilidade. O contraste mínimo recomendado é de 4.5:1, e o ideal é 7:1.

Utilizar ferramentas como a *Colour Contrast Checker*¹ ou a *Contrast Checker*² pode ajudar a verificar se as cores escolhidas atendem a esses critérios e se são acessíveis para pessoas com deficiência visual.

A Figura 6 ilustra um exemplo de *card* que apresenta problemas de contraste (lado esquerdo) e sem problemas (lado direito). Uma pessoa com baixa visão avaliou a imagem da esquerda e relatou problemas para ler o texto abaixo de “resumo das mudanças”, bem como não conseguiu ver os ícones dentro dos *cards* internos e nem as suas *labels* em frente. Na imagem da direita foram feitos ajustes na cor de fundo e retirados os ícones, tornando a imagem com maior contraste.



Figura 6 - Exemplo de *card* com problema de contraste e após ajuste.
Fonte: Arquivos do simpósio IHC 2024.

Descrição da imagem: Composição de dois cards com mesmo conteúdo, porém com cores diferentes aplicadas ao texto e ao plano de fundo. A maior diferença entre eles é a cor de fundo, que no primeiro é verde claro e no segundo é verde escuro. Além disso, no primeiro card há ícones relacionados às trilhas do IHC, o que não acontece no segundo. Em ambos os cards, na área superior do card, à esquerda, está escrito “Resumo das mudanças”. Logo abaixo, em letra menor e branca, há uma lista com as seguintes informações: “artigo com apenas uma coluna”, “mínimo de 15 páginas e” “máximo de 20 páginas”. Mais abaixo, em letras grandes e brancas, está escrito “Trilhas afetadas”, seguido de quatro retângulos com bordas arredondadas e fundo verde claro.

¹ <https://colourcontrast.cc/>

² <https://webaim.org/resources/contrastchecker/>

No primeiro está escrito “Artigo de Pesquisa”. À direita, no segundo, “Relatos de Experiência”. O terceiro retângulo, posicionado abaixo do primeiro, tem o texto: “Ideias inovadoras e resultados emergentes” e o quarto, à direita do terceiro, o texto: “Prêmio Junia Coutinho Anacleto”. Os ícones apresentados na primeira imagem são: para trilha de artigos de pesquisa, folhas de papel e texto, para a trilha relatos de experiência, duas pessoas conversando, para a trilha ideias inovadoras e resultados emergentes, lâmpada acesa e para o prêmio Junia Anacleto Coutinho, uma medalha.

- **Escolha de fontes:** fontes sem serifa são as mais recomendadas para garantir boa legibilidade. Fontes com serifa, quando ampliadas, podem ser difíceis de ler. Algumas sugestões de fontes com serifas incluem Tahoma, Trebuchet, Verdana e Helvetica. A Figura 7 ilustra a diferença entre fontes com e sem serifa.



Figura 7 - Representação de fontes com serifa e sem serifa. Crédito: The MagisteriBlog via Pinterest.

Fonte:

<https://br.pinterest.com/pin/fontes-com-serifa-e-sem-serifa--978618194000497684/>

Descrição da imagem: Composição comparando dois estilos de fonte, mostrando a letra "A" em dois formatos: "SEM SERIFA" e "COM SERIFA". À esquerda, o "A" sem serifa é apresentado com linhas simples e limpas, sem nenhum enfeite nas extremidades. À direita, o "A" com serifa possui pequenas extensões ou traços nas extremidades dos traços principais da letra. As diferenças entre as duas fontes são destacadas por círculos com bordas amarelas que enfatizam as serifas adicionadas na versão "COM SERIFA".

É importante se atentar para o uso de fontes como Arial ou Calibri, que, apesar de populares, podem apresentar dificuldades para pessoas com baixa visão, pois o “I” maiúsculo pode ser confundido com o “l” minúsculo.

- **Tamanho e espaçamento das fontes:** é fundamental escolher um tamanho de fonte adequado para facilitar a leitura. O tamanho recomendado em telas é de 14px, com um espaçamento entre linhas de 1.5. Além disso, em alguns casos, pode ser necessário utilizar o negrito para destacar palavras ou informações, garantindo que o conteúdo seja acessível e compreensível.

1.3.2. Publicação e Interação com Cards Acessíveis nas Mídias Sociais

Somado à escolha de contraste de cores, de fontes, espaçamento de linhas (a acessibilidade visual dos *cards*), é necessário se atentar para informações não visuais,

que serão acessadas por pessoas que fazem uso softwares leitores de tela. Dessa forma, é importante levar em consideração diferentes formas de descrição de imagens, incluindo:

- **Texto aberto:** são descrições visíveis que permitem que qualquer pessoa acesse o conteúdo de imagem diretamente. Esse tipo de descrição é comum em campanhas de acessibilidade, como as *hashtags* **#PraCegoVer** e **#PraTodosVerem**, que fornece informações detalhadas sobre o que a imagem representa, para que pessoas com deficiência visual compreendam o conteúdo. As Figuras 8 e 9 ilustram *posts* no Twitter (atualmente chamada de X) e no Instagram, respectivamente, com a estratégia de descrição aberta.



Figura 8: Postagem de uma foto com descrição aberta.

Fonte: Arquivo pessoal das autoras.

Descrição da imagem: Captura de tela de um Tweet de Carolina Sacramento Nardi. Com foto de uma cachorrinha acompanhada da legenda: #pratodosverem Foto de cachorrinha da raça maltês. É pequena, com pelos longos e brancos, está deitada no sofá e olha para quem tirou a foto.

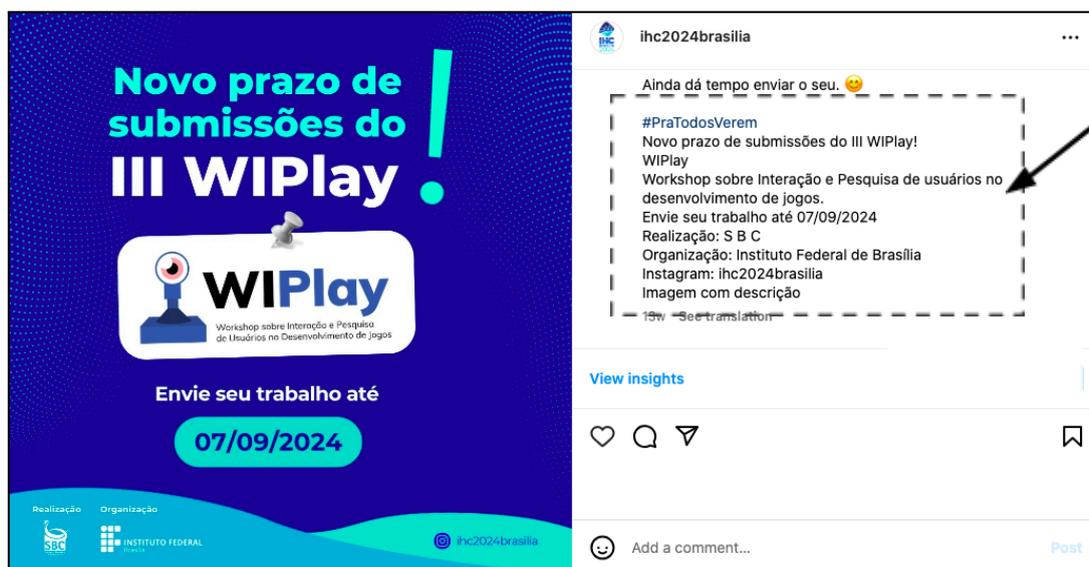


Figura 9: Postagem de um card de divulgação com descrição aberta.
Fonte: Instagram @ihc2024brasil

Descrição da imagem: Publicação do perfil ihc2024brasil no Instagram. À esquerda está o card compartilhado e à direita, o texto do post. O Card tem fundo azul escuro no topo e no centro, e em cores sólidas na área inferior, com formato ondulado, sendo azul claro à esquerda e no centro e verde claro à direita. No topo, centralizado, está escrito em destaque: "Novo prazo de submissões do III WIPlay". As palavras "Novo prazo de submissões do" estão em letra verde clara e "III WIPlay" em branco. A frase está acompanhada de um grande ponto de exclamação verde claro. Abaixo, à direita, há um retângulo branco com bordas arredondadas, com um alfinete de quadro de aviso espetado no topo-centro do retângulo, como se estivesse pregando o retângulo no card. Dentro do retângulo está a logomarca do WIPlay. Abaixo dela está escrito: "Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos" em letras pequenas e pretas. Abaixo do retângulo, no centro do card, está escrito "Envie seu trabalho até" em letras brancas. Logo abaixo há um retângulo verde claro com bordas arredondadas, com o texto: "07/09/2024" em letras azuis escuras. Na área inferior do card, à esquerda, estão as logomarcas da S B C e do Instituto Federal de Brasília, que aparecem como realizadores e organizadores do evento, respectivamente. À direita, está o ícone do Instagram com o texto "ihc2024brasil".

O texto do post, na imagem do lado direito, diz: Ainda dá tempo enviar o seu, seguido de um emoji sorrindo. Logo abaixo, está a descrição aberta, destacada por um retângulo pontilhado e uma seta, ambos em cor preta:

#PraTodosVerem

Novo prazo de submissões do III WIPlay!

WIPlay

Workshop sobre Interação e Pesquisa de usuários no desenvolvimento de jogos.

Envie seu trabalho até 07/09/2024

Realização: S B C

Organização: Instituto Federal de Brasília

Instagram: ihc2024brasil

Imagem com descrição

- **Texto fechado (texto alternativo):** o texto alternativo, também conhecido como “alt”, é uma descrição curta que “substitui” a imagem em que não seja possível visualizá-la. Este texto é acessível por meio de leitores de tela.

A descrição no “alt” deve ser clara, concisa e suficiente para transmitir a ideia principal da imagem. As Figura 10 e 11 ilustram exemplos de texto alternativo incluído em uma foto e em um *card* de divulgação, respectivamente, publicadas no Instagram. Na Figura 11, os aspectos gráficos foram mais detalhados na descrição. Contudo, esse detalhamento é opcional.

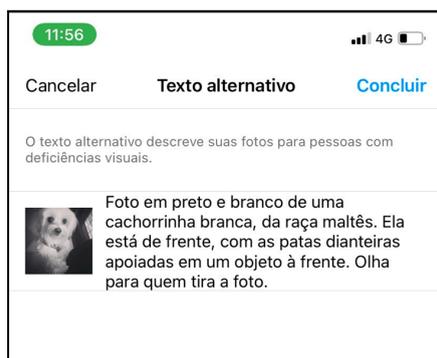


Figura 10: Exemplo de texto alternativo em foto.

Fonte: Arquivo pessoal das autoras.

Descrição da imagem: Captura de tela de uma área de edição de texto alternativo. Há a instrução: O texto alternativo descreve suas fotos para pessoas com deficiências visuais. Abaixo, está uma foto pequena e à direita da foto, o texto: Foto em preto e branco de uma cachorrinha branca, da raça maltês. Ela está de frente, com as patas dianteiras apoiadas em um objeto à frente. Olha para quem tira a foto.

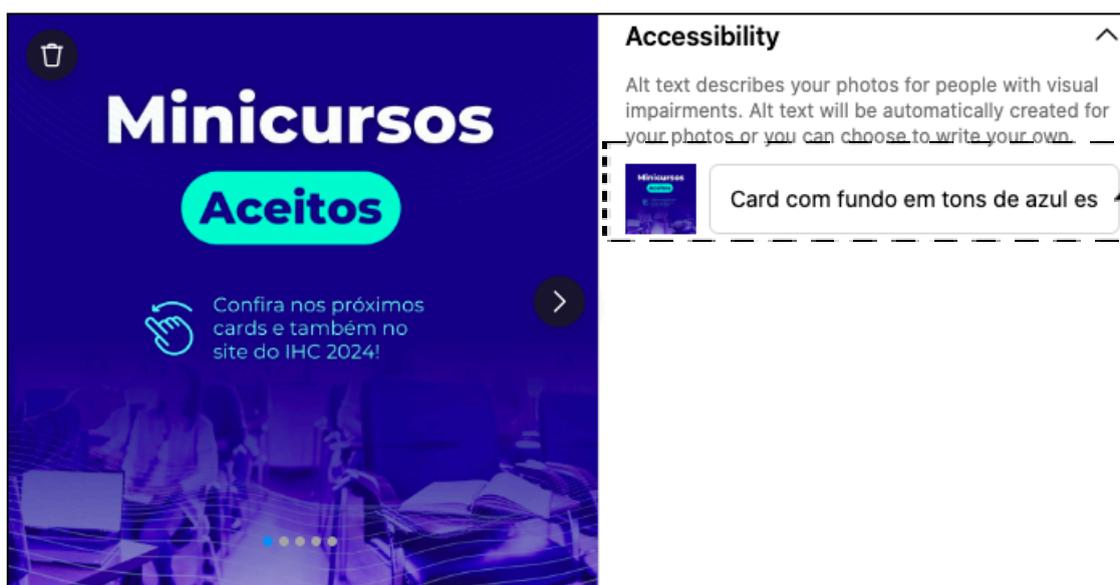


Figura 11: Exemplo de trecho de um texto alternativo em *card* de divulgação no Instagram.

Fonte: Instagram @ihc2024brasil

Descrição da imagem: Área de edição de um post no Instagram, com textos da interface em Inglês. À esquerda está o card postado e à direita a seção Accessibility (“Acessibilidade”) com campo para inserção do texto alternativo. O card à esquerda possui fundo em tons de azul escuro. Na parte superior do card, centralizado, está escrito em letras brancas e em negrito: “Minicursos”. Logo abaixo, em destaque, há um retângulo verde claro com bordas arredondadas, onde está escrito “Aceitos” em letras azuis escuras e negrito. No centro do card, há um ícone de mão azul claro, com o dedo indicador apontando para a esquerda e uma seta semicircular que aponta da direita para a esquerda. À direita do ícone e da seta está o texto “Confira nos próximos cards e também no site do I H C 2024!” em letras brancas. Composto o fundo, na parte inferior, há uma foto em tons de azul e efeito de desfoque de uma sala de aula com pessoas sentadas, cadeiras e mesas com livros e notebooks.

A direita da imagem é composta pelo título da seção “Accessibility”, seguido de um campo de formulário com a seguinte instrução, também em Inglês: “Alt text describes your photos for people with visual impairments. Alt text will be automatically created for your photos or you can choose to write your own”. Logo abaixo há um campo de edição para digitar o texto alternativo e dentro está escrito parte da descrição “Card com tons de azul es”. O texto está incompleto, devido ao espaço para inserção da descrição na tela. Do lado esquerdo do campo destinado à descrição está uma miniatura do card, ambos destacados por um retângulo pontilhado e uma seta, na cor preta.

- **Em áudio:** outra forma de tornar o conteúdo acessível é por meio de descrições em áudio, mais comuns em aplicativos de mensagens como o *whatsapp*, mas que também podem ser incorporados em vídeos publicados nas redes sociais, para descrever as cenas do vídeo. Nesses casos, a descrição da imagem é fornecida em formato de áudio, permitindo que a pessoa compreenda o conteúdo sem utilizar o leitor de tela;
- **Siglas:** Ao descrever siglas, é importante considerar se a palavra, ao ser dita, exige que as letras sejam soletradas individualmente. Por exemplo, a sigla IHC é dita com as letras soletradas pelo leitor de tela, logo será necessário separar as letras da sigla na descrição. Se isso não for feito, o leitor de telas irá ler “Iqui”. O mesmo não acontece com a sigla IA (de Inteligência Artificial) ou WiPlay, que são corretamente faladas pelo leitor, sem necessidade de separar as letras.

É importante destacar que algumas redes sociais como Facebook e Instagram têm algoritmos que descrevem automaticamente a imagem postada. Assim como existem ferramentas de Inteligência Artificial generativa e recursos nos *smartphones* que se propõem a realizar a tarefa de descrever imagens. No entanto, essas ferramentas ainda precisam evoluir, pois nem sempre as descrições geradas são confiáveis: em algumas situações elas podem apresentar descrições superficiais ou mesmo incorretas [Sacramento e Leal Ferreira 2022].

1.3.1.2. Diretrizes gerais para descrição de imagens

A descrição de imagens é fundamental para assegurar que pessoas com deficiência visual tenham acesso às informações visuais. Seguir orientações práticas para elaborar descrições acessíveis é indispensável, pois permite criar uma experiência imagética significativa com base em princípios claros e objetivos. Embora essas orientações não substituam a audiodescrição profissional, elas servem como ponto de partida para proporcionar um nível básico de acessibilidade.

Princípios fundamentais:

- **Seja objetivo:** descreva apenas o que é visível, sem interpretações subjetivas ou inferências. Prefira frases curtas e linguagem clara;
- **Organize a descrição:** adote uma abordagem sistemática para organizar os elementos visuais:
 - **Padrão direcional:** comece de cima para baixo e da esquerda para a direita, salvo quando o foco estiver em outra área.
 - **Profundidade:** em imagens tridimensionais, inicie pelo primeiro plano, passando pelo plano intermediário e terminando no plano de fundo, respeitando o foco principal da imagem.
- **Evite pronomes possessivos:** para evitar ambiguidades, não utilize palavras como “seu, sua, seus e suas”;
- **Use linguagem vívida e precisa:** use poucas palavras, mas bem escolhidas. Prefira descrições que tragam clareza e proporcionem ao leitor elementos suficientes para formar uma imagem mental;
- **Entenda que o contexto é essencial:** a escolha entre uma descrição simples ou detalhada deve considerar o contexto em que a imagem será apresentada e o público-alvo.

Aspectos técnicos e diretrizes específicas:

- **Descrição de pessoas:** para descrever pessoas, siga a sequência lógica a seguir, conforme recomendado pela norma ABNT NBR 16452 [ABNT 2016]:
 - Gênero;
 - Faixa etária;
 - Etnia;
 - Cor de pele;
 - Estatura;
 - Compleição física;
 - Detalhes faciais como olhos e cabelos;
 - Características marcantes adicionais.
- **Cores:** mencione as cores de maneira simplificada, considerando a relevância delas para o entendimento da imagem;
- **Descrição de texto em imagens:** informe de forma clara o conteúdo textual que aparece na imagem;
- **Foco e elementos relevantes:** identifique o que mais chama atenção na imagem e selecione o que é crucial para a comunicação da mensagem.

1.3.3. Fontes e recursos adicionais

Para aqueles que desejam se aprofundar na prática da descrição e audiodescrição, é recomendado consultar documentos técnicos como:

- ABNT NBR 16452 [Brasil 2016];
- ISO/IEC 20071-11:2019 [ISO/IEC 2019];

- Materiais do movimento Web para todos [MWPT 2024] e iniciativas governamentais sobre acessibilidade digital [Brasil 2024].

1.4. Considerações Finais

A cultura da participação estimulada pelas mídias sociais resultou em demandas (como a acessibilidade digital) necessitando de estratégias inovadoras para oferecer uma comunicação acessível para todas as pessoas. Nesse sentido, é importante compreender que a acessibilidade nas mídias sociais pode contribuir para uma ampliação na recomendação de produtos e serviços. Logo, as autoras deste capítulo entendem que promover experiências positivas nas mídias sociais pode ser considerada um diferencial no mercado competitivo de aplicações digitais, proporcionando a fidelização de clientes a marcas a partir da construção de valor. A adoção de boas práticas nas mídias sociais precisa ser adotada em todas as fases da elaboração de *cards* para mídias sociais (do planejamento à publicação) em todas as áreas do conhecimento (divulgação científica, setor governamental, etc.), no intuito de oportunizar uma comunicação digital acessível.

Por fim, é importante destacar que as autoras deste capítulo não pretendem esgotar o tema neste texto e objetivam incentivar pesquisadores da área de Interação Humano-Computador e demais áreas da Computação, a refletirem sobre suas práticas de publicação nas mídias sociais. Destaca-se, por fim, que as estratégias apresentadas neste capítulo não são limitadas ao uso em mídias sociais, podendo, portanto, serem adotadas em qualquer mídia digital.

Agradecimentos

Deixamos registrado aqui o nosso agradecimento à organização do simpósio IHC 2024 por reunir as autoras deste texto na sua comissão de acessibilidade, podendo as mesmas se conhecerem e aplicarem juntas as técnicas aqui descritas nas redes sociais do evento. Essa iniciativa do evento tem dado visibilidade ao assunto e permitido que a comunidade possa conhecer melhor as técnicas de descrição, bem como incentivado as pessoas a utilizarem em suas postagens pessoais. Agradecemos ainda a todos os participantes do minicurso realizado em Brasília.

Informamos que as descrições das imagens foram feitas com apoio da ferramenta de Inteligência Artificial generativa - ChatGPT-4o, bem como a criação da imagem ilustrada na Figura 4.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016) ABNT NBR 16452: acessibilidade na comunicação - audiodescrição. Rio de Janeiro: ABNT. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=359735>.

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023a) “Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda”. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pessoas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023b) “Pesquisa Nacional por Amostra de domicílios Contínua: Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2023”. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102107_informativo.pdf. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Brasil. Ministério da Educação. Instituto Benjamin Constant. (2022) “O Sistema Braille”. Disponível em: <https://www.gov.br/ibc/pt-br/pesquisa-e-tecnologia/materiais-especializados-1/livros-em-braille-1/o-sistema-braille>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Brasil. Ministério da Educação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. (2002) “Projeto DosVox”. Disponível em: <https://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Brasil. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. Secretaria de Governo Digital. (2023a) “Guia de Boas Práticas para Acessibilidade Digital: Programa de Cooperação entre Reino Unido e Brasil em Acesso Digital”. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-e-usuario/acessibilidade-digital/guia-boas-praticas-para-acessibilidade-digital.pdf>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Brasil. Presidência da República. (2004) "Decreto no 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nº 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica [...]". Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Brasil. Presidência da República. (2015) "Lei no 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)". Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Brasil. Presidência da República. (2021) "Lei no 14.126, de 22 de março de 2021. Classifica a visão monocular como deficiência sensorial, do tipo visual". Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14126.htm. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Brasil. Governo Digital. (2024) “Acessibilidade Digital”. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-e-usuario/acessibilidade-digital>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Cerqueira, J. B., Ferreira, E. M. B. (2000) “Recursos didáticos na educação especial”. *Revista Benjamin Constant*, n.15.

Domingues, C. dos A. , Carvalho, S. H. R. and Arruda, S. M. C. P. (2010). "Alunos com baixa visão". Ministério da Educação, p. 8–25.

ISO/IEC. International Organization for Standardization. (2019) “ISO/IEC 20071-11:2019: Information technology - user interface component accessibility - part 11: guidance on text alternatives for images”. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/74345.html>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Meta. (2024) “Central de Ajuda para Empresas: Sobre os Stories”. Disponível em: <https://www.facebook.com/business/help/329494947852688?id=2331035843782460>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Motta, L. M. V. M., Romeu Filho, P. (2010). Audiodescrição: transformando imagens em palavras. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo.

MWPT. Movimento Web para Todos. (2024) “Boas práticas de acessibilidade digital”. Disponível em: <https://mwpt.com.br/acessibilidade-digital/boas-praticas/>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Nardi, C. C. S. (2021). “Diretrizes para produção de alternativas ao conteúdo visual em mídias sociais online sob a perspectiva de pessoas com deficiência visual”. Programa de Pós-graduação em Informática da Unirio: Tese de doutorado. Disponível em: <http://nau.uniriotec.br/index.php/orientacoes/doutorado/307-diretrizes-para-producao-de-alternativas-ao-conteudo-visual-em-midias-sociais-online-sob-a-perspectiva-de-pessoas-com-deficiencia-visual>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Nunes, S., Lomônaco, J. F. B. (2010). “O aluno cego: preconceitos e potencialidades”. *Psicologia Escolar E Educacional*, 14(1), 55–64. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-85572010000100006>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Sacramento, C., Leal Ferreira, S. B. (2022) “Accessibility on social media: exploring congenital blind people's interaction with visual content”. Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC 2022), <https://doi.org/10.1145/3554364.3559140>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024

TV Brasil. (2017) “Especialista explica diferença entre rede social e mídia social (Mídia em Foco)”. Disponível em: <https://tvbrasil.ebc.com.br/midia-em-foco/2017/11/especialista-explica-diferenca-entre-rede-social-e-midia-social>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

W3C Brasil. (2013). “Cartilha de Acessibilidade na Web: Fascículo I - Introdução”. Disponível em: <https://acervo.ceweb.br/acervos/conteudo/8f7f7cd0-ebbe-45a6-b1fa-4b0661e70d8f>. Acesso em: 08 de dezembro de 2024.

Capítulo

2

Design Especulativo: Construindo Pontes entre Tecnologia, Ética e Inclusão Social

Marcelo Soares Loutfi¹, Beatriz Ventorini Lins de Albuquerque², Charles Siqueira Xavier³, Sean Wolfgang Matsui Siqueira⁴

¹PPGI / Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

²PPGI / Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

³PPGI / Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

⁴PPGI / Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

marcelo.loutfi@edu.unirio.br, beatriz.ventorini@edu.unirio.br,
charles.xavier@edu.unirio.br, sean@uniriotec.br

Abstract

This article examines the foundations and practical applications of Speculative Design, emphasizing its potential to reimagine the relationship between technology, ethics, and social inclusion. Unlike traditional approaches such as Design Thinking, Speculative Design stands out by envisioning possible futures, fostering critical reflection on the social, cultural, and environmental impacts of technological innovations. The text presents a speculative design model, along with the tools used in a workshop to construct future scenarios, analyze their implications, and propose innovative and ethical IT solutions.

Resumo

Este artigo examina os fundamentos e as aplicações práticas do Design Especulativo, enfatizando seu potencial para reimaginar a relação entre tecnologia, ética e inclusão social. Diferentemente de abordagens tradicionais, como o Design Thinking, o Design Especulativo se destaca por projetar futuros possíveis, promovendo uma reflexão crítica sobre os impactos sociais, culturais e ambientais das inovações tecnológicas. O texto apresenta um modelo de design especulativo, bem como as ferramentas utilizadas em um minicurso para a construção de cenários futuros, a análise de suas implicações e a proposição de soluções de TI inovadoras e éticas.

2.1. Introdução

A tecnologia tem assumido um papel central na modelagem de relações sociais, na construção de culturas e na formação de percepções sobre a realidade [Boroon et al. 2021], [Weinert 2019], [Fink 2021]. Embora tenha se consolidado como um dos principais vetores de transformação na sociedade contemporânea, a tecnologia não é neutra. Suas implicações extrapolam a solução de problemas técnicos, impactando profundamente os contextos sociais, culturais e éticos nos quais é inserida. No entanto, profissionais das áreas de Computação são, tradicionalmente, formados sob um paradigma técnico que raramente contempla tais implicações [Malik and Malik 2021]. Essa abordagem limitada ignora o fato de que sistemas tecnológicos operam como ecossistemas sociotécnicos complexos, onde interações humanas, normas sociais e aspectos técnicos se entrelaçam, gerando consequências muitas vezes imprevisíveis.

Essa desconexão entre o desenvolvimento técnico e a consideração de aspectos sociais e culturais resulta em consequências alarmantes. Algoritmos de Inteligência Artificial (IA), por exemplo, ao serem treinados com dados enviesados, perpetuam desigualdades e reforçam estereótipos, contribuindo para o que pesquisadores denominam “colonialismo digital” [Munn 2023]. Paralelamente, tecnologias invasivas, como sistemas de vigilância e plataformas de redes sociais, moldam comportamentos e intensificam a polarização, enquanto plataformas de apostas exploram vulnerabilidades humanas, causando impactos sociais e financeiros negativos. Quando o desenvolvimento tecnológico é guiado exclusivamente pela busca por eficiência e desempenho técnico, aspectos éticos e de justiça social são negligenciados, evidenciando a necessidade urgente de abordagens que integrem dimensões críticas ao processo de criação tecnológica.

Nesse contexto, a incorporação de perspectivas sociais e culturais no design de soluções tecnológicas é essencial para prevenir que os avanços tecnológicos resultem em problemas de longo prazo. É nesse cenário que o design especulativo emerge como uma abordagem promissora. Ele permite explorar futuros possíveis e avaliar as implicações das tecnologias antes de sua implementação [Dunne and Raby 2013]. Essa abordagem não apenas rompe com uma visão antropocêntrica tradicional [Blok and Jensen 2019], mas também engaja-se com questões ecológicas, destacando a interdependência entre tecnologia, meio ambiente e seres vivos [Wakkary et al. 2022]. Ao desafiar normas convencionais, o design especulativo convida profissionais a refletirem sobre dimensões éticas, ecológicas e sociais, promovendo práticas mais inclusivas e sustentáveis. Em vez de tratar os impactos tecnológicos como meros efeitos colaterais, ele incentiva o planejamento proativo e responsável, oferecendo ferramentas estratégicas para mitigar desigualdades e estimular inovações com impacto positivo.

Reconhecendo o potencial transformador do design especulativo, diversas instituições de ensino têm incorporado essa abordagem em seus currículos. Para compreender melhor a complexidade das relações entre sociedade e natureza no Antropoceno, universidades como a OCAD University¹, o California College of the Arts² e a Universidade de Ciências Aplicadas de Potsdam³ estão progressivamente adotando estudos de futuro

¹OCAD University: <https://www.ocadu.ca/>

²California College of the Arts: www.cca.edu/

³Universidade de Ciências Aplicadas de Potsdam: <https://www.fh-potsdam.de/en>

com design especulativo em programas de pós-graduação [Ollenburg 2019]. Esses cursos transcendem os limites da educação convencional, funcionando como laboratórios de pensamento avançado onde o design é reconhecido não apenas como criação, mas como uma poderosa heurística para investigar e moldar cenários futuros ainda não revelados [Candy and Dunagan 2017, Ollenburg 2018].

Este minicurso foi influenciado por essas experiências positivas nas instituições de ensino de renome internacional, buscando adaptar as práticas e reflexões inovadoras para o contexto local, promovendo uma abordagem ética, inclusiva e socialmente responsável no design de soluções tecnológicas. A estrutura do trabalho está organizada da seguinte forma: a seção 2.2 apresenta os conceitos fundamentais que embasaram o conteúdo do minicurso; na seção 2.3, detalhamos as etapas do minicurso alinhadas ao modelo de design especulativo empregado; na seção 2.4, são discutidos as impressões gerais das especulações realizadas, sem nos aprofundarmos em detalhes; e, por fim, a seção 2.5 traz as conclusões gerais sobre o impacto e as contribuições do minicurso.

2.2. Fundamentação Teórica

Para compreender o design especulativo, é importante definir alguns conceitos fundamentais que sustentam essa prática. A seguir, destacam-se os principais conceitos necessários para o entendimento dessa abordagem.

2.2.1. Design Orientado para o Futuro

O design orientado para o futuro é uma postura que vai além da simples satisfação de necessidades presentes, projetando cenários especulativos que estimulam a reflexão crítica, desafiam normas estabelecidas e incentivam a inovação [Mozuni and Jonas 2017]. Nesse campo em constante transformação, emergem metodologias e instrumentos interconectados que abrangem um espectro de abordagens, desde as pragmáticas até as provocativas, e do imaginativo ao crítico, oferecendo ferramentas para moldar futuros possíveis [Blauvelt 2019]. Essa diversidade de práticas não apenas amplia as possibilidades de intervenção no futuro, mas também revela a complexidade inerente ao *design* orientado para o futuro, que é intensificada pela ausência de delimitações claras entre elas. Cada prática enriquece e informa as demais, criando uma paisagem de constante metamorfose, marcada pela reavaliação contínua de seus papéis, objetivos e métodos [Mitrović et al. 2021].

A figura 2.1 ilustra a interconexão entre diferentes abordagens de *design* orientadas para o futuro. Áreas como Estudos do Futuro, Ficção Científica, Arte, Estratégia e Design Especulativo convergem em um espaço multidisciplinar voltado para a exploração de realidades alternativas e futuros possíveis. Nesse contexto, a Ficção Científica oferece narrativas imaginativas que desafiam as percepções do presente e ampliam os horizontes do que pode ser concebido, enquanto a Arte adiciona expressividade e provoca questionamentos que estimulam reflexão e diálogo [Wakkary et al. 2022]. Os Estudos do Futuro estruturam essas visões, sistematizando-as em arcabouços compreensíveis, enquanto a Estratégia conecta essas explorações a objetivos concretos e planos de ação pragmáticos. O Design Especulativo, por sua vez, materializa essas possibilidades em objetos, interfaces e experiências, permitindo a interação e o engajamento com futuros especulados.

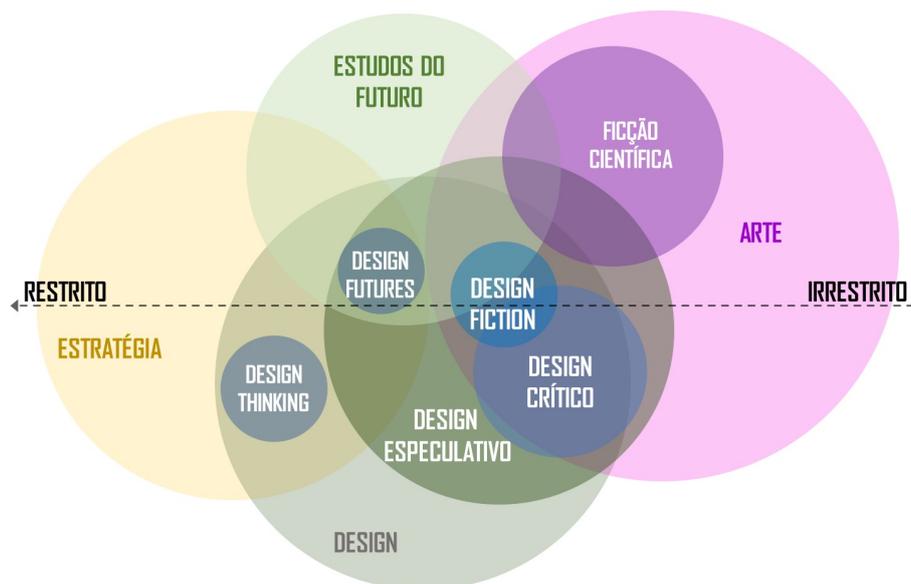


Figura 2.1. Design Orientados a Futuro. Fonte:[Loutfi and Siqueira 2024]

Descrição da Imagem: Ilustração de abordagens de design orientadas para o futuro, mostrando diferentes cenários especulativos em um diagrama de Venn com várias áreas sobrepostas relacionadas ao design e suas abordagens, situadas em um eixo que vai de “Restrito” (à esquerda) a “Irrestrito” (à direita). Os círculos representam diferentes campos e metodologias: Estratégia está associada ao Design Thinking e ao Design Futures, mais à esquerda. Estudos do Futuro (em verde) sobrepõe-se ao Design Futures e Design Especulativo, que ocupam o centro do diagrama. Mais à direita, o campo Ficção Científica (em roxo) se conecta a áreas como Design Fiction e Design Crítico (em azul), que dialogam com a Arte (também em roxo, no lado irrestrito). O eixo horizontal representa um gradiente entre aplicações práticas e imaginativas, com o Design Especulativo atuando como um ponto central de intersecção entre design fiction, crítica e ficção. Desse modo, o diagrama ilustra como diferentes abordagens de design se sobrepõem e se relacionam em termos de restrição e liberdade criativa.

2.2.2. Design Especulativo

O design especulativo tem raízes em práticas históricas que compartilham semelhanças com abordagens voltadas para imaginar futuros, criticar a tecnologia ou criar novos mundos. Uma análise histórica rigorosa ajuda a entender como esses imaginários especulativos são construídos e a identificar as agendas sociais, culturais e políticas que os motivam. Configurações alternativas do mundo têm sido criadas com diversos objetivos, frequentemente extrapolando um aspecto da realidade para propor versões modificadas do mundo. Essas especulações, impulsionadas por interesses específicos, buscam moldar o futuro, mas são mais eficazes quando esticam, em vez de romper, as coordenadas da realidade, mantendo a plausibilidade e provocando reações significativas no público [Mitrović et al. 2021].

Neste contexto, o design especulativo é uma abordagem inovadora e crítica que utiliza técnicas de extrapolação e imaginação para criar cenários futurísticos e alternativos, explorando futuros possíveis, questionando o presente e refletindo sobre as impli-

cações éticas, sociais e políticas das escolhas tecnológicas, com o objetivo de estimular debates e ampliar a compreensão do papel do design na sociedade [Lindley 2016]. De fato, Dunne e Raby [2013] ressaltam que a utilização de ficções e narrativas no design especulativo é uma poderosa ferramenta para desafiar percepções atuais, oferecer novas perspectivas sobre o desenvolvimento tecnológico e seu impacto sociocultural, além de explorar os efeitos inesperados das inovações na sociedade [Lindley et al. 2014]. Essa abordagem também redefine o papel dos *designers*, posicionando-os como catalisadores de reflexão crítica e agentes de mudança social [Johannessen et al. 2019].

O design especulativo não se contenta em remediar problemas imediatos como o design tradicional; ele ousa desbravar o desconhecido. Em vez de apenas solucionar problemas de curto prazo, ele estica as fronteiras do presente, projetando futuros possíveis – muitas vezes perturbadores ou distópicos – para explorar não só o que pode ser, mas também para confrontar o que já é. Utilizando cenários provocativos, narrativas intrigantes e objetos contrafactuais, o design especulativo questiona certezas e expõe as fragilidades do presente, jogando luz sobre as consequências das escolhas que fizemos no passado [Mitrović et al. 2021].

Contudo, um dos desafios no campo do design especulativo é sua natureza frequentemente inversa: uma prática que desbrava terrenos antes mesmo que a teoria os consolide [Bardzell and Bardzell 2013]. Essa lacuna, longe de ser apenas um problema, é também um terreno fértil para a experimentação. Chivukula et al. [2021] revelam essa riqueza metodológica ao mapear mais de 63 métodos aplicáveis no design especulativo, evidenciando não apenas a diversidade de abordagens, mas também a efervescência criativa que caracteriza esse campo.

2.2.3. Toolkits de Design Especulativo

A prática do design especulativo tem sido cada vez mais apoiada por *toolkits* desenvolvidos para orientar designers em processos especulativos. Esses *toolkits* variam em abordagem e aplicação, oferecendo uma ampla variedade de recursos que ajudam a explorar e projetar cenários futuros. Dado o vasto número de métodos disponíveis no campo do *design*, os *toolkits* podem ser descritos como compilações selecionadas e organizadas desses métodos, com o propósito de atender a objetivos específicos.

Alguns *toolkits* destacam-se por sua flexibilidade e adaptabilidade, permitindo que os *designers* explorem possibilidades de maneira independente. Exemplos incluem as “Discovery Sessions”⁴, que utilizam cartões de imagem para identificar desafios e oportunidades, promovendo uma visão criativa do futuro. A ferramenta “Cover Story”⁵ incentiva a criação de capas fictícias de revistas para visualizar futuros ideais e explorar metas de longo prazo. Já a “Futures Wheel”⁶ facilita o mapeamento das consequências em cadeia de inovações tecnológicas. O “Envisioning Radar”⁷ mapeia inovações tecnológicas e seus impactos, promovendo a compreensão das interconexões entre tecnologias.

⁴<https://www.bromfordlab.com/lab-diary/2018/2/12/discovery-sessions-a-reflection>

⁵<https://gamestorming.com/cover-story/>

⁶<https://www.mindtools.com/a3w9aym/the-futures-wheel>

⁷<https://radar.envisioning.io/?pg=home>

Já o “The Digital Ethics Compass”⁸ atua como uma bússola ética para ajudar designers a formular perguntas críticas e evitar armadilhas comuns no processo de design. Outras ferramentas são apresentadas no formato de cartas, como o “Tarot Cards of Tech”⁹, que estimula reflexões críticas sobre os impactos éticos e sociais da tecnologia. Já as “Trend Cards”¹⁰ ajudam a mapear tendências e forças que moldam cenários futuros.

Além dessas ferramentas amplamente aplicáveis, existem *toolkits* concebidos para contextos específicos que oferecem diretrizes detalhadas para situações particulares. Por exemplo, o “Future Vision Generating Toolkits”[Fu and Zhu 2020] é voltado para o desenvolvimento de cenários especulativos em cidades inteligentes, enquanto o “PDIA Toolkit (Problem-Driven Iterative Adaptation)”[SAMJI and KAPOOR 2022] apresenta uma abordagem iterativa voltada para capacitar profissionais que atuam em governos a identificar e adaptar soluções para desafios específicos, promovendo a implementação de políticas e reformas mais eficazes e impactantes. Esse método busca superar os resultados limitados de iniciativas anteriores, oferecendo uma estrutura prática e adaptável para enfrentar problemas complexos no setor público. O “Building Utopias Toolkit” [Bray et al. 2022], com um foco afrofuturista, apoia práticas de design lideradas por comunidades marginalizadas, e o modelo SITT (Social is the Thing)[Wahlin and Blomkamp 2022] adapta métodos de Design Thinking e Co-Design para o planejamento estratégico em governos locais, promovendo maior participação comunitária.

Com o avanço da IA generativa, o design especulativo ganhou um leque de possibilidades revolucionárias para imaginar futuros alternativos e explorar cenários complexos. Ferramentas como o Future Scenario Maker¹¹ permitem criar cenários especulativos estruturados com base em parâmetros específicos, como tendências sociais, tecnológicas ou climáticas. Além disso, plataformas como ChatGPT e GPT-4 podem gerar narrativas em texto altamente detalhadas, simulando contextos futuros que refletem dilemas éticos ou sociais, enquanto ferramentas de vídeo como Runway Gen-2 produzem visualizações de realidades alternativas, dando vida a mundos imaginados em vídeos curtos e dinâmicos.

Essas tecnologias são especialmente úteis no design de TI. Por exemplo, uma IA generativa pode criar narrativas interativas para explorar como um sistema de inteligência artificial poderia operar em um futuro distópico, identificando riscos e possibilidades antes mesmo da implementação. Também é possível usar IA para simular interações em interfaces futuristas, projetando como os usuários poderiam interagir com tecnologias ainda inexistentes, como interfaces baseadas em hologramas ou assistentes virtuais hiperinteligentes.

Outro exemplo é a utilização de IA generativa em projetos urbanos de TI: ao criar cidades fictícias e simular a interação entre sistemas inteligentes, infraestrutura urbana e sociedade, os designers podem prever como novas tecnologias – como redes 6G ou transporte autônomo – afetariam a vida cotidiana. Além disso, ferramentas como DALL-E podem gerar imagens conceituais de dispositivos tecnológicos inovadores, auxiliando na

⁸<https://ddc.dk/tools/toolkit-the-digital-ethics-compass/#compass>

⁹<https://www.artefactgroup.com/resources/the-tarot-cards-of-tech/>

¹⁰<https://www.wedesignthinking.com/en/tools/trend-cards/>

¹¹<https://ai.boardofinnovation.com/future-scenario-maker>

visualização de protótipos especulativos. Um exemplo disso são as imagens de cenários especulados apresentadas na Figura 2.2, que foram utilizadas no minicurso para ilustrar e reforçar a definição de design especulativo.

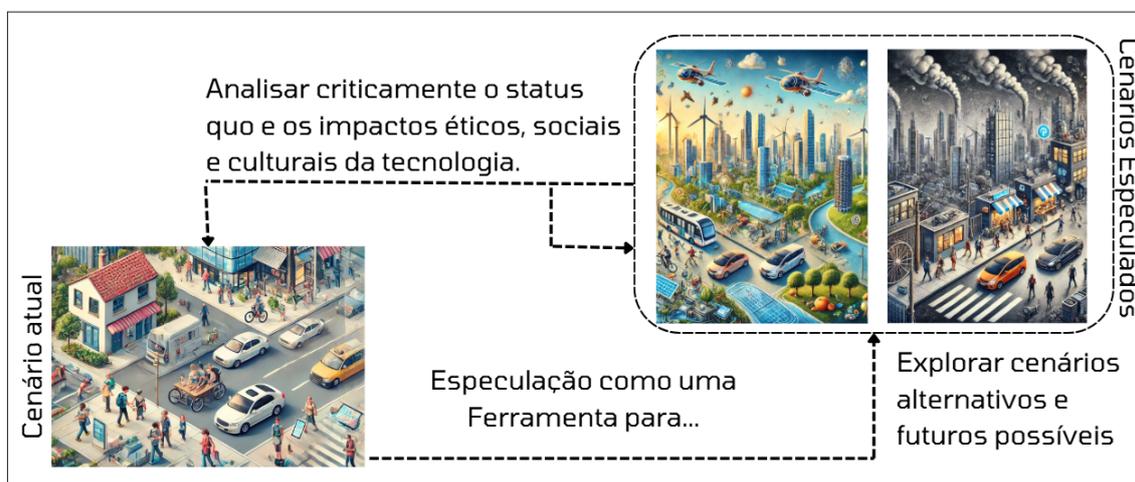


Figura 2.2. Ambientes urbanos gerados pelo DALL-E

Descrição da Imagem: A imagem ilustra um fluxo de análise crítica e especulação sobre cenários futuros a partir do cenário atual. No lado esquerdo da imagem, o cenário atual é representado por uma cidade comum, com ruas movimentadas por pedestres, ciclistas e carros, sugerindo um ambiente urbano cotidiano. A partir desse ponto, o texto indica que a especulação é utilizada como uma ferramenta para analisar criticamente o status quo e os impactos éticos, sociais e culturais da tecnologia. À direita da imagem, dois cenários especulados são apresentados: o primeiro mostra uma cidade futurista, repleta de inovações tecnológicas como veículos voadores, arranha-céus modernos e uma atmosfera limpa e vibrante; o segundo, em contraste, retrata um futuro distópico, marcado por poluição intensa, trânsito caótico, e uma cidade escura e degradada. A mensagem central é a exploração de cenários alternativos e futuros possíveis por meio da especulação crítica, destacando tanto as oportunidades quanto os riscos associados ao desenvolvimento tecnológico.

Por fim, os *toolkits* não apenas auxiliam no desenvolvimento de soluções práticas, mas também contribuem para a sistematização de abordagens, reduzindo a lacuna entre teoria e prática no design especulativo.

2.2.4. Sinais e Tendências

De acordo com Celi e Colombi [2020], Sinais e Tendências são conceitos fundamentais no âmbito do design especulativo, oferecendo suporte à compreensão de transformações culturais, sociais e tecnológicas e viabilizando práticas projetuais que dialogam com futuros possíveis.

Os “sinais”, muitas vezes referidos como “sinais fracos”, representam fenômenos emergentes que indicam mudanças potenciais. Esses elementos são caracterizados por sua fragilidade e baixa visibilidade, frequentemente escapando de análises superficiais. Ainda assim, sua importância reside no fato de funcionarem como indicadores de

mudança, apontando para movimentos iniciais que, com o tempo, podem ganhar força e moldar valores, comportamentos e sistemas sociais. Além disso, os sinais são sempre contextualizados, ou seja, estão intimamente relacionados ao ambiente cultural e social no qual emergem, funcionando como guias para antecipar e explorar transformações futuras.

Já as “tendências”, por outro lado, referem-se a padrões mais estruturados que emergem a partir da observação e análise de múltiplos sinais. Enquanto os sinais podem ser incipientes e localizados, as tendências ganham maior visibilidade e robustez, oferecendo uma visão consolidada de mudanças mais amplas. Elas têm o potencial de impactar o *design* em diversas dimensões, seja no campo estético, funcional ou tecnológico. As tendências também possuem uma dimensão temporal, podendo ser transitórias ou de longo prazo, influenciando tanto a formulação de respostas imediatas quanto a projeção de futuros mais distantes.

A interação entre sinais e tendências é um processo dinâmico e essencial na prática de design, conforme ilustrado na Figura 2.3. Nessa representação, os sinais, simbolizados por pontos, atuam como indicadores iniciais de transformações emergentes. Eles revelam mudanças potenciais que, isoladamente, podem parecer dispersas ou pouco significativas. Por outro lado, as tendências, representadas por áreas abrangentes, desempenham o papel de organizar e estruturar esses sinais, consolidando-os em padrões que podem ser compreendidos e aplicados. Essas áreas simbolizam uma agregação que conecta os sinais a contextos mais amplos, permitindo interpretações que orientam decisões estratégicas.

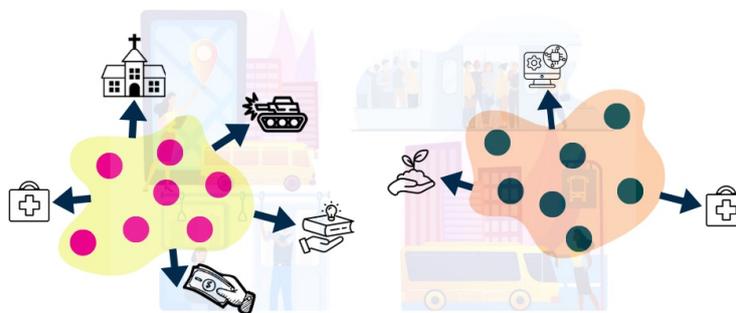


Figura 2.3. Sinais e Tendências

Descrição da Imagem: A imagem ilustra duas tendências representadas por áreas que contêm conjuntos de sinais internos simbolizados por círculos. Setas saem dessas áreas e se conectam a ícones externos, indicando os impactos das tendências em áreas distintas caso tais tendências se concretizem. Entre os impactos representados estão o econômico, simbolizado por uma mão segurando dinheiro; o militar, representado por um tanque de guerra; o ambiental, ilustrado por uma mão segurando uma planta; a saúde, simbolizado por uma maleta de primeiros socorros; o tecnológico e industrial, mostrado por fábricas e engrenagens; e o social e religioso, representado por uma igreja. A composição visual organiza as interações entre tendências, sinais e áreas impactadas, projetando seus desdobramentos em diferentes dimensões da sociedade.

O movimento contínuo entre sinais e tendências reflete a relação entre o emergente e o consolidado, possibilitando uma abordagem projetual capaz de lidar com a complexidade do presente enquanto projeta futuros plausíveis, possíveis e preferíveis. No

contexto do design especulativo, esse processo não se limita a reagir às condições atuais, mas adota uma postura ativa e proativa na configuração de cenários futuros. Ao transformar sinais em tendências e tendências em estratégias, o design especulativo promove uma visão integrada e prospectiva, essencial para a antecipação de desafios e a exploração de oportunidades.

Ao mesmo tempo, o mapeamento de sinais e tendências requer um equilíbrio entre a análise do presente e a projeção do futuro, integrando ferramentas qualitativas e quantitativas que conectam contextos socioculturais, tecnológicos e econômicos. Assim, o *design* não apenas reflete as mudanças em curso, mas contribui ativamente para a construção de futuros mais éticos, inclusivos e sustentáveis.

2.2.5. Teoria da Mediação Tecnológica

A relação entre tecnologia e sociedade tem sido um dos temas mais debatidos na filosofia contemporânea, especialmente em virtude do papel crescente dos artefatos tecnológicos na modelagem das práticas sociais, culturais e individuais. Tradicionalmente, as tecnologias eram vistas como ferramentas neutras, empregadas apenas como meios para alcançar objetivos humanos. No entanto, abordagens mais recentes na filosofia da tecnologia, como a Teoria da Mediação Tecnológica (TMT) [Verbeek 2005], desafiam essa visão simplista ao propor que os artefatos tecnológicos desempenham um papel ativo na constituição das experiências humanas e das relações sociais.

A base dessa discussão encontra suas raízes na fenomenologia, particularmente nos trabalhos de Martin Heidegger, que introduziu conceitos fundamentais para a compreensão da interação humano-tecnológica. Heidegger descreveu os artefatos como “prontos-para-o-uso” (ready-to-hand), ou seja, objetos que se tornam invisíveis quando estão em funcionamento adequado, pois a atenção do usuário se concentra na tarefa realizada, e não na ferramenta. Quando esses artefatos apresentam falhas, tornam-se “presentes-à-mão” (present-at-hand), exigindo um foco consciente. Essa distinção revelou a capacidade dos artefatos de moldar a maneira como os seres humanos percebem e interagem com o mundo [Nunes 2002].

Posteriormente, Don Ihde [1990] expandiu essas ideias, categorizando as relações humano-tecnológicas em dois tipos principais. As relações de incorporação, nas quais a tecnologia atua como uma extensão do corpo humano, como no caso de óculos ou bengalas, e as relações hermenêuticas, em que a tecnologia oferece representações do mundo que demandam interpretação, como termômetros ou mapas [Ihde 1990]. Ambas as formas ilustram como as tecnologias não são neutras, mas sim mediadoras ativas, amplificando ou reduzindo certos aspectos da realidade e transformando as interações humanas.

Além disso, os estudos de Latour [1992] e Akrich [2014] sobre os “scripts” dos artefatos tecnológicos contribuíram significativamente para a compreensão do papel ativo das tecnologias. Segundo esses autores, os artefatos contêm scripts que prescrevem ou influenciam comportamentos humanos. Por exemplo, um redutor de velocidade “instrui” motoristas a desacelerar, enquanto um copo descartável sugere seu descarte após o uso. Esses scripts refletem a intenção dos designers ao inscreverem normas e valores nos artefatos tecnológicos, moldando práticas sociais e individuais.

Nesse contexto, Verbeek [2005] desenvolveu a Teoria da Mediação Tecnológica (TMT), um marco na filosofia da tecnologia e nos Estudos de Ciências-Tecnologias-Sociedades (CTS). A TMT expande as ideias de Heidegger, Ihde, Latour e Akrich, explorando como os artefatos tecnológicos não apenas influenciam as ações humanas, mas também moldam percepções, intenções e decisões morais. Essa abordagem oferece uma estrutura analítica robusta para compreender as complexas relações entre humanos, tecnologia e o mundo, superando as limitações das perspectivas instrumentalistas e deterministas.

A TMT propõe dois conceitos-chave: intencionalidade tecnológica e multiestabilidade. A intencionalidade tecnológica refere-se ao papel ativo das tecnologias na configuração das relações humano-mundo, enquanto a multiestabilidade descreve como as tecnologias podem assumir diferentes significados e usos dependendo do contexto. Por exemplo, um smartphone pode ser usado tanto como ferramenta de comunicação quanto como dispositivo de entretenimento, dependendo do contexto de uso [Verbeek 2005].

Essas ideias possuem implicações éticas significativas, pois as tecnologias não apenas moldam comportamentos, mas também carregam valores e normas éticas que influenciam decisões humanas. A Figura 2.4 ilustra o esquema geral da TMT, destacando como as tecnologias atuam como mediadoras entre humanos e o mundo, amplificando ou reduzindo certos aspectos da realidade e atribuindo novos significados a ela [Hauser et al. 2018].

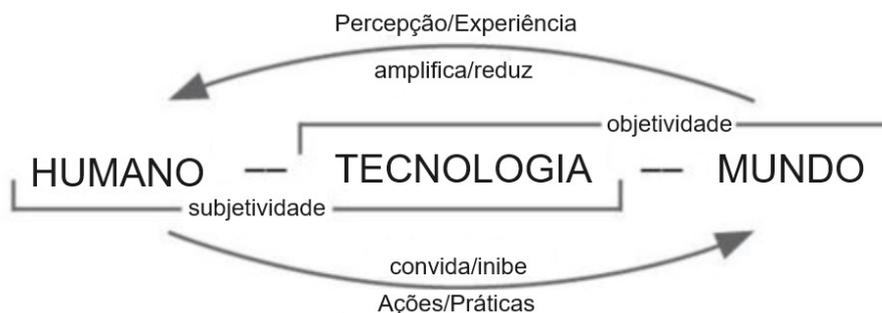


Figura 2.4. Mediação tecnológica [Hauser et al. 2018]

Descrição da Imagem: A imagem representa a relação entre humano, tecnologia e mundo através de um diagrama com linhas e setas. O diagrama mostra como a subjetividade do ser humano se conecta à tecnologia, enquanto a objetividade da tecnologia se conecta ao mundo. Na parte superior, uma seta curva indica que a tecnologia amplifica ou reduz a percepção e experiência humanas do mundo. Na parte inferior, outra seta curva mostra que a tecnologia convida ou inibe as ações e práticas dos humanos no mundo. A figura destaca que a tecnologia atua como um mediador entre o humano e o mundo, influenciando tanto a percepção quanto as ações, criando um fluxo contínuo de influência entre esses três elementos.

No eixo entre **humano e tecnologia**, a mediação é marcada pela subjetividade, o que significa que as tecnologias afetam a maneira como os humanos percebem e experienciam o mundo. Esse efeito é descrito pelos processos de amplificação e redução: as tecnologias amplificam certos aspectos da realidade, enquanto reduzem outros. Por exem-

plo, uma câmera fotográfica amplifica nossa capacidade de capturar detalhes à distância, mas reduz o contexto amplo do campo de visão natural.

Já no eixo entre **tecnologia e mundo**, a mediação é caracterizada pela objetividade. As tecnologias não apenas apresentam o mundo aos humanos, mas também estruturam como ele é acessado e interpretado. Nesse contexto, os artefatos tecnológicos podem “convidar” ou “inibir” certas ações. Por exemplo, um sistema de escadas rolantes convida as pessoas a economizar esforço físico ao subir, enquanto um portão de acesso bloqueado inibe a passagem de indivíduos não autorizados.

A parte superior da Figura 2.4 foca na mediação da percepção e experiência, indicando que as tecnologias transformam a forma como os humanos interpretam e vivenciam o mundo ao seu redor. Essa transformação pode ser vista em ferramentas como termômetros, que permitem visualizar e interpretar fenômenos antes invisíveis. Já a parte inferior da mesma figura ressalta a mediação da ação e das práticas humanas, mostrando como as tecnologias influenciam diretamente os comportamentos e as interações com o mundo. Esse aspecto é central no conceito de “delegação”, no qual os artefatos tecnológicos carregam scripts que direcionam ou condicionam as escolhas e os comportamentos humanos.

Para estruturar a análise das complexas interações entre humanos e tecnologia, Verbeek identificou sete tipos de mediação tecnológica [Verbeek 2005]. Esses tipos, apresentadas na Tabela 2.1, fornecem uma estrutura para entender como as tecnologias mediam nossa relação com o mundo, afetando desde a percepção até a interação direta. Essa estrutura permite mapear as diversas formas pelas quais a tecnologia molda a realidade humana e como essas relações influenciam e são influenciadas por práticas humanas e sociais.

Tabela 2.1. Tipos de Relação de Verbeek

Tipo de Relação	Descrição
Incorporação	As tecnologias se tornam extensões diretas do corpo humano, integrando-se tão completamente que o usuário passa a percebê-las como parte de si. Exemplos incluem próteses, óculos e outros dispositivos que aprimoram ou substituem funções corporais.
Hermenêutica	As tecnologias atuam como ferramentas interpretativas, ajudando os usuários a compreender e interagir com o mundo de maneira mais informada. Exemplos incluem termômetros, que traduzem a temperatura em dados compreensíveis, e mapas, que tornam o espaço navegável.
Alteridade	As tecnologias são percebidas como entidades quase autônomas, com as quais os usuários interagem como se fossem "outros". Essas tecnologias assumem um caráter quase humano, como robôs e assistentes virtuais que dialogam e respondem aos comandos.
Plano de Fundo	As tecnologias operam em segundo plano, moldando o ambiente de maneira sutil e muitas vezes imperceptível. Elas criam condições que influenciam a experiência dos usuários sem demandar atenção direta. Exemplos incluem sistemas de aquecimento, iluminação automática, e outros sistemas que mantêm o ambiente confortável ou funcional.
Ciborgue	As tecnologias são integradas ao corpo humano, transformando sua identidade e capacidades. Dispositivos implantáveis, como marcapassos ou interfaces cérebro-computador, exemplificam essa relação, onde a fusão entre humano e máquina expande as habilidades humanas.
Expansão	As tecnologias ampliam as capacidades cognitivas, físicas ou sensoriais dos humanos, permitindo-lhes realizar tarefas com maior precisão, eficiência ou em condições antes impossíveis. Exemplos incluem exoesqueletos, que fortalecem a capacidade física, e óculos de realidade aumentada, que sobrepõem informações digitais ao mundo físico.
Imersão	As tecnologias criam ambientes completamente envolventes, onde os usuários são imersos em experiências virtuais que substituem temporariamente o mundo físico. A realidade virtual é um exemplo chave dessa relação, proporcionando experiências que englobam todos os sentidos do usuário.

2.3. Método

O minicurso, com duração total de 6 horas, foi organizado em quatro etapas principais, cujas descrições são apresentadas nas subseções a seguir.

2.3.1. Definição, Conceitos e Estado da Arte

O minicurso iniciou com uma breve apresentação e comparação de conceitos relacionados aos métodos de design tradicional, design orientado para o futuro e design especulativo que foram discutidos na seção 2.2 deste artigo.

Para contextualizar os participantes, foram apresentados dois estudos de caso realizados por outros autores, que ilustravam a aplicação do design especulativo em diferentes cenários [Edwards and Pettersen 2023], [Zhu et al. 2024]. Esses estudos foram explorados em detalhe, abordando seus objetivos, métodos, resultados e aspectos específicos que dialogavam diretamente com a proposta do minicurso, facilitando a compreensão dos participantes.

Após a contextualização inicial, foi apresentado um exemplo prático para que os alunos refletissem e conectassem os conceitos e abordagens do design especulativo à prática. O cenário escolhido foi “transporte por aplicativo”, explorando aspectos fundamentais como o conceito de “ecossistemas sociotécnicos”. Nessa análise, foram destacadas as complexas inter-relações entre atores humanos, não humanos, tecnologias e instituições, enfatizando como a tecnologia nos molda enquanto nós também moldamos a tecnologia, em uma abordagem pós-fenomenológica das redes sociotécnicas, incorporando os conceitos da TMT.

Além disso, foi trabalhada a diferença e a importância de identificar “sinais” e “tendências” como elementos propulsores na construção de futuros possíveis. A Figura 2.5 ilustra visualmente como esses elementos se conectam e se influenciam mutuamente, formando uma rede dinâmica de interações que molda tanto a sociedade quanto os avanços tecnológicos no contexto do cenário proposto.

Em seguida, foram discutidas as possíveis implicações dessas tendências caso se concretizem no futuro, estimulando uma reflexão crítica sobre seus potenciais impactos nos ecossistemas sociotécnicos. A discussão destacou a importância de avaliar tanto os aspectos positivos quanto os negativos dessas transformações, considerando múltiplas dimensões, como ética, social e ambiental. Esse momento reforçou o papel do Design Especulativo como uma ferramenta poderosa para explorar futuros possíveis e propor intervenções que minimizem impactos adversos e maximizem os benefícios para a sociedade.

Os participantes foram então instigados com a seguinte questão central: *e se fosse possível reconfigurar esse ecossistema futuro utilizando uma solução tecnológica inovadora?* Essa questão teve o objetivo de despertar a curiosidade dos alunos e prepará-los para a etapa seguinte.

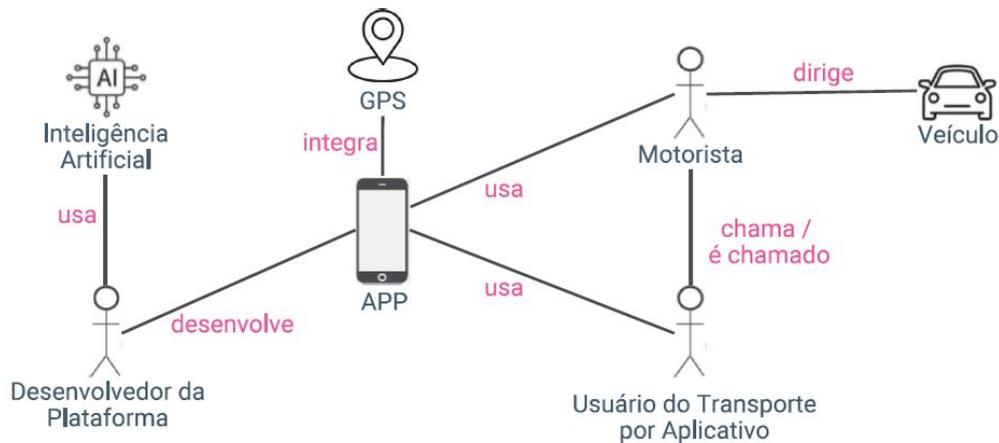


Figura 2.5. Representação do ecossistema sociotécnico no contexto do transporte por aplicativo

Descrição da Imagem: A imagem apresenta um diagrama que ilustra as relações entre atores humanos e não humanos em um sistema de transporte por aplicativo. Os atores são representados por ícones e conectados por linhas que destacam suas ações e interações. No centro, o APP (aplicativo) atua como o elemento central que conecta todos os participantes. À esquerda, um Desenvolvedor da Plataforma desenvolve o APP e usa a Inteligência Artificial. Acima, o GPS integra com o APP. À direita, um Motorista usa o APP e dirige um Veículo. Abaixo, o Usuário do Transporte por Aplicativo usa o APP para chamar ou ser chamado pelo motorista. As palavras “usa”, “integra”, “desenvolve”, “dirige” e “chama/é chamado” estão destacadas em rosa, representando as ações e interações entre os atores e a tecnologia. O diagrama organiza visualmente a relação entre humanos, tecnologias e ações em um ecossistema de transporte por aplicativo.

2.3.2. Modelo de Design Especulativo e Ferramentas

Esses conceitos formaram a base para a apresentação do “Modelo de Design Especulativo”¹² do minicurso, preparando os participantes para aplicar o conhecimento adquirido na construção de cenários futuros e na proposição de soluções inovadoras e éticas. O desenho geral do modelo está apresentado na Figura 2.6.

O modelo apresenta uma abordagem para explorar o design especulativo e suas ferramentas associadas.

Após a introdução do modelo de design especulativo, os participantes foram organizados em quatro grupos de trabalho e foi apresentado o sequenciamento das atividades práticas, conforme ilustrado na Figura 2.7.

Com isso, os participantes tiveram uma visão clara das atividades que seriam realizadas, da duração planejada para cada atividade e uma compreensão geral das ferramentas que seriam utilizadas para apoiar a realização de cada uma delas.

Cada grupo escolheu um tema e mapeou o ecossistema sociotécnico relacionado ao tema selecionado, identificando os atores humanos e não humanos que o compunham,

¹²Este modelo foi desenvolvido por Loutfi em 2024, no contexto de sua tese de doutorado.

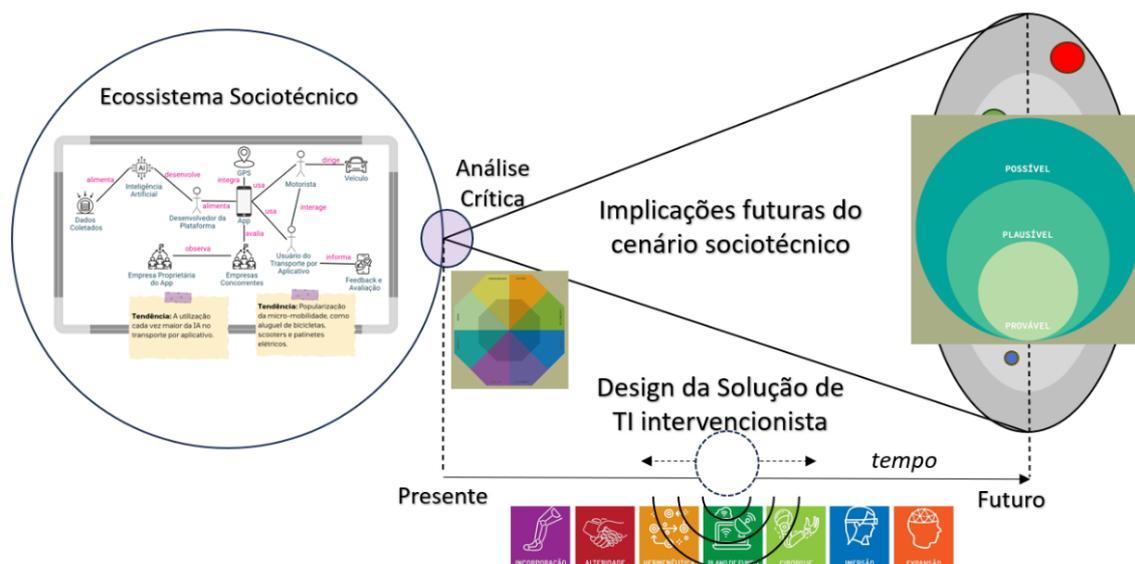


Figura 2.6. Modelo e Ferramentas

Descrição da Imagem: A imagem apresenta o modelo de design especulativo utilizado no minicurso, dividido em três partes principais. À esquerda, o Ecosistema Sociotécnico é representado por um diagrama que destaca os atores humanos e não humanos, suas relações, ações e as principais tendências desse ecossistema. No centro, um círculo que emerge do ecossistema atual representa a Análise Crítica, funcionando como uma transição entre o presente e o futuro. Esse círculo inclui um ícone geométrico colorido que simboliza a avaliação das tendências e suas possíveis consequências em várias áreas como: saúde, educação, política, economia e tecnologia. À direita, a análise projeta as Implicações Futuras do Cenário Sociotécnico, representadas por um diagrama concêntrico com três níveis: Possível, Plausível e Provável, indicando a probabilidade e a viabilidade dos cenários futuros especulados. Na parte inferior, uma linha do tempo conecta o presente ao futuro, destacando o Design da Solução de TI Intervencionista como resultado do processo especulativo. Abaixo dessa linha, ícones coloridos representam dimensões e conceitos relacionados ao futuro, como incorporação, alteridade, hermenêutica, planejamento, ciborgue, imersão e expansão. A imagem organiza de forma clara o fluxo entre a análise do presente, a crítica das tendências e a projeção de cenários futuros, resultando na construção de soluções tecnológicas interventivas.

as relações entre eles e os fenômenos emergentes dessas interações. Além disso, os grupos analisaram sinais e tendências associados ao contexto, buscando compreender possíveis direções de evolução¹³.

Os grupos conduziram uma análise crítica do cenário, empregando ferramentas específicas¹⁴ para avaliar as implicações positivas e negativas caso as tendências identificadas se concretizassem no futuro. Essa análise incluiu reflexões sobre a magnitude e os desdobramentos dos possíveis futuros, considerando as implicações no ecossistema soci-

¹³Para mapear o ecossistema e prospectar tendências, foi utilizada a “Lousa Sociotécnica”

¹⁴A ferramenta utilizada para essa finalidade foi a “Roda de Implicações Sociotécnicas”

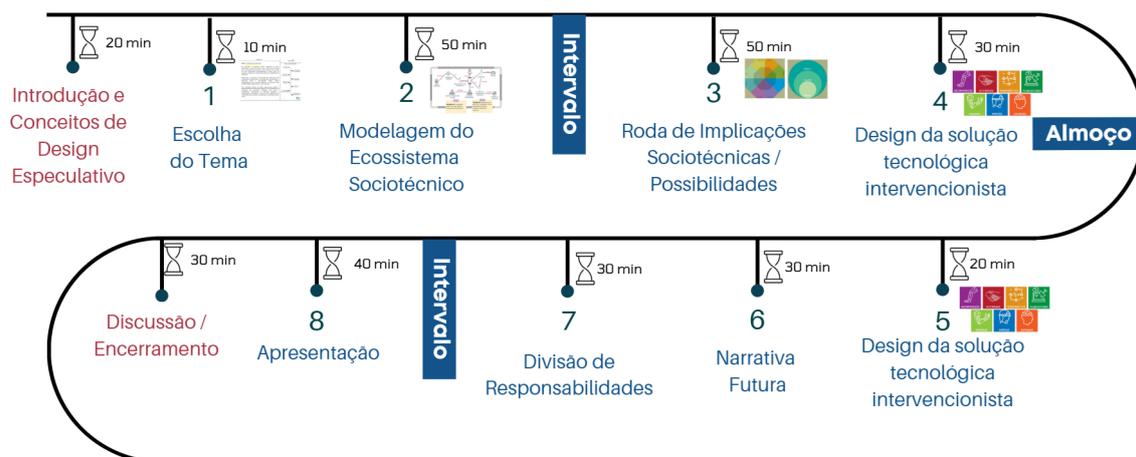


Figura 2.7. Sequência das Atividades Práticas

Descrição da Imagem: A imagem apresenta a sequência das atividades práticas do minicurso, organizada de forma linear e cronológica. O processo é dividido em duas partes principais, separadas por intervalos e uma pausa para o almoço. A primeira parte começa com a Introdução e Conceitos de Design Especulativo, com duração de 20 minutos, seguida pela Escolha do Tema, que dura 10 minutos. Em seguida, ocorre a Modelagem do Ecossistema Sociotécnico, com 50 minutos dedicados ao desenvolvimento do diagrama. Após um intervalo, os participantes utilizam a Roda de Implicações Sociotécnicas/Possibilidades, que também dura 50 minutos, e finalizam a manhã com a Primeira Etapa do Design da Solução Tecnológica Intervencionista, em 30 minutos. Após o almoço, a segunda parte do minicurso é retomada com a Segunda Etapa do Design da Solução Tecnológica Intervencionista, com duração de 20 minutos. Em seguida, os participantes elaboram a Narrativa Futura em 30 minutos e realizam a Divisão de Responsabilidades durante outros 30 minutos. O minicurso é finalizado com a Apresentação das soluções, que dura 40 minutos, seguida pela Discussão e Encerramento em 30 minutos.

otécnico especulado¹⁵, promovendo uma compreensão mais aprofundada dos potenciais impactos e cenários resultantes.

Com base nessa análise, os grupos projetaram uma solução intervencionista de TI voltada para o cenário futuro. O objetivo dessa solução foi mitigar as implicações negativas e potencializar as positivas, contribuindo para a criação de um futuro mais ético e equilibrado. Ferramentas específicas foram utilizadas para apoiar o desenvolvimento dessa intervenção¹⁶.

Por fim, os grupos elaboraram narrativas futuras que incluíram a criação de personas representativas do cenário projetado, além de quadros de responsabilidades que detalharam o papel de cada ator na nova configuração sociotécnica. Essa etapa final enfatizou as implicações éticas do cenário futuro, estimulando reflexões sobre como as soluções propostas reconfiguravam as dinâmicas e responsabilidades entre os atores envolvidos.

Um conjunto de ferramentas foi utilizado para clarificar e detalhar as discussões

¹⁵Para essa finalidade, foi utilizada a “Roda de Possibilidades”

¹⁶Aqui foram utilizadas as “Cartas de Mediação Tecnológica”

dos participantes, sendo complementado pelo uso de cadernos. Esses cadernos, projetados como artefatos de apoio, serviram para organizar e registrar as ideias geradas durante a aplicação das ferramentas. A tabela 2.2 apresenta as ferramentas e os cadernos de apoio utilizados no minicurso, destacando como cada elemento contribuiu para as atividades realizadas.

Tabela 2.2. Ferramentas de Design Especulativo

Ferramenta	Objetivos	Caderno
Lousa Sociotécnica	Apoiar o mapeamento de atores humanos e não humanos e suas relações dentro de um ecossistema sociotécnico específico.	Caderno 2
Roda de Implicações Sociotécnicas	Usada para explorar as implicações do cenário futuro em diferentes dimensões, como: saúde, educação, comportamento, cultura, política, entre outras.	Caderno 2
Roda de Possibilidades	Ferramenta projetada para visualizar futuros possíveis, plausíveis e prováveis, além de auxiliar na definição e organização de prioridades.	Caderno 2
Cartas de Mediação Tecnológica	Baseada na TMT, utilizada para projetar e avaliar como a tecnologia influencia as interações humanas e as relações sociotécnicas.	Caderno 3

Foram utilizados cinco cadernos de apoio durante as atividades práticas:

- **Caderno 1:** apresenta um conjunto de cenários pré-definidos, permitindo que cada grupo escolha aquele que deseja trabalhar.
- **Caderno 2:** utilizado para registrar informações relacionadas à “Roda de Implicações Sociotécnicas” e à “Roda de Possibilidades”. Nele, os participantes anotam as principais implicações oriundas das tendências previamente identificadas na “Lousa Sociotécnica”. Além disso, cada implicação é classificada como positiva, negativa ou neutra, e sua magnitude é avaliada como baixa, média ou alta. Essas classificações fornecem uma base para o planejamento de prioridades, permitindo organizar as implicações de forma estratégica. O objetivo é identificar quais implicações negativas devem ser mitigadas e quais implicações positivas devem ser potencializadas, alinhando essas decisões ao mapeamento realizado na “Roda de Possibilidades”.
- **Caderno 3:** tem como objetivo registrar os resultados obtidos com a ferramenta “Cartas de Mediação Tecnológica”. Este conjunto de cartas foi desenvolvido para auxiliar os participantes a especular sobre as possíveis relações entre humanos e tecnologias, fundamentando-se nos sete tipos de mediação tecnológica descritos por Verbeek [2005]. Por meio das cartas, os participantes são estimulados a imaginar novas características para o artefato, explorando ideias inovadoras e superando concepções prévias. Ao longo do processo, o Caderno 3 é utilizado para documentar reflexões detalhadas sobre as características especuladas para o artefato. A estrutura do caderno é organizada em seções específicas para cada um dos sete tipos de relação, permitindo que os *insights* e análises gerados sejam registrados de maneira clara e sistemática, promovendo um entendimento aprofundado das possibilidades exploradas.
- **Caderno 4:** projetado para apoiar a criação de narrativas especulativas sob a perspectiva de personas e/ou não humanos inseridos no ecossistema futuro onde a solu-

ção de TI foi projetada. Seu principal objetivo é orientar os participantes na construção de histórias que explorem cenários especulativos, destacando as interações entre atores humanos e não humanos, bem como as implicações éticas, sociais e tecnológicas das soluções propostas. Organizado em etapas estruturadas, o caderno guia os participantes na identificação de novos atores, na análise de suas relações com as tecnologias e no desenvolvimento de narrativas detalhadas que contextualizem o futuro imaginado. Ele promove a reflexão crítica ao considerar os impactos positivos e negativos das mudanças projetadas, enquanto incentiva a criatividade ao apresentar as histórias a partir do ponto de vista de personas específicas.

- **Caderno 5:** é um artefato projetado para auxiliar na atribuição de responsabilidades dentro do contexto das narrativas futuras e de todo o processo desenvolvido pelos *designers*. Seu objetivo principal vincular as implicações previamente identificadas às responsabilidades específicas dos atores envolvidos, sejam eles humanos ou não humanos. As informações são organizadas em um quadro estruturado, no qual cada implicação possui uma descrição detalhada das responsabilidades atribuídas a cada ator.

2.3.3. Etapa de Apresentação e Discussão das Especulações

Ao término das atividades práticas, cada grupo teve aproximadamente 10 minutos para compartilhar sua experiência com o processo de design especulativo, apresentando o contexto trabalhado e a narrativa futura desenvolvida. Essa etapa permitiu que os participantes detalhassem o cenário sociotécnico projetado e explicassem a solução tecnológica concebida para intervir nesse futuro especulado.

A discussão coletiva que se seguiu proporcionou um espaço rico para a troca de ideias e reflexões. Os participantes discutiram tanto o processo de design especulativo que desenvolveram quanto as possibilidades de aplicar essa abordagem em suas vidas cotidianas e áreas de atuação profissional.

Esse momento foi essencial para aprofundar a análise das implicações das especulações realizadas, promovendo um debate crítico sobre os impactos sociais, éticos e tecnológicos das soluções projetadas. Além disso, a interação entre os grupos favoreceu a construção de perspectivas mais amplas e multidisciplinares, enriquecendo o aprendizado e destacando a relevância do design especulativo como uma abordagem ética e responsável para imaginar e moldar futuros desejáveis.

2.3.4. Considerações Finais

Encerramos o minicurso com um momento de síntese e reflexão, destacando os principais aprendizados adquiridos ao longo das atividades. Ressaltamos as teorias que fundamentaram as práticas realizadas, como a importância de transcender um design centrado exclusivamente nos humanos para adotar uma abordagem mais ampla e relacional. Discutimos como o design precisa englobar a complexa interação entre humanos e não humanos, reconhecendo-os como parte de uma intrincada rede sociotécnica, onde as relações entre os atores são tão significativas quanto os próprios elementos que a compõem.

Essa conclusão enfatizou a urgência de repensar o papel do design em um mundo cada vez mais mediado por tecnologias e interdependências. Um design relacional, além

de criar soluções inovadoras, promove uma visão ética e inclusiva, na qual responsabilidades e impactos são distribuídos entre todos os atores da rede. Esse fechamento buscou inspirar os participantes a aplicar essas ideias em seus próprios contextos, expandindo as fronteiras tradicionais do design e imaginando futuros mais integrados e sustentáveis.

2.4. Impressões Gerais das Especulações Realizadas

As soluções especulativas apresentadas pelos quatro grupos destacaram perspectivas criativas e inovadoras sobre o futuro, explorando tecnologias emergentes e suas possíveis aplicações em diferentes contextos. A seguir, apresenta-se um resumo de cada proposta desenvolvida:

O **primeiro grupo** abordou o futuro dos aplicativos de relacionamento. Eles projetaram um aplicativo potencializado por IA, capaz de promover interações com usuários de diversas culturas, línguas e localizações. O aplicativo integra dispositivos inteligentes no ambiente do usuário, oferecendo experiências sensoriais avançadas, como controle de sons, luzes, cheiros e sensações físicas. Com suporte de dispositivos de realidade virtual (RV), o app proporciona encontros imersivos no “mundo da Matrix”. Além disso, a IA monitora sinais químicos, biológicos e comportamentais dos usuários, oferecendo suporte psicoemocional e ajustando o ambiente via IoT conforme necessário.

O **segundo grupo** focou nas plataformas de streaming do futuro, propondo um “Streaming Imersivo-Sensorial para 2030”. Este serviço foi concebido para dispositivos imersivos-sensoriais, captando e influenciando aspectos sensoriais e emocionais dos usuários (incluindo humanos e até pets). A tecnologia permite o controle de temperatura, iluminação, sons e ventos no ambiente, criando uma experiência sensorial personalizada. Os usuários podem customizar o serviço, restringindo as opções oferecidas pela tecnologia, de forma a garantir uma experiência adaptada às suas preferências.

O **terceiro grupo** desenvolveu uma solução de “Animação Personalizada via Streaming”, permitindo que usuários criem narrativas transformadas em animações. Por exemplo, um pai poderia elaborar uma história educativa e divertida para sua filha, incluindo personagens favoritos e lições de moral. A plataforma também permite que amigos e familiares sejam incorporados às histórias, promovendo uma experiência criativa, interativa e compartilhável.

O **quarto grupo** explorou a temática das apostas online, propondo uma solução de “Monitoramento de Apostas com Smartwatch”. Essa plataforma monitora os gastos em apostas e os sinais vitais dos usuários por meio de smartwatches. Quando detecta gastos excessivos em um curto período, o sistema emite alertas sonoros e visuais, auxiliando no controle financeiro e emocional do apostador, promovendo maior responsabilidade no uso da plataforma.

É relevante destacar que essas especulações foram fundamentadas em dados do presente, bem como em sinais e tendências que possuem potencial de se concretizar no futuro. Todo o processo incentivou os participantes a não apenas desenvolverem soluções tecnológicas, mas também a refletirem criticamente sobre o futuro especulado e as implicações dessas soluções no contexto projetado. Essa abordagem promoveu um exercício de reflexão que transcendeu a mera criação de artefatos, integrando uma análise ética e

sociotécnica das possíveis transformações futuras.

2.5. Conclusões

Por muito tempo, a Computação seguiu uma lógica em que o progresso tecnológico era exaltado sem grandes questionamentos, com velocidade e inovação vistos como os principais indicadores de sucesso. Contudo, essa abordagem tem mostrado suas limitações, deixando-nos despreparados para lidar com os desafios éticos e ecológicos atuais. Em vez de fomentar uma visão crítica e integrada das tecnologias que criamos, essa corrida pelo progresso tem afastado a Computação das questões sociais e ambientais que exigem atenção imediata.

Para mudar esse cenário, a área de IHC precisa enfrentar as crises do presente de forma consciente, tratando a tecnologia não como um fim, mas como uma ferramenta para repensar e enfrentar os desafios globais. Nesse contexto, o design especulativo, alinhado a uma visão pós-antropocêntrica, surge como um elemento chave para transformar as práticas educacionais em IHC e Computação, promovendo a integração entre o técnico e o social.

Referências

- [Akrich 2014] Akrich, M. (2014). Como descrever os objetos técnicos. *Boletim Campi-neiro de Geografia*, 4(1):161–182.
- [Bardzell and Bardzell 2013] Bardzell, J. and Bardzell, S. (2013). What is "critical" about critical design? In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, pages 3297–3306.
- [Blauvelt 2019] Blauvelt, A. (2019). Defuturing the image of the future. *Designs for Different Futures*, Walker Art Center, pages 41–47.
- [Blok and Jensen 2019] Blok, A. and Jensen, C. B. (2019). The anthropocene event in social theory: On ways of problematizing nonhuman materiality differently. *The Sociological Review*, 67(6):1195–1211.
- [Boroon et al. 2021] Boroon, L., Abedin, B., and Erfani, E. (2021). The dark side of using online social networks: A review of individuals' negative experiences. *Journal of Global Information Management (JGIM)*, 29(6):1–21.
- [Bray et al. 2022] Bray, K. E., Harrington, C., Parker, A. G., Diakhate, N., and Roberts, J. (2022). Radical futures: Supporting community-led design engagements through an afrofuturist speculative design toolkit. In *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–13.
- [Candy and Dunagan 2017] Candy, S. and Dunagan, J. (2017). Designing an experiential scenario: The people who vanished. *Futures*, 86:136–153.
- [Celi and Colombi 2020] Celi, M. and Colombi, C. (2020). Trends as future prompts in the anticipatory design practice. *Futures*, 121:102564.

- [Chivukula et al. 2021] Chivukula, S. S., Li, Z., Pivonka, A. C., Chen, J., and Gray, C. M. (2021). Surveying the landscape of ethics-focused design methods. *arXiv preprint arXiv:2102.08909*.
- [Dunne and Raby 2013] Dunne, A. and Raby, F. (2013). *Speculative everything: design, fiction, and social dreaming*. MIT press.
- [Edwards and Pettersen 2023] Edwards, F. and Pettersen, I. N. (2023). Speculative design for envisioning more-than-human futures in desirable counter-cities. *Cities*, 142:104553.
- [Fink 2021] Fink, L. (2021). The philosopher’s corner: The role of theory in information systems research. *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, 52(3):96–103.
- [Fu and Zhu 2020] Fu, Z. and Zhu, L. (2020). Envisioning the future scenario through design fiction generating toolkits. In *Cross-Cultural Design. User Experience of Products, Services, and Intelligent Environments: 12th International Conference, CCD 2020, Held as Part of the 22nd HCI International Conference, HCII 2020, Copenhagen, Denmark, July 19–24, 2020, Proceedings, Part I 22*, pages 46–59. Springer.
- [Hauser et al. 2018] Hauser, S., Oogjes, D., Wakkary, R., and Verbeek, P.-P. (2018). An annotated portfolio on doing postphenomenology through research products. In *Proceedings of the 2018 designing interactive systems conference*, pages 459–471.
- [Ihde 1990] Ihde, D. (1990). *The Indiana series in the philosophy of technology*. Indiana University Press.
- [Johannessen et al. 2019] Johannessen, L. K., Keitsch, M. M., and Pettersen, I. N. (2019). Speculative and critical design—features, methods, and practices. In *Proceedings of the design society: international conference on engineering design*, volume 1, pages 1623–1632. Cambridge University Press.
- [Latour et al. 1992] Latour, B. et al. (1992). Where are the missing masses? the sociology of a few mundane artifacts. *Shaping technology/building society: Studies in sociotechnical change*, 1:225–258.
- [Lindley 2016] Lindley, J. (2016). A Pragmatics Framework for Design Fiction. In *11th EAD Conference Proceedings: The Value of Design Research*. Sheffield Hallam University.
- [Lindley et al. 2014] Lindley, J., Sharma, D., and Potts, R. (2014). Anticipatory ethnography: Design fiction as an input to design ethnography. In *Ethnographic Praxis in Industry Conference Proceedings*, volume 2014, pages 237–253. Wiley Online Library.
- [Loutfi and Siqueira 2024] Loutfi, M. S. and Siqueira, S. W. M. (2024). Speculative design in a graduate program in informatics: Students perception and practical application: A novel approach for supporting information systems education. In *Proceedings of the 20th Brazilian Symposium on Information Systems*, pages 1–10.

- [Malik and Malik 2021] Malik, M. and Malik, M. M. (2021). Critical technical awakenings. *Journal of Social Computing*, 2(4):365–384.
- [Mitrović et al. 2021] Mitrović, I., Auger, J., Hanna, J., and Helgason, I. (2021). *Beyond speculative design: past–present–future*. SpeculativeEdu; Arts Academy, University of Split Split.
- [Mozuni and Jonas 2017] Mozuni, M. and Jonas, W. (2017). An introduction to the morphological delphi method for design: A tool for future-oriented design research. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 3(4):303–318.
- [Munn 2023] Munn, L. (2023). The uselessness of ai ethics. *AI and Ethics*, 3(3):869–877.
- [Nunes 2002] Nunes, B. (2002). *Heidegger & Ser e tempo*. Editora Schwarcz-Companhia das Letras.
- [Ollenburg 2018] Ollenburg, S. (2018). Beyond futures: Designing futures by educating future designers. *World Futures Review*, 10(4):279–293.
- [Ollenburg 2019] Ollenburg, S. A. (2019). A futures-design-process model for participatory futures. *Journal of futures studies*, 23(4):51–62.
- [SAMJI and KAPOOR 2022] SAMJI, S. and KAPOOR, M. (2022). Funda wande through the lens of pdia: Improving educational outcomes via flexibility, iteration, and learning. *HARVARD Kennedy School - Building State Capability*.
- [Verbeek 2005] Verbeek, P.-P. (2005). *What things do: Philosophical reflections on technology, agency, and design*. Penn State Press.
- [Wahlin and Blomkamp 2022] Wahlin, D. W. and Blomkamp, D. E. (2022). Making global local: Global methods, local planning, and the importance of genuine community engagement in australia. *Policy Design and Practice*, 5(4):483–503.
- [Wakkary et al. 2022] Wakkary, R., Oogjes, D., and Behzad, A. (2022). Two years or more of co-speculation: Polylogues of philosophers, designers, and a tilting bowl. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 29(5):1–44.
- [Weinert 2019] Weinert, C. (2019). Coping with the dark side of information technology - theoretical foundation and empirical evidence. *Information Systems and Services*.
- [Zhu et al. 2024] Zhu, L., Chao, C., and Fu, Z. (2024). How hci integrates speculative thinking to envision futures. *Journal of Futures Studies*, 28(4).

Capítulo

3

Avaliação da Usabilidade e da Experiência do Usuário em Realidade Virtual e Aumentada

Thiago P. de Campos^{1,2}, Saul Delabrida³ Natasha M. C. Valentim¹

¹PPGInf / Universidade Federal do Paraná (UFPR)

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

³DECOM / Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

thiago.tpc@gmail.com, saul@sdelabrida.com, natasha_costa16@yahoo.com.br

Abstract

This chapter addresses the usability and user experience (UX) assessment of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technologies, highlighting their specificities and challenges. AR and VR offer immersive experiences that integrate virtual elements into the real world or create complete digital environments. The text explores fundamental concepts such as immersion, presence, and technical factors that shape UX, in addition to discussing evaluation methods such as user testing, expert inspections, and questionnaires, adapted for immersive systems. Challenges such as motion sickness and device variability are presented, as well as practices for planning and executing user tests. The chapter proposes combining quantitative and qualitative methods to better assess user experience and improve immersive solutions.

Resumo

Este capítulo aborda a avaliação de usabilidade e experiência do usuário (UX) em tecnologias de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV), destacando suas especificidades e desafios. RA e RV oferecem experiências imersivas que integram elementos virtuais ao mundo real ou criam ambientes digitais completos. O texto explora conceitos fundamentais, como imersão, presença e fatores técnicos que moldam a UX, além de discutir métodos de avaliação, como testes com usuários, inspeções por especialistas e questionários, adaptados para sistemas imersivos. São apresentados desafios como a doença do movimento e a variabilidade de dispositivos, assim como práticas para planejamento e execução de testes com usuários. O capítulo propõe combinar métodos quantitativos e qualitativos para avaliar melhor a experiência dos usuários e aprimorar soluções imersivas.

3.1. Introdução

Com o avanço acelerado das tecnologias imersivas, a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) tornaram-se ferramentas cada vez mais relevantes em uma ampla gama de setores, desde entretenimento até educação, saúde e indústria. Ambas as tecnologias oferecem novos paradigmas de interação, proporcionando experiências envolventes e altamente interativas, onde os usuários podem interagir com elementos virtuais no mundo real ou serem transportados para ambientes totalmente digitais. Essas inovações, embora poderosas, trazem consigo desafios relacionados à usabilidade e à experiência do usuário (*User eXperience*, UX).

Avaliar adequadamente a usabilidade e a UX em ambientes de RA e RV é essencial para garantir que essas soluções sejam eficientes, acessíveis e agradáveis. No entanto, os métodos tradicionais de avaliação de interfaces nem sempre são suficientes para lidar com as especificidades das interações em RA e RV, que envolvem novos tipos de dispositivos, formas de interação e a necessidade de captar dimensões como imersão e presença. Neste capítulo, exploramos os conceitos fundamentais de RA e RV, a relação entre usabilidade e UX nesses contextos, os métodos e desafios para sua avaliação, e sugerimos um processo detalhado para conduzir testes com usuários, adaptado às particularidades dessas tecnologias.

3.2. Introdução à Realidade Aumentada e Realidade Virtual

A RA e RV revolucionam como os seres humanos interagem com ambientes digitais, oferecendo experiências imersivas e interativas. Enquanto a RV cria ambientes totalmente digitais, nos quais os usuários são transportados para realidades sintéticas, a RA sobrepõe elementos virtuais ao ambiente físico em tempo real, permitindo que ambos coexistam. Cada uma dessas tecnologias oferece distintas possibilidades de interação e é amplamente utilizada em diferentes setores, como educação, entretenimento, saúde e indústria.

3.2.1. Definição de Realidade Aumentada

A RA pode ser definida como um sistema interativo que combina o mundo real com elementos virtuais gerados por computador, proporcionando uma experiência visual e interativa em tempo real [Azuma et al. 2001]. A principal característica da RA é a capacidade de alinhar e integrar esses elementos virtuais precisamente no ambiente físico, criando uma percepção de que os objetos digitais fazem parte do mundo real conforme apresentado por [Milgram and Kishino 1994]. Essa tecnologia é amplamente aplicada em dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, além de *smartglasses* e *headsets* dedicados, permitindo que os usuários interajam com informações digitais de maneira intuitiva e natural.

Um exemplo notável da aplicação de RA é o uso de filtros interativos em aplicativos de redes sociais, onde o ambiente físico do usuário é ampliado com sobreposições gráficas, criando uma interação única entre o virtual e o real. Além disso, a RA tem sido amplamente utilizada em áreas como a educação e o marketing, oferecendo soluções que aumentam o engajamento e a compreensão dos usuários [Cipresso et al. 2018].

3.2.2. Definição de Realidade Virtual

A RV, por outro lado, é uma tecnologia que proporciona uma imersão completa em um ambiente digital, eliminando a percepção do mundo real. Em ambientes de RV, o usuário é colocado em um cenário totalmente sintético, que responde em tempo real às suas ações [Burdea and Coiffet 2024]. Isso cria uma forte sensação de presença, na qual os usuários sentem que estão fisicamente presentes no ambiente virtual, um conceito conhecido como “telepresença” [Slater and Wilbur 1997].

A RV é frequentemente utilizada em jogos, simuladores de treinamento e aplicações educacionais, proporcionando experiências intensas e realistas que seriam difíceis de replicar no mundo físico. Por exemplo, simuladores de voo e de cirurgias médicas permitem que os usuários pratiquem em ambientes controlados e seguros, melhorando suas habilidades sem os riscos envolvidos em atividades reais.

3.2.3. Diferenças entre RA e RV

Embora RA e RV compartilhem o objetivo de proporcionar experiências digitais imersivas, suas abordagens e impactos no usuário diferem significativamente. A RA complementa o mundo físico ao adicionar informações digitais, enquanto a RV substitui completamente o ambiente físico por um cenário digital. Na RA, o usuário continua ciente do mundo ao seu redor, pois elementos digitais são sobrepostos à realidade. Na RV, no entanto, o ambiente físico é totalmente substituído, transportando o usuário para um ambiente virtual que pode ou não se assemelhar à realidade.

A distinção entre RA e RV é importante na escolha de uma aplicação para determinado uso. Por exemplo, na educação, a RA pode ser usada para enriquecer o aprendizado com informações adicionais em tempo real [Sahin et al. 2018, Singh et al. 2023], como no estudo de anatomia, onde modelos 3D podem ser sobrepostos ao corpo humano para uma melhor compreensão. Por outro lado, a RV pode ser mais eficaz em simulações onde é necessário criar um ambiente completamente controlado e imersivo, como em treinamentos militares ou médicos [Elliman et al. 2016, Basdogan et al. 2007].

3.2.4. Realidade Misturada e o Contínuo de Milgram

Entre os conceitos de RA e RV, existe a Realidade Misturada (RM), ou Realidade Mista, uma tecnologia que combina de forma mais intensa elementos virtuais e físicos, permitindo uma integração ainda mais profunda entre o digital e o real. De acordo com Milgram e Kishino [1994], a RM se encontra em um ponto intermediário no “Contínuo de Realidade-Virtualidade” (Figura 3.1), que varia do ambiente completamente real ao ambiente completamente virtual. A RM permite que o usuário interaja com objetos digitais como se fossem parte integrante do ambiente físico, criando experiências altamente interativas e imersivas [Parveau and Adda 2018].

Esse contínuo descreve as várias formas de integração entre os mundos físico e virtual, destacando como as tecnologias de RA, RM e RV podem ser usadas em diferentes graus para criar experiências digitais que variam de uma simples sobreposição de informações à imersão total em um ambiente virtual.

Novas interpretações das realidades digitalizadas atualizam o modelo de Milgram

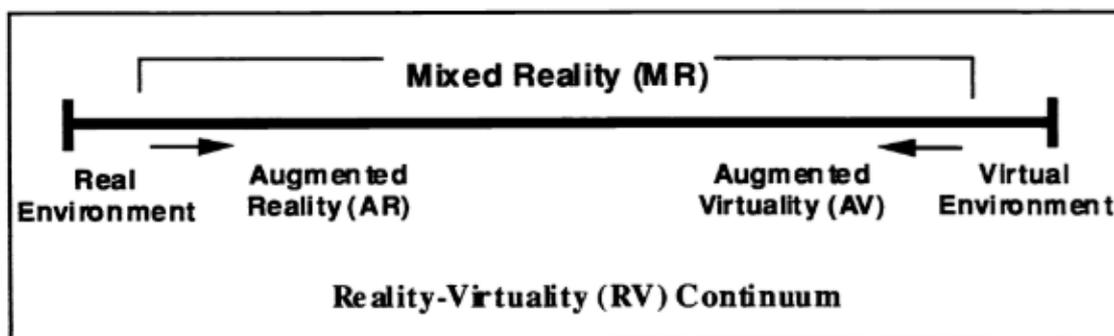


Figura 3.1. Continuum de Milgram [Milgram et al. 1995]

Descrição da Imagem: O diagrama apresenta o “Reality-Virtuality (RV) Continuum” (continuum de realidade-virtualidade), representado por uma linha horizontal com extremidades opostas. À esquerda, encontra-se o ponto rotulado como “Real Environment” (Ambiente Real), indicando o mundo físico, completamente real. À direita, está o ponto chamado “Virtual Environment” (Ambiente Virtual), representando um ambiente inteiramente digital ou virtual. Entre esses dois extremos, há dois conceitos intermediários: “Augmented Reality (AR)” (Realidade Aumentada, RA), localizado próximo ao ambiente real, onde elementos virtuais são sobrepostos ao mundo real e; “Augmented Virtuality (AV)” (Virtualidade Aumentada, VA), próximo ao ambiente virtual, onde elementos do mundo real são inseridos em um ambiente virtual. Acima da linha horizontal, o termo “Mixed Reality (MR)” (Realidade Mista, RM) abrange as regiões intermediárias entre RA e VA. O diagrama mostra uma transição contínua do ambiente real ao virtual, representando diferentes níveis de integração entre elementos reais e virtuais.

e Kishino [1994], destacando o papel da experiência e percepção do usuário em vez de se basear apenas no tipo de tecnologia. Skarbez et al. [2021] propõem que toda RV, em algum nível, é uma forma de RM, pois mesmo em ambientes virtuais imersivos, estímulos reais, como percepções corporais internas, continuam a influenciar a experiência (Figura 3.2).

Já Rauschnabel et al. [2022] apresentam um modelo com dois contínuos (Figura 3.3): a RA, que varia de realidade assistida à misturada, e a RV, que vai de experiências atomísticas a holísticas, redefinindo a XR como “XReality”, adaptável a diferentes graus de imersão e interação. Além disso, Rauschnabel et al. [2022] destacam que a RA se adequa melhor a interações sociais contínuas e causa menos desconforto por movimento (*motion sickness*), enquanto a RV oferece experiências mais temporárias, geralmente aplicadas em locais específicos. Os autores abordam ainda o conceito de realidade diminuída, em que elementos reais são ocultados para intensificar a experiência virtual, expandindo o entendimento das possibilidades de integração entre mundos físico e digital.

Por fim, a UX em RA, RM e RV é moldada por dimensões fundamentais como Extensão do Conhecimento de Mundo (ECM), Imersão e Coerência, que juntas sustentam a sensação de presença [Skarbez et al. 2021b, Skarbez et al. 2022]. ECM reflete a capacidade do sistema de entender o ambiente físico; Imersão, a profundidade das interações sensoriais e motoras; e Coerência, a consistência dessas interações. A integração dessas dimensões contribui para criar experiências digitais que vão além da separação entre

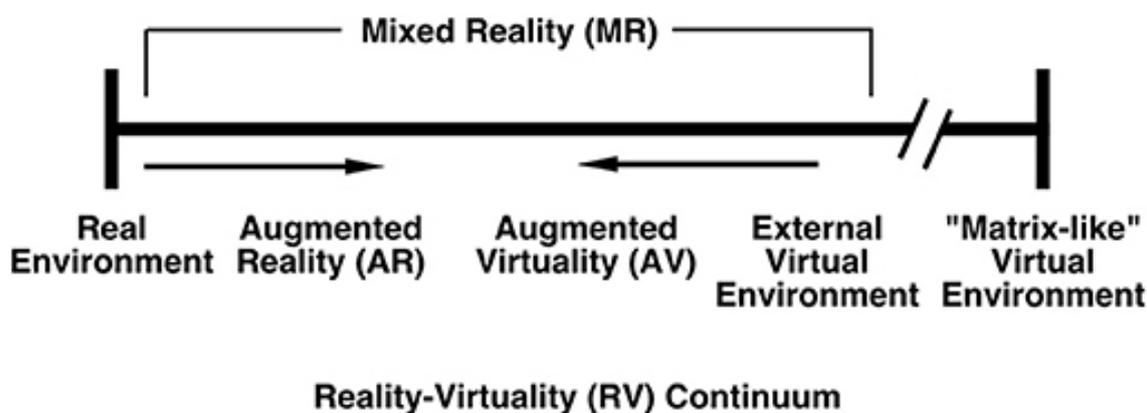


Figura 3.2. Continuum de Milgram atualizado [Skarbez et al. 2021b].

Descrição da Imagem: O diagrama apresenta o “Reality-Virtuality (RV) Continuum” (continuum de realidade-virtualidade), expandindo o conceito original de Milgram. A figura consiste em uma linha horizontal com extremidades opostas: à esquerda, está o rótulo “Real Environment” (Ambiente Real), representando o mundo físico, completamente real e, à direita está o rótulo “Matrix-like Virtual Environment”, que sugere um ambiente virtual avançado, possivelmente indistinguível da realidade, como no filme Matrix [Wachowski and Wachowski 1999]. À medida que avançamos do ambiente real para a direita, aparecem: “Augmented Reality (AR)” (Realidade Aumentada, RA), onde elementos virtuais são sobrepostos ao ambiente real; “Augmented Virtuality (AV)” (Virtualidade Aumentada, VA), onde elementos do mundo real são integrados ao ambiente virtual e “External Virtual Environment” (Ambiente Virtual Externo) entre VA e o ambiente virtual “matrix-like”. “Mixed Reality (MR)” (Realidade Mista, RM) é representada como uma faixa que cobre as regiões entre RA e Ambiente Virtual Externo, indicando uma combinação entre elementos reais e virtuais. Um destaque visual nesta versão é a ruptura na linha horizontal (representada por barras diagonais) entre o ambiente virtual externo e o ambiente virtual “matrix-like”.

físico e virtual, conectando ambos os mundos de forma fluida e convincente.

3.2.5. Aplicações e Potencial Futuro

O potencial da RA, RV e RM vai além do entretenimento e da educação. Áreas como a saúde, a indústria e o varejo têm explorado essas tecnologias para melhorar processos, aumentar a segurança e proporcionar experiências mais envolventes.

Na indústria, por exemplo, a RA é utilizada para auxiliar em processos de manutenção e montagem, permitindo que trabalhadores visualizem informações críticas diretamente em seu campo de visão [Havard et al. 2021]. RA também pode ser aplicada em exposições e museus [Spadoni et al. 2022, Chen and Mokmin 2024], tarefas de navegação e orientação geográfica [Lu et al. 2024] e apoio a procedimentos médicos [Touati et al. 2021, Li et al. 2024], por exemplo.

Já a RV tem sido fundamental em treinamentos e simulações, proporcionando ambientes de aprendizado controlados e realistas. RV também pode ser usada para o propósito de turismo virtual [Ciliberti et al. 2023], design e prototipagem de produtos

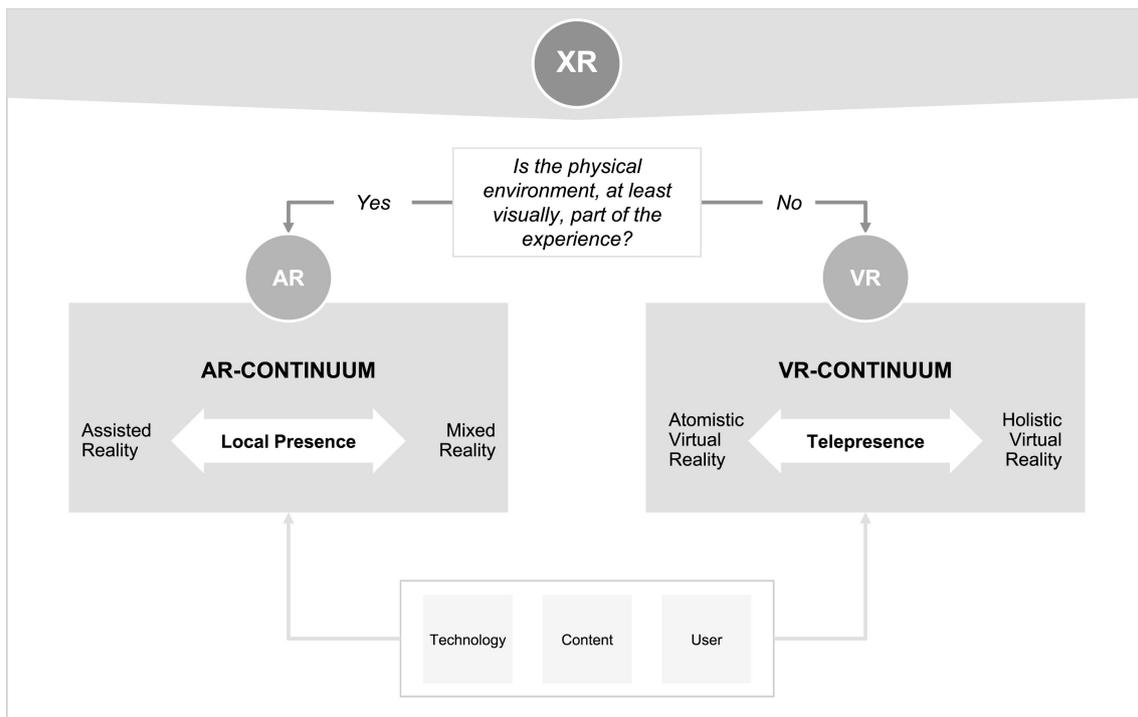


Figura 3.3. XReality (XR) [Rauschnabel et al. 2022].

Descrição da Imagem: O diagrama é organizado em seções para explicar dois diferentes contínuos para “XR”. Topo: Uma faixa cinza com o texto “XR” em destaque no centro. Há uma caixa com uma pergunta central: “Is the physical environment, at least visually, part of the experience?” (O ambiente físico, pelo menos visualmente, faz parte da experiência?). Setas indicam duas respostas possíveis: “Yes” (Sim), apontando para um círculo rotulado como “AR” no lado esquerdo. “No” (Não), apontando para um círculo rotulado como “VR” no lado direito. No lado esquerdo, logo abaixo do círculo “AR” há uma área retangular cinza com o título “AR-CONTINUUM”. Dentro dela, uma seta horizontal dupla, com duas extremidades. A seta possui o rótulo “Local Presence” (Presença Local) com as extremidades “Assisted Reality” (Realidade Assistida), na esquerda, e “Mixed Reality” (Realidade Mista), na direita. No lado direito, logo abaixo do círculo “VR” há uma área retangular cinza com o título “VR-CONTINUUM”. Dentro dela, uma seta horizontal dupla, com duas extremidades. A seta possui o rótulo “Telepresence” (Telepresença) com as extremidades “Atomistic Virtual Reality” (Realidade Virtual Atomística), na esquerda, e “Holistic Virtual Reality” (Realidade Virtual Holística), na direita. Na parte inferior do diagrama, três caixas representam os principais elementos envolvidos na XR: Technology (Tecnologia), Content (Conteúdo) e User (Usuário) e elas estão ligadas às duas áreas de cor cinza, AR e VR Continuum.

[Min et al. 2019] ou de projetos de engenharia e arquitetura [Strzałkowski et al. 2024, R et al. 2023], ou ainda em atividades de reabilitação e terapia [Pereira et al. 2020, Jha et al. 2024], por exemplo.

Com o avanço das tecnologias e a popularização de dispositivos mais acessíveis, espera-se que o uso de RA, RV e RM continue a crescer, trazendo inovações e soluções

cada vez mais imersivas e interativas.

3.3. Usabilidade e Experiência do Usuário em RA e RV

Dando continuidade à exploração dos conceitos fundamentais, é importante compreender como essas tecnologias afetam diretamente a interação do usuário com os sistemas e o ambiente. Para avaliar a qualidade dessa interação, torna-se essencial o estudo de dois conceitos centrais: a usabilidade e a experiência do usuário (UX). Ambos são críticos para garantir que as soluções em RA e RV sejam eficazes, eficientes e agradáveis para quem as utiliza.

3.3.1. Definição de Usabilidade

Usabilidade refere-se à facilidade de uso de um sistema por parte dos usuários, com foco em três aspectos principais: eficácia, eficiência e satisfação. Conforme as normas ISO 9241-11 e ISO 9241-210, a usabilidade é a capacidade de um produto ser utilizado por usuários específicos para alcançar objetivos definidos de forma eficaz, eficiente e com satisfação, em um determinado contexto de uso [ISO 2018, ISO 2019]. Na prática, a usabilidade visa garantir que o sistema ou produto atenda às necessidades do usuário com o mínimo de esforço e máxima produtividade.

Em soluções de RA e RV, a usabilidade ganha um papel ainda mais importante devido à natureza imersiva dessas tecnologias. A maneira como o usuário interage com o ambiente virtual ou aumentado pode influenciar significativamente sua percepção de eficácia e controle sobre o sistema. Elementos como o tempo de resposta, a facilidade de interação com objetos virtuais e o conforto ao utilizar dispositivos de visualização, como *headsets*, são fatores críticos que influenciam a usabilidade nessas plataformas.

3.3.2. Definição de Experiência do Usuário

A UX vai além da usabilidade, abrangendo todos os aspectos da interação de uma pessoa com um produto ou sistema, desde o design até as respostas emocionais e psicológicas resultantes dessa interação [Hassenzahl 2011]. A UX considera não apenas a facilidade de uso de um sistema, mas também a satisfação e o prazer que o usuário sente ao utilizá-lo. Fatores como motivação, estética, percepção de valor e atratividade são componentes centrais da UX.

Em contextos de RA e RV, a UX é ainda mais complexa, por envolver a percepção de presença. Soluções em RA e RV devem conseguir oferecer uma UX positiva, equilibrando aspectos técnicos, como qualidade gráfica e interatividade, com fatores subjetivos, como o engajamento emocional e o prazer da experiência.

3.3.3. Dimensões da Usabilidade e da UX

A usabilidade em RA e RV pode ser avaliada por meio de diversas dimensões que buscam capturar diferentes aspectos da interação do usuário com o sistema. Entre as principais dimensões estão:

- **Eficácia:** Avalia se o usuário consegue realizar as tarefas propostas de maneira correta e completa. Em RA e RV, isso envolve a precisão dos movimentos e interações

do usuário com o ambiente digital.

- **Eficiência:** Refere-se ao tempo e esforço necessários para realizar as tarefas. Em soluções imersivas, a eficiência está fortemente ligada à rapidez de resposta do sistema.
- **Satisfação:** Mede em que grau a solução atende às expectativas do usuário. Em RA e RV, a satisfação pode ser impactada pela qualidade da imersão e pela fluidez das interações.
- **“Aprendibilidade” (*learnability*):** Em RA e RV, é fundamental que os usuários consigam aprender rapidamente como interagir com o sistema, especialmente em casos onde os gestos e controles diferem dos métodos de interação tradicionais.
- **Conforto:** O uso prolongado de dispositivos de RA e RV pode causar desconforto físico, como fadiga visual ou dor de cabeça. Avaliar o conforto é essencial para garantir uma experiência positiva a longo prazo [Cummings and Bailenson 2016].

Por outro lado, a UX em RA e RV inclui dimensões que abordam tanto os aspectos pragmáticos da interação quanto os hedônicos, ou seja, aqueles relacionados ao prazer e às emoções que o sistema proporciona. Hassenzal [2011] propõe um modelo de UX que inclui dimensões como:

- **Motivação:** Refere-se à capacidade do sistema de despertar o interesse e manter o usuário engajado.
- **Desejabilidade:** Avalia o quanto o usuário se sente atraído pelo sistema e como essa percepção influencia sua intenção de continuar usando a tecnologia.
- **Prazer e Diversão:** São dimensões que avaliam o quão agradável e divertida foi a experiência para o usuário, contribuindo para uma percepção positiva da tecnologia.

3.3.4. Imersão e Presença em RA e RV

Imersão é comumente entendida como o envolvimento profundo em uma atividade ou narrativa, que pode ser sensorial, cognitiva, emocional ou social [Murray 1998, Ryan 2010, Brown and Cairns 2004]. As diferentes formas de imersão proporcionam experiências diversas, desde o engajamento emocional e mental em histórias e atividades até a sensação física de presença [Murray 1998, Ryan 2010, Slater and Wilbur 1997, Calleja 2011]. Em RV e RA, Imersão e Presença são conceitos interligados e fundamentais para a qualidade da experiência. São conceitos discutidos em termos de objetividade e subjetividade [Slater and Wilbur 1997, Steuer 1992, Skarbez et al. 2017, Murphy and Skarbez 2022].

Imersão é a qualidade técnica de um sistema que gera a sensação de estar “imerso” em um ambiente virtual ou aumentado [Berkman and Akan 2019]. Na RV, a imersão depende de como o sistema envolve os sentidos do usuário, como visão, audição e tato, para criar uma experiência convincente [Steuer 1992], levando à telepresença. Quanto mais rica e interativa for a capacidade técnica do sistema, maior será a sensação de presença

(Figura 3.4). Ela é medida por fatores como campo de visão, fidelidade gráfica, interatividade e complexidade dos estímulos sensoriais [Rauschnabel et al. 2022]. Na RA, imersão é a capacidade de integração dos elementos virtuais ao ambiente físico, fazendo-os parecer parte do mundo real [Skarbez et al. 2021a]. A imersão impacta a usabilidade, ao promover um envolvimento profundo, facilitando a interação e aumentando o engajamento do usuário [Rauschnabel et al. 2022].

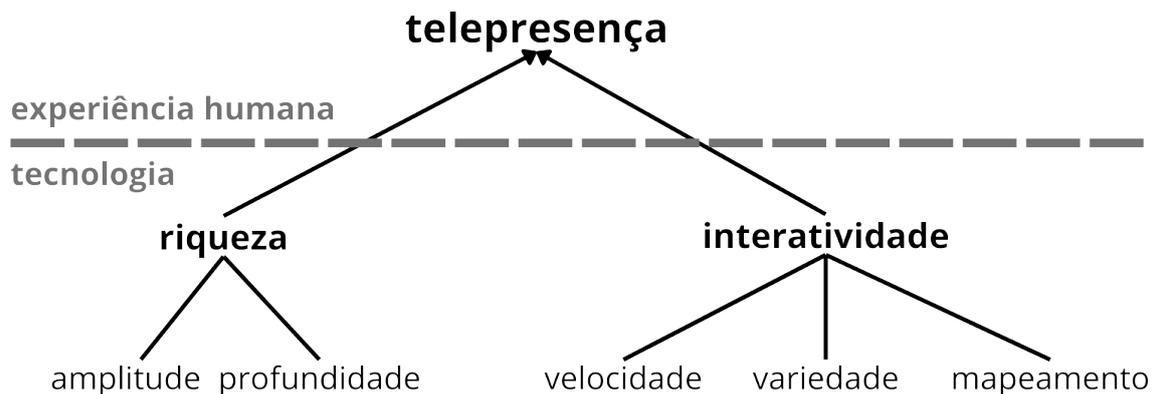


Figura 3.4. Variáveis tecnológicas que levam à telepresença (adaptado de Steuer [1992])

Descrição da Imagem: Há uma linha pontilhada horizontal separando dois aspectos: “experiência humana” (na parte superior) e “tecnologia” (na parte inferior). Estes conceitos estão escritos próximos à linha pontilhada, em cor cinza-claro. Outros conceitos são apresentados de maneira hierárquica. Na parte superior, a palavra “telepresença” é apresentada em negrito e centralizada. Na parte inferior, em um primeiro nível horizontal, há duas palavras: “riqueza” e “interatividade”, também em negrito. Uma seta liga cada uma delas à “telepresença” (da parte superior), cruzando a linha pontilhada. Significando que a riqueza e a interatividade da tecnologia levam à experiência humana da telepresença. Abaixo da palavra “riqueza”, são apresentadas as palavras “amplitude” e “profundidade”, com linhas que as conectam à riqueza, indicando serem componentes da riqueza. Do mesmo modo, abaixo de “interatividade”, estão as palavras “velocidade”, “variedade” e “mapeamento”, também ligadas por uma linha cada, à “interatividade”, indicando serem seus componentes.

A **Presença**, por sua vez, está relacionada à percepção subjetiva do usuário. Na RV, presença é a sensação de “estar lá”, onde o usuário se sente transportado para um ambiente virtual diferente do mundo real, um conceito chamado telepresença [Steuer 1992, Slater 1999]. Na RA, presença é a percepção de que os elementos virtuais estão integrados ao mundo real, como se realmente existissem ali [Skarbez et al. 2022]. A sensação de presença é influenciada pela credibilidade do ambiente ou elementos virtuais, o nível de envolvimento e a capacidade de interação natural do usuário [Murphy and Skarbez 2022, Skarbez et al. 2017]. A presença aumenta a satisfação, ao oferecer um ambiente virtual ou aumentado autêntico e responsivo [Steuer 1992, Skarbez et al. 2017].

Avaliar a usabilidade e a UX em RA e RV, considerando imersão e presença, ajuda a identificar melhorias que tornam os ambientes mais cativantes e realistas e é, portanto, um processo essencial para o desenvolvimento de soluções que proporcionem experiências agradáveis e eficazes.

3.4. Métodos e Desafios de Avaliação de Usabilidade e UX em RA e RV

Avaliar a usabilidade e a UX em ambientes imersivos requer abordagens que vão além dos métodos tradicionais, devido às particularidades da interação com esses sistemas. Nesta seção, discutiremos os principais desafios enfrentados ao avaliar a usabilidade e UX em RA e RV, bem como os métodos disponíveis para essa avaliação.

Tradicionalmente, os métodos de avaliação de usabilidade e UX costumam ser classificados em testes com usuários, inspeção por especialistas, feedback de usuários e modelagem ou simulação [Ivory and Hearst 2001, Roto et al. 2009]. Sendo os três primeiros, os métodos mais comuns.

3.4.1. Testes com Usuários

Os testes com usuários oferecem informações detalhadas sobre a experiência real dos usuários, permitindo a coleta de diversos tipos de dados. Além da observação do comportamento, é possível registrar informações sobre o que o usuário está enxergando e ouvindo, bem como detalhes da interação, movimento e posicionamento, e dados fisiológicos. Informações relativas à interação, como ícones, menus, objetos e outros elementos de interface acessados, incluindo tempo, frequência e quantidade, também podem ser coletadas utilizando o próprio sistema testado ou *plugins* embutidos.

Sensores integrados ao equipamento ou estrategicamente posicionados no ambiente permitem o registro de movimentos da cabeça, mãos e corpo, incluindo gestos. Movimentos da cabeça e do corpo são essenciais para entender a interação dos usuários com o ambiente, mas podem exigir configurações específicas no sistema para serem capturados corretamente [Satkowski et al. 2021]. Dados fisiológicos, como batimentos cardíacos, rastreamento ocular, frequência de piscadas, dilatação das pupilas e variações de temperatura corporal, podem ser obtidos por meio de dispositivos vestíveis, câmeras e sensores de *biofeedback*.

Nos testes de RA e RV, é necessário considerar o ambiente físico onde o teste ocorre. Por exemplo, um ambiente real muito quente pode prejudicar a sensação de presença em um cenário de RV que simula uma visita à Antártida. Em sistemas de RA, o contexto físico também pode influenciar a experiência, devido às condições de iluminação, interferências externas ou à presença de móveis e pessoas no local.

Observar em tempo real a experiência do usuário pode ser desafiador, especialmente em RA e RV, devido à dificuldade de acompanhar sua visão em uma tela separada, aumentando a complexidade e o custo da configuração dos testes. Além disso, monitorar a visão do usuário ou capturar certos dados pode demandar alto processamento do sistema, impactando o desempenho da solução testada. Fatores ambientais, como a iluminação, podem afetar a precisão dos dados registrados. Outra desvantagem dos testes com usuários é que eles exigem tempo, recursos e planejamento cuidadoso para simular adequadamente o ambiente de uso. Manter a consistência do ambiente físico em diferentes sessões de teste e lidar com a variabilidade de dispositivos são desafios adicionais a serem considerados [Derby and Chaparro 2021].

Outro aspecto importante é o uso do protocolo Think Aloud, no qual os usuários verbalizam seus pensamentos enquanto realizam as tarefas. Embora esse método seja útil

para identificar problemas de usabilidade, ele pode interferir na imersão dos participantes em ambientes de RA e RV, devendo, portanto, ser aplicado com cautela.

3.4.2. Inspeção por Especialistas

A inspeção por especialistas é um método mais rápido e econômico para identificar problemas de usabilidade, pois não requer participação de usuários finais. Os especialistas avaliam o sistema com base em heurísticas de usabilidade ou listas de verificação específicas. No entanto, esse método pode falhar em capturar a experiência subjetiva do usuário, especialmente em aspectos como diversão e presença.

Tradicionalmente, as heurísticas de usabilidade, como as propostas por Nielsen [2012], não são suficientes para ambientes imersivos de RA e RV. É necessário adaptar ou desenvolver novas heurísticas que considerem a especificidade dessas tecnologias, como a presença de interações naturais, o uso do espaço tridimensional e a integração entre o real e o virtual [Derby and Chaparro 2021].

Outra dificuldade é realizar a tarefa de inspecionar o ambiente imersivo sem estar experienciando-o ao mesmo tempo. Por exemplo, ao inspecionar um aplicativo de dispositivo móvel ou software de computador, o especialista consegue enxergar e manipular o sistema em uma tela enquanto registra problemas em uma planilha ou caderno. Para inspecionar ambientes imersivos, entretanto, ele precisa recorrer à sua memória ou frequentemente entrar/sair do ambiente para realizar a inspeção, e isso prejudica o resultado.

3.4.3. Modelagem Analítica e Simulação

A modelagem analítica pode ser utilizada para prever problemas de usabilidade em sistemas. Essa abordagem envolve o uso de modelos teóricos ou simulações computacionais para antecipar o comportamento do usuário e identificar potenciais barreiras de usabilidade [Ivory and Hearst 2001].

Em sistemas complexos de RA e RV, a simulação da interação pode ajudar a prever como os usuários irão responder a diferentes estímulos visuais e interativos, permitindo ajustes antes mesmo da realização de testes com usuários. Embora promissor, esse método ainda enfrenta desafios, como a necessidade de modelos precisos que capturem toda a complexidade das interações imersivas.

Um exemplo prático dessa abordagem foi apresentado por Sutcliffe e Kaur [2000], que desenvolveram um método de avaliação de interfaces de RV baseado em uma extensão do modelo de ação de Norman. Por um processo de *walkthrough* analítico, o estudo propôs a simulação de ciclos de interação com tarefas específicas em um ambiente virtual, identificando problemas de usabilidade como desorientação espacial e dificuldades na manipulação de objetos. A aplicação desse modelo permitiu prever e diagnosticar barreiras de interação antes da implementação completa do sistema, demonstrando a eficácia da modelagem teórica para antecipar comportamentos de usuários em ambientes imersivos.

3.4.4. Feedback de Usuários

Os feedbacks de usuários são realizados principalmente por meio do preenchimento de questionários ou realização de entrevistas e são ótimos para coletar dados subjetivos sobre

a percepção dos usuários em relação à satisfação, conforto, opiniões e sentimentos, por exemplo. Em relação ao uso de questionários, costuma-se usar escalas Likert, de diferencial semântico, numéricas ou mesmo questões com respostas abertas. As escalas facilitam a análise quantitativa dos dados, enquanto as respostas abertas e entrevistas demandarão análises qualitativas.

Existem inúmeros questionários para avaliar a usabilidade e a UX de sistemas interativos, como o System Usability Scale (SUS) [Brooke 1996], o Usefulness, Satisfaction and Ease of Use (USE) [Lund 2001], o User Experience Questionnaire (UEQ) [Laugwitz et al. 2008] e o NASA Task Load Index (NASA-TLX) [Hart and Staveland 1988]. Entretanto, estes questionários não foram projetados para experiências RA/RV e podem deixar passar algumas dimensões importantes para a avaliação.

Alguns questionários foram criados para avaliar algumas dimensões da experiência em RA e RV. Alguns avaliam apenas a doença do movimento, como o Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) [Kennedy et al. 1993] e o Motion Sickness Assessment Questionnaire (MSAQ) [Gianaros et al. 2001]. Outros focam nas dimensões de imersão e presença, como Slater-Usoh-Steed Inventory (SUS) [Slater et al. 1994], Presence Questionnaire (PQ) [Witmer and Singer 1998], Immersive Tendencies Questionnaire (ITQ) [Witmer and Singer 1998], o Measurement, Effects, Conditions - Spatial Presence Questionnaire (MEC-SPQ) [Vorderer et al. 2004] e o Igroup Presence Questionnaire (IPQ) [Schubert et al. 2001].

Há questionários criados para avaliar soluções em RV ou RA de forma mais abrangente, tentando cobrir o máximo de aspectos relacionados, como o VR Usability Diagnostic Tool (VRUSE) [Kalawsky 1999], o índice de Experiência de Usuário em Realidade Virtual (iUXRV) [Cheiran et al. 2022], o Handheld Augmented Reality Usability Scale (HARUS) [Santos et al. 2014] e o Usability and User Experience Evaluation in Touchable Hologram (UUXE-ToH) [Campos et al. 2024, Prado De Campos et al. 2024].

A avaliação por feedback de usuários deve considerar que as respostas podem ser influenciadas por fatores emocionais ou pela última parte da experiência, resultando em vieses de recência [Hartson and Pyla 2012]. O efeito da novidade e a complexidade da tecnologia podem resultar em respostas exageradamente positivas ou negativas [Sharples et al. 2008]. Com relação aos questionários, os usuários podem ter dificuldades em compreender termos específicos. Além disso, a falta de padronização nas métricas, principalmente quando se usam questionários *ad hoc*, cria um desafio significativo para comparar resultados entre diferentes pesquisas [Merino et al. 2020]. Incorporar os questionários no próprio ambiente RA/RV pode interromper a experiência imersiva e ser desconfortável, afetando a precisão das respostas [Cummings and Bailenson 2016].

3.4.5. Outros Desafios de Avaliação

A avaliação da usabilidade e da UX em RA e RV apresenta desafios únicos em relação a outras tecnologias interativas. Esses desafios surgem principalmente devido à complexidade das interações imersivas, à variedade de dispositivos e à natureza subjetiva da experiência dos usuários.

Interação Imersiva: Em ambientes de RA e RV, os usuários interagem de ma-

neira imersiva com objetos virtuais, o que pode envolver gestos manuais, movimentos de cabeça, controle por voz e até a movimentação física no espaço. Essa riqueza de interações, embora positiva para a experiência do usuário, dificulta capturar e medir objetivamente a usabilidade e a UX. O uso de diferentes dispositivos de interação, como controladores manuais ou sistemas de rastreamento ocular, também pode introduzir variações significativas na maneira como os usuários interagem com o ambiente [Merino et al. 2020].

Imersão e Presença: A imersão e a presença, como discutido na seção anterior, são fatores críticos para a experiência do usuário em RA e RV. No entanto, avaliá-los de maneira quantitativa pode ser desafiador, principalmente em relação à presença, uma vez que são experiências subjetivas e podem variar significativamente entre os usuários.

Motion Sickness (Cinetose): A cinetose induzida virtualmente, também conhecida como *cybersickness*, é um desafio comum em experiências de RV. Ela ocorre quando há um descompasso entre os estímulos visuais e o que o corpo do usuário percebe em termos de movimento e equilíbrio. Esse desconforto pode afetar significativamente a experiência e, conseqüentemente, a usabilidade e UX do sistema [Bos 2017]. Em contextos de avaliação, é importante monitorar e mitigar a ocorrência de cinetose, por poder influenciar negativamente os resultados.

Varição entre Dispositivos: RA e RV envolvem uma ampla gama de dispositivos, desde *smartphones* e *tablets* até *headsets* sofisticados, como o Microsoft HoloLens e o Meta Quest. Cada dispositivo oferece diferentes níveis de qualidade visual, fidelidade de interação e conforto, o que pode resultar em variações na experiência do usuário [Derby and Chaparro 2021]. Além disso, a qualidade do hardware, como a resolução das telas e a taxa de atualização, pode impactar diretamente na imersão e no desconforto físico dos usuários.

3.4.6. Considerações Finais sobre Métodos de Avaliação

A escolha do método de avaliação depende diretamente do objetivo do estudo e dos recursos disponíveis. Para uma avaliação completa de usabilidade e UX em ambientes de RA e RV, a combinação de vários métodos, como testes com usuários, questionários específicos e inspeções por especialistas, é essencial [Pranoto et al. 2017, Rhiu et al. 2020, Zhang et al. 2020]. A utilização de métricas objetivas (como tempo de tarefa e precisão) junto a avaliações subjetivas (via questionários como NASA-TLX e SSQ) proporciona uma visão mais holística da interação do usuário com o sistema [Frata Furlan Peres et al. 2024]. Essa abordagem multidimensional é fundamental para capturar tanto os aspectos técnicos quanto as percepções e reações dos usuários, garantindo que o sistema não apenas funcione corretamente, mas também atenda de maneira eficaz e satisfatória às necessidades e expectativas dos usuários.

3.5. Processo de Avaliação com Usuários em RA e RV

Após discutir os métodos e desafios para a avaliação de usabilidade e UX em ambientes de RA e RV, é necessário detalhar o processo de avaliação com usuários, o qual é a base para coletar dados empíricos e entender como os usuários interagem e respondem às tecnologias imersivas. A seguir, exploraremos o processo de planejamento, preparação e execução de testes com usuários nesses ambientes, considerando as particularidades

envolvidas.

3.5.1. Planejamento e Preparação

A primeira etapa para a condução de uma avaliação eficaz é o planejamento. Este envolve definir o escopo do estudo, as questões de pesquisa, o público-alvo e os métodos que serão usados para coletar dados. Um planejamento cuidadoso é essencial para garantir que o processo de avaliação seja conduzido de forma a capturar as nuances da experiência dos usuários com essas tecnologias imersivas.

3.5.1.1. Escopo e Objetivos

Definir o escopo e os objetivos da avaliação é o ponto de partida. O escopo inclui o sistema ou solução a ser avaliado e as questões que a pesquisa pretende responder. Por exemplo, um estudo de avaliação de uma solução de RA pode focar em questões como a facilidade de navegação no ambiente aumentado ou o impacto dos elementos virtuais na compreensão de informações pelo usuário. Já um estudo com RV pode abordar aspectos como a sensação de presença e o conforto durante a utilização prolongada do sistema (Bowman et al., 2005; Slater, 2009).

É fundamental considerar como a integração entre o mundo real e o ambiente virtual afetará as métricas de usabilidade e UX. Questões como a precisão dos movimentos do usuário, a latência entre ações e respostas, e o nível de conforto proporcionado pelos dispositivos precisam ser incorporadas aos objetivos da avaliação.

3.5.1.2. Equipamentos e Configurações Técnicas

A escolha dos equipamentos a serem utilizados é um passo crucial no planejamento, especialmente devido à diversidade de dispositivos de RA e RV disponíveis no mercado. Para garantir a eficácia dos testes, é importante selecionar dispositivos que ofereçam uma experiência fluida e confortável aos participantes. Um fator a ser considerado é a taxa de atualização dos dispositivos de visualização, que deve ser de pelo menos 90 Hz para evitar atrasos perceptíveis que podem causar desconforto, como *motion sickness* (Kennedy et al., 1993).

Além disso, a resolução gráfica deve ser suficientemente alta para proporcionar uma experiência visual imersiva sem comprometer o desempenho do sistema. Em testes de RV, dispositivos como o Meta Quest 2 ou PlayStation VR2 são opções populares, enquanto na RA, *smartglasses* como o Microsoft HoloLens ou o Magic Leap 2 são amplamente utilizados.

3.5.1.3. Ambiente e Contexto de Uso

O ambiente onde a avaliação será realizada desempenha um papel importante, porque o contexto físico influencia diretamente a experiência do usuário. A iluminação, os ruídos ambientais e o espaço físico disponível devem ser cuidadosamente planejados para

garantir que a interação entre o real e o virtual ocorra adequadamente.

No caso da RA, o ambiente deve ser suficientemente variado para permitir que os usuários experimentem diferentes contextos, como ambientes internos e externos. Isso ajuda a avaliar como as condições físicas afetam a percepção dos elementos virtuais e a capacidade do usuário de interagir com eles de forma eficiente (Satkowski et al., 2021).

3.5.1.4. Métodos de Interação e Procedimentos

Os métodos de interação com o sistema devem ser definidos conforme as características do dispositivo e do sistema avaliados. Em RA e RV, os usuários podem interagir por meio de gestos manuais, movimentos da cabeça, comandos de voz ou controles manuais (*joystick*). A escolha do método de interação impacta diretamente a usabilidade e a UX, e deve ser considerada durante a preparação dos testes.

Outro ponto a ser considerado é o tipo de procedimento de experimentação, que pode seguir um formato *between-subjects* ou *within-subjects*. No primeiro, diferentes grupos de usuários testam diferentes condições, enquanto no segundo, os mesmos usuários testam todas as condições. Cada abordagem tem suas vantagens, mas em RA e RV, o método *within-subjects* pode ser interessante para avaliar como os usuários se adaptam ao ambiente imersivo ao longo do tempo.

3.5.1.5. Recrutamento de Participantes

O recrutamento de participantes deve seguir critérios específicos, considerando o público-alvo da solução. Fatores como experiência prévia com tecnologias imersivas, familiaridade com o tipo de interação e preferências pessoais podem influenciar os resultados e, portanto, devem ser bem documentados. Além disso, é importante garantir a diversidade na amostra, incluindo participantes de diferentes faixas etárias, gêneros e níveis de experiência com RA e RV.

Os critérios de inclusão e exclusão devem ser estabelecidos com antecedência. Por exemplo, pessoas suscetíveis à cinetose podem ser excluídas de testes prolongados de RV, uma vez que essa condição pode influenciar negativamente a experiência do usuário e os resultados do teste (Bos, 2017).

3.5.2. Execução e Coleta de Dados

Com o planejamento concluído, a próxima etapa é a execução dos testes e a coleta de dados. A execução precisa seguir um protocolo bem estruturado para garantir que todos os participantes passem pelas mesmas etapas e que os dados coletados sejam consistentes e comparáveis.

3.5.2.1. Estudo Piloto

Antes de iniciar a coleta de dados com todos os participantes, é recomendável realizar um estudo piloto com um grupo reduzido de usuários. Esse estudo possibilita validar os

procedimentos, testar os equipamentos e verificar se os métodos de coleta de dados estão funcionando conforme o esperado. Além disso, o piloto permite identificar problemas potenciais que podem afetar a qualidade dos dados, como falhas técnicas ou dificuldades na interação com o sistema.

3.5.2.2. Protocolos de Coleta de Dados

A coleta de dados em testes de usabilidade e UX em RA e RV pode envolver uma variedade de métodos, dependendo do que se pretende avaliar [Barbosa et al. 2021]. Alguns dos métodos mais comuns incluem:

Protocolo Think Aloud: Como mencionado anteriormente, esse protocolo pode ser usado para captar os pensamentos dos usuários enquanto interagem com o sistema [Ericsson and Simon 1993]. No entanto, em ambientes imersivos, esse método deve ser usado com cuidado para não interferir na experiência de imersão.

Gravações e Observações: Em RA e RV, é útil capturar tanto a visão do participante quanto a visão de um observador externo. Isso ajuda a entender melhor os movimentos do corpo e da cabeça, as interações com o ambiente e o comportamento do usuário durante a experiência.

Questionários Pós-Teste: Questionários aplicados logo após a conclusão da tarefa são uma maneira eficaz de coletar feedback sobre a experiência do usuário. É importante que esses questionários incluam itens que avaliem imersão, presença e satisfação com a interface.

Dados Fisiológicos: Em alguns casos, pode ser interessante monitorar dados fisiológicos, como batimentos cardíacos, movimentos oculares e temperatura corporal, para medir o nível de estresse ou imersão do usuário. Dispositivos de *biofeedback* e câmeras de rastreamento ocular são frequentemente usados para esse fim (Hart, 2006).

3.5.2.3. Materiais e Equipamentos Necessários

A preparação dos materiais e equipamentos para a execução do teste é uma etapa importante. Isso inclui garantir que todos os dispositivos estejam funcionando corretamente, com bateria suficiente para as sessões de teste, que os questionários estejam prontos para serem aplicados e que o ambiente de teste esteja configurado de maneira adequada. Equipamentos como *tablets*, computadores e câmeras para gravação são essenciais, assim como itens de conforto para os participantes, como cadeiras ergonômicas e material de higiene para a desinfecção de dispositivos compartilhados (Kennedy et al., 1993).

3.5.3. Considerações Éticas e Privacidade

Durante o processo de avaliação, é fundamental seguir diretrizes éticas rigorosas para proteger a privacidade e o bem-estar dos participantes. Isso inclui garantir que os dados coletados sejam mantidos confidencialmente e que os participantes estejam cientes de como suas informações serão usadas. O uso de termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) é obrigatório, e as diretrizes do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) devem ser

seguidas rigorosamente.

Além disso, é importante considerar o desconforto físico que pode ser causado pelo uso prolongado de dispositivos de RA e RV. O planejamento deve incluir medidas para mitigar esses desconfortos, como pausas durante a sessão e a disponibilização de suporte técnico ou médico, caso necessário.

3.6. Conclusão

A Realidade Aumentada e a Realidade Virtual transformaram o modo como interagimos com sistemas e ambientes digitais, criando experiências imersivas que oferecem novas oportunidades, mas também novos desafios. Para garantir que essas tecnologias proporcionem experiências de alta qualidade, é fundamental realizar avaliações rigorosas de usabilidade e UX, que considerem não apenas os aspectos técnicos, mas também a experiência subjetiva dos usuários. Conceitos como imersão e presença são centrais nesse contexto e precisam ser integrados aos processos de avaliação adequadamente.

Os desafios inerentes à avaliação de sistemas imersivos, como a complexidade das interações, o desconforto físico potencial (como a cinetose) e a variabilidade de dispositivos, exigem uma combinação de métodos quantitativos e qualitativos para capturar com precisão a experiência do usuário. Testes com usuários, questionários específicos, análises de dados fisiológicos e a inspeção por especialistas são algumas das abordagens discutidas que podem ser utilizadas combinadamente para obter percepções valiosas.

O conteúdo apresentado neste capítulo não deve limitar a compreensão do tema. Mais informações sobre métodos e características das avaliações de usabilidade ou UX em ambientes RA e RV podem ser obtidas em revisões e mapeamentos da literatura específicos [Swan and Gabbard 2005, Dünser et al. 2008, Dünser and Billingham 2011, Bai and Blackwell 2012, Merino et al. 2020, Veriscimo et al. 2020, Campos et al. 2023, Frata Furlan Peres et al. 2024]. Do mesmo modo, há obras que apresentam um maior aprofundamento sobre métodos e processos de realização de uma avaliação, como, por exemplo, em Barbosa et al. [2021] e em Rubin e Chisnell [2008].

Conforme as tecnologias de RA e RV continuam a evoluir, é provável que os métodos de avaliação também precisem se adaptar e se aprimorar, de modo a acompanhar as novas formas de interação e garantir que os sistemas ofereçam não apenas usabilidade, mas também experiências ricas e satisfatórias. A capacidade de avaliar e melhorar continuamente a experiência do usuário será decisiva para o sucesso das tecnologias imersivas em sua crescente integração no dia a dia das pessoas e no mercado.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Programa de Excelência Acadêmica (PROEX), FAPEMIG (APQ-00890-23 e APQ-03665-22) e ao CNPq (306101/2021-1) pelo financiamento parcial deste trabalho. Os autores declaram que as descrições das imagens foram feitas com o apoio da ferramenta de inteligência artificial generativa ChatGPT (GPT-4).

Referências

- [Azuma et al. 2001] Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., and MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6):34–47.
- [Bai and Blackwell 2012] Bai, Z. and Blackwell, A. F. (2012). Analytic review of usability evaluation in ISMAR. *Interacting with Computers*, 24(6):450–460.
- [Barbosa et al. 2021] Barbosa, S., Silva, B., Silveira, M., Gasparini, I., Darin, T., and Barbosa, G. (2021). *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário*. Autopublicação, Rio de Janeiro, 1a ed. edition.
- [Basdogan et al. 2007] Basdogan, C., Sedef, M., Harders, M., and Wesarg, S. (2007). VR-based simulators for training in minimally invasive surgery. *IEEE computer graphics and applications*, 27(2):54–66.
- [Berkman and Akan 2019] Berkman, M. I. and Akan, E. (2019). Presence and Immersion in Virtual Reality. In Lee, N., editor, *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*, pages 1–10. Springer International Publishing, Cham.
- [Bos 2017] Bos, J. (2017). Motion Perception and Sickness, Eye Movements and Human Performance.
- [Brooke 1996] Brooke, J. (1996). SUS: A 'Quick and Dirty' Usability Scale. In *Usability Evaluation In Industry*, pages 207–212. CRC Press, London, 1st edition.
- [Brown and Cairns 2004] Brown, E. and Cairns, P. (2004). A grounded investigation of game immersion. In *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '04, pages 1297–1300, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Burdea and Coiffet 2024] Burdea, G. and Coiffet, P. (2024). *Virtual reality technology*. Wiley, Hoboken, New Jersey, third edition edition.
- [Calleja 2011] Calleja, G. (2011). *In-game: from immersion to incorporation*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- [Campos et al. 2024] Campos, T., Damasceno, E., and Valentim, N. (2024). Usability and User Experience Questionnaire Evaluation and Evolution for Touchable Holography. In *Proceedings of the 26th International Conference on Enterprise Information Systems*, pages 449–460, Angers, France. SCITEPRESS - Science and Technology Publications.
- [Campos et al. 2023] Campos, T., Valentim, N., and Damasceno, E. (2023). A Systematic Mapping Study on Usability and User Experience Evaluation of Touchable Holograms: Technical Report. Technical report, Federal University of Paraná, Curitiba, Brazil.

- [Cheiran et al. 2022] Cheiran, J. F., Pimenta, M., and Bandeira, D. (2022). Criação e Avaliação Preliminar de um Questionário Padronizado para Aferir Experiência de Usuário em Realidade Virtual imersiva. *Comunicações em Informática*, 6(2):5–8.
- [Chen and Mokmin 2024] Chen, J. and Mokmin, N. A. M. (2024). Enhancing primary school students' performance, flow state, and cognitive load in visual arts education through the integration of augmented reality technology in a card game. *Education and Information Technologies*, 29(12):15441–15461.
- [Ciliberti et al. 2023] Ciliberti, E. C., Fiore, M., and Mongiello, M. (2023). Development of a Metaverse Platform for Tourism Promotion in Apulia. In *2023 IEEE International Conference on Metaverse Computing, Networking and Applications (MetaCom)*, pages 680–681.
- [Cipresso et al. 2018] Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., and Riva, G. (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in Psychology*, 9.
- [Cummings and Bailenson 2016] Cummings, J. J. and Bailenson, J. N. (2016). How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. *Media Psychology*, 19(2):272–309.
- [Derby and Chaparro 2021] Derby, J. L. and Chaparro, B. S. (2021). The Challenges of Evaluating the Usability of Augmented Reality (AR). *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 65(1):994–998.
- [Dünser and Billinghamurst 2011] Dünser, A. and Billinghamurst, M. (2011). Evaluating Augmented Reality Systems. In Furht, B., editor, *Handbook of Augmented Reality*, pages 289–307. Springer New York, New York, NY.
- [Dünser et al. 2008] Dünser, A., Grasset, R., and Billinghamurst, M. (2008). A survey of evaluation techniques used in augmented reality studies. In *ACM SIGGRAPH ASIA 2008 courses on - SIGGRAPH Asia '08*, pages 1–27, Singapore. ACM Press.
- [Elliman et al. 2016] Elliman, J., Loizou, M., and Loizides, F. (2016). Virtual Reality Simulation Training for Student Nurse Education. In *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, pages 1–2.
- [Ericsson and Simon 1993] Ericsson, K. A. and Simon, H. A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*. The MIT Press, 2 edition.
- [Frata Furlan Peres et al. 2024] Frata Furlan Peres, F., Nunes, F., Teixeira, J. M., Maurício, C. R. M., Conceição, K. P., and Yoshida, L. (2024). Methods for Evaluating Immersive 3D Virtual Environments: a Systematic Literature Review. In *Proceedings of the 26th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR '24*, pages 140–151, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Gianaros et al. 2001] Gianaros, P. J., Muth, E. R., Mordkoff, J. T., Levine, M. E., and Stern, R. M. (2001). A Questionnaire for the Assessment of the Multiple Dimensions of motion Sickness. *Aviation, space, and environmental medicine*, 72(2):115–119.

- [Hart and Staveland 1988] Hart, S. G. and Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In Hancock, P. A. and Meshkati, N., editors, *Advances in Psychology*, volume 52 of *Human Mental Workload*, pages 139–183. North-Holland, Amsterdam, Netherlands.
- [Hartson and Pyla 2012] Hartson, R. and Pyla, P. (2012). *The UX Book: Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience*. Morgan Kaufmann, 1st edition.
- [Hassenzahl 2011] Hassenzahl, M. (2011). User Experience and Experience Design. In *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. Interaction Design Foundation, online, 2nd edition.
- [Havard et al. 2021] Havard, V., Baudry, D., Jeanne, B., Louis, A., and Savatier, X. (2021). A use case study comparing augmented reality (AR) and electronic document-based maintenance instructions considering tasks complexity and operator competency level. *Virtual Reality*, 25(4):999–1014.
- [ISO 2018] ISO (2018). ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts. Technical report, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [ISO 2019] ISO (2019). ISO 9241-210:2019 - Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems. Standard, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [Ivory and Hearst 2001] Ivory, M. Y. and Hearst, M. A. (2001). The state of the art in automating usability evaluation of user interfaces. *ACM Computing Surveys*, 33(4):470–516.
- [Jha et al. 2024] Jha, C. K., Shukla, Y., Mukherjee, R., Rathva, P., Joshi, M., and Jain, D. (2024). A Glove-Based Virtual Hand Rehabilitation System for Patients With Post-Traumatic Hand Injuries. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 71(7):2033–2041.
- [Kalawsky 1999] Kalawsky, R. S. (1999). VRUSE—a computerised diagnostic tool: for usability evaluation of virtual/synthetic environment systems. *Applied Ergonomics*, 30(1):11–25.
- [Kennedy et al. 1993] Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., and Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3):203–220.
- [Laugwitz et al. 2008] Laugwitz, B., Held, T., and Schrepp, M. (2008). Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. In Holzinger, A., editor, *HCI and Usability for Education and Work*, Lecture Notes in Computer Science, pages 63–76, Graz, Austria. Springer.
- [Li et al. 2024] Li, C.-R., Chang, Y.-J., Lin, M.-S., and Tsou, H.-K. (2024). Augmented Reality in Spine Surgery: A Case Study of Atlantoaxial Instrumentation in Os Odontoidum. *Medicina*, 60(6):874.

- [Lu et al. 2024] Lu, M., Arikawa, M., Oba, K., Ishikawa, K., Jin, Y., Utsumi, T., and Sato, R. (2024). Indoor AR Navigation Framework Based on Geofencing and Image-Tracking with Accumulated Error Correction. *Applied Sciences*, 14(10):4262.
- [Lund 2001] Lund, A. M. (2001). Measuring usability with the USE questionnaire. *Usability interface*, 8(2):3–6.
- [Merino et al. 2020] Merino, L., Schwarzl, M., Kraus, M., Sedlmair, M., Schmalstieg, D., and Weiskopf, D. (2020). Evaluating Mixed and Augmented Reality: A Systematic Literature Review (2009-2019). In *2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, pages 438–451, Porto de Galinhas, Brazil. IEEE.
- [Milgram and Kishino 1994] Milgram, P. and Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12):1321–1329. Publisher: The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers.
- [Milgram et al. 1995] Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., and Kishino, F. (1995). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, volume 2351, pages 282–292. SPIE.
- [Min et al. 2019] Min, X., Zhang, W., Sun, S., Zhao, N., Tang, S., and Zhuang, Y. (2019). VPMoel: High-Fidelity Product Simulation in a Virtual-Physical Environment. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 25(11):3083–3093.
- [Murphy and Skarbez 2022] Murphy, D. and Skarbez, R. (2022). What Do We Mean When We Say “Presence”? *PRESENCE: Virtual and Augmented Reality*, pages 171–190.
- [Murray 1998] Murray, J. (1998). *Hamlet on the Holodeck*. The MIT Press.
- [Nielsen 2012] Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*.
- [Parveau and Adda 2018] Parveau, M. and Adda, M. (2018). 3iVClass: a new classification method for Virtual, Augmented and Mixed Realities. *Procedia Computer Science*, 141:263–270.
- [Pereira et al. 2020] Pereira, M. F., Prahm, C., Kolbensschlag, J., Oliveira, E., and Rodrigues, N. F. (2020). A Virtual Reality Serious Game for Hand Rehabilitation Therapy. In *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, pages 1–7. ISSN: 2573-3060.
- [Prado De Campos et al. 2024] Prado De Campos, T., Damasceno, E. F., and Valentim, N. M. C. (2024). Evaluating Usability and UX in Touchable Holographic Solutions: A Validation Study of the UUXE-ToH Questionnaire. *International Journal of Human-Computer Interaction*, pages 1–21.
- [Pranoto et al. 2017] Pranoto, H., Tho, C., Warnars, H. L. H. S., Abdurachman, E., Gaol, F. L., and Soewito, B. (2017). Usability testing method in augmented reality application. In *2017 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, pages 181–186.

- [R et al. 2023] R, V., P, S., and MSR, R. (2023). Architectural Visualisation using Virtual Reality. In *2023 8th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, pages 1609–1615.
- [Rauschnabel et al. 2022] Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., and Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 133:107289.
- [Rhiu et al. 2020] Rhiu, I., Kim, Y. M., Kim, W., and Yun, M. H. (2020). The evaluation of user experience of a human walking and a driving simulation in the virtual reality. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 79:103002.
- [Roto et al. 2009] Roto, V., Obrist, M., and Väänänen-vainio mattila, K. (2009). User Experience Evaluation Methods in Academic and Industrial Contexts. In *Proceedings of the Workshop UXEM'09*, volume II, page 4 p, Uppsala, Sweden. Springer.
- [Rubin and Chisnell 2008] Rubin, J. and Chisnell, D. (2008). *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. Wiley Publishing, Indianapolis, IN, 2nd edition.
- [Ryan 2010] Ryan, M.-L. (2010). *Narrative as virtual reality: immersion and interactivity in literature and electronic media*. Parallax. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, Md., transferred to digital print. 2001 - [im kolophon: milton keynes: lightning source, 2010] edition.
- [Sahin et al. 2018] Sahin, N. T., Abdus-Sabur, R., Keshav, N. U., Liu, R., Salisbury, J. P., and Vahabzadeh, A. (2018). Case Study of a Digital Augmented Reality Intervention for Autism in School Classrooms: Associated With Improved Social Communication, Cognition, and Motivation via Educator and Parent Assessment. *Frontiers in Education*, 3.
- [Santos et al. 2014] Santos, M. E. C., Taketomi, T., Sandor, C., Polvi, J., Yamamoto, G., and Kato, H. (2014). A usability scale for handheld augmented reality. In *Proceedings of the 20th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST '14*, pages 167–176, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Satkowski et al. 2021] Satkowski, M., Büschel, W., and Dachselt, R. (2021). Experiences with User Studies in Augmented Reality. arXiv:2104.03795 [cs].
- [Schubert et al. 2001] Schubert, T., Friedmann, F., and Regenbrecht, H. (2001). The Experience of Presence: Factor Analytic Insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(3):266–281.
- [Sharples et al. 2008] Sharples, S., Cobb, S., Moody, A., and Wilson, J. R. (2008). Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, 29(2):58–69.
- [Singh et al. 2023] Singh, M., Bangay, S., Grossek, H., and Sajjanhar, A. (2023). Forest Classroom: A Case Study of Educational Augmented Reality Design to Facilitate Classroom Engagement. *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(5):46.

- [Skarbez et al. 2021a] Skarbez, R., Brooks, F. P., and Whitton, M. C. (2021a). Immersion and Coherence: Research Agenda and Early Results. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(10):3839–3850.
- [Skarbez et al. 2017] Skarbez, R., Brooks, Jr., F. P., and Whitton, M. C. (2017). A Survey of Presence and Related Concepts. *ACM Computing Surveys*, 50(6):96:1–96:39.
- [Skarbez et al. 2022] Skarbez, R., Smith, M., Sadagic, A., and Whitton, M. C., editors (2022). *Presence and Beyond: Evaluating User Experience in AR/MR/VR*. Frontiers Research Topics. Frontiers Media SA.
- [Skarbez et al. 2021b] Skarbez, R., Smith, M., and Whitton, M. C. (2021b). Revisiting Milgram and Kishino’s Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2:647997.
- [Slater 1999] Slater, M. (1999). Measuring Presence: A Response to the Witmer and Singer Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(5):560–565.
- [Slater et al. 1994] Slater, M., Usoh, M., and Steed, A. (1994). Depth of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3(2):130–144.
- [Slater and Wilbur 1997] Slater, M. and Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6):603–616.
- [Spadoni et al. 2022] Spadoni, E., Porro, S., Bordegoni, M., Arosio, I., Barbalini, L., and Carulli, M. (2022). Augmented Reality to Engage Visitors of Science Museums through Interactive Experiences. *Heritage*, 5(3):1370–1394.
- [Steuer 1992] Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4):73–93.
- [Strzałkowski et al. 2024] Strzałkowski, P., Bęś, P., Szóstak, M., and Napiórkowski, M. (2024). Application of Virtual Reality (VR) Technology in Mining and Civil Engineering. *Sustainability*, 16(6):2239.
- [Sutcliffe and Kaur 2000] Sutcliffe, A. G. and Kaur, K. D. (2000). Evaluating the usability of virtual reality user interfaces. *Behaviour & Information Technology*, 19(6):415–426.
- [Swan and Gabbard 2005] Swan, J. and Gabbard, J. L. (2005). Survey of User-Based Experimentation in Augmented Reality. In *Proceedings 1st International Conference on Virtual Reality*, pages 1–9, Las Vegas, Nevada, USA. Mira Digital Publishing.
- [Touati et al. 2021] Touati, R., Fehmer, V., Ducret, M., Sailer, I., and Marchand, L. (2021). Augmented Reality in Esthetic Dentistry: a Case Report. *Current Oral Health Reports*, 8(2):23–28.

- [Veriscimo et al. 2020] Veriscimo, E. D. S., Bernardes Junior, J. L., and Digiampietri, L. A. (2020). Evaluating User Experience in 3D Interaction: a Systematic Review. In *XVI Brazilian Symposium on Information Systems*, pages 1–8, São Bernardo do Campo Brazil. ACM.
- [Vorderer et al. 2004] Vorderer, P., Wirth, W., Gouveia, F. R., Biocca, F., Saari, T., Futz Jäncke, Böcking, S., Schramm, H., Gysbers, A., Hartmann, T., Klimmt, C., Laarni, J., Ravaja, N., Sacau, A., Baumgartner, T., and Jäncke, P. (2004). MEC Spatial Presence Questionnaire (MEC-SPQ): Short Documentation and Instructions for Application. Technical report, Hannover, Zurich, Porto, and Helsinki.
- [Wachowski and Wachowski 1999] Wachowski, L. and Wachowski, L. (1999). The Matrix. Translated title: Matrix IMDb ID: tt0133093 event-location: Estados Unidos da América, Austrália.
- [Witmer and Singer 1998] Witmer, B. G. and Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3):225–240.
- [Zhang et al. 2020] Zhang, T., Booth, R., Jean-Louis, R., Chan, R., Yeung, A., Gratzner, D., and Strudwick, G. (2020). A Primer on Usability Assessment Approaches for Health-Related Applications of Virtual Reality. *JMIR Serious Games*, 8(4):e18153.