

Teorias do Emaranhado e Design Especulativo na Computação: Mapeamento Sistemático de Literatura e Implicações para a Interação Humano-Computador

Marcelo Soares Loutfi¹, Thiago Marques de Rezende Ribeiro¹,
Fabiano da Fonseca Ramos¹, Sean Wolfgang Matsui Siqueira¹

¹Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Rio de Janeiro, RJ – Brasil

marcelo.loutfi@edu.unirio.br, thiago.m.ribeiro@edu.unirio.br

fabiano.ramos@edu.unirio.br, sean@uniriotec.br

Abstract. Introduction: This paper presents a systematic mapping of the literature on the application of Entanglement Theories (such as Actor-Network Theory, Speculative Realism, Agential Realism, and Postphenomenology) in Speculative Design within Computing. **Objective:** To identify trends, conceptual and methodological gaps, and the ways these theories are appropriated in the context of speculative practices. **Methodology:** Forty publications were analyzed, selected based on criteria such as the explicit use of these theories in speculative practices. **Results:** These theories are still applied in a fragmented manner, yet they hold potential for more relational and post-anthropocentric design practices. The study contributes to expanding the theoretical foundations of HCI, guiding critical and situated agendas.

Keywords Entanglement Theories, Actor-Network Theory, Speculative Realism, Agential Realism, Postphenomenology, Speculative Design

Resumo. Introdução: Este artigo apresenta um mapeamento sistemático da literatura sobre a aplicação das Teorias do Emaranhado (como Teoria Ator-Rede, Realismo Especulativo, Realismo Agencial e Pós-Fenomenologia) no Design Especulativo na Computação. **Objetivo:** Identificar tendências, lacunas conceituais, metodológicas e as formas de apropriação dessas teorias no contexto de práticas especulativas. **Metodologia:** Foram analisadas 40 publicações, selecionadas por critérios como o uso explícito dessas teorias em práticas especulativas. **Resultados:** Essas teorias ainda são aplicadas fragmentadamente, com potencial para práticas de design mais relacionais e pós-anthropocêntricas. O estudo possibilita ampliar os fundamentos teóricos de IHC, direcionando a agendas críticas e situadas.

Palavras-Chave Teorias do Emaranhado, Teoria Ator-Rede, Realismo Especulativo, Realismo Agencial, Pós-Fenomenologia, Design Especulativo

1. Introdução

A história das ciências exatas está profundamente entrelaçada ao projeto moderno de racionalização do mundo. Desde o Iluminismo, disciplinas como a matemática, a física e, posteriormente, a engenharia tornaram-se pilares do ideal científico baseado

na objetividade, previsibilidade e controle [Feenberg 2008]. A Computação surgiu e se estruturou como campo disciplinar fortemente influenciado por tais princípios, herdando uma orientação marcadamente tecnicista e reducionista [Malik e Malik 2021, Selbst et al. 2019].

Com o tempo, essa lógica se intensificou: o desenvolvimento da Engenharia de *Software*, especialmente após a chamada “crise do *software*” nos anos 1960 [Randell 1996], aprofundou a busca por métodos formais, como modelagens matemáticas e provas de correção [Dijkstra 1976], consolidando a visão da Computação como uma ciência exata voltada à eficiência e à previsibilidade.

Mesmo tentativas de ruptura parcial, como o Manifesto Ágil [Maruping et al. 2009], mantiveram o foco na produtividade e na adaptabilidade do desenvolvimento de *software*, sem, no entanto, confrontar as bases epistemológicas e políticas da área. O resultado foi a persistência de um modelo técnico-instrumental que trata a tecnologia como um meio neutro para fins previamente definidos, obscurecendo suas implicações éticas, políticas e ambientais.

Essa orientação reducionista encontra continuidade no fenômeno da “dataficação da vida” [Blok 2023], que pressupõe a possibilidade de converter todos os aspectos da experiência humana em dados analisáveis. O avanço do *big data*, do aprendizado de máquina e dos algoritmos preditivos fortaleceu a crença de que decisões complexas na saúde [Sarker 2024], segurança [Andrade et al. 2024], educação [Xi 2024] e mercado financeiro [Prabakar et al. 2024], podem ser automatizadas com base em padrões estatísticos, marginalizando o contexto sociocultural de onde tais dados emergem. Essa lógica de quantificação total, ancorada em um positivismo tardio [Park et al. 2020], desconsidera tudo aquilo que não pode ser mensurado, promovendo uma visão de Computação que ignora suas consequências sociais, políticas, culturais e ambientais.

Entre as abordagens críticas que buscam reconfigurar os fundamentos ontológicos e epistemológicos da Computação, destacam-se a Teoria Ator-Rede (TAR) [Latour 2007], o Realismo Especulativo [Harman 2018], o Realismo Agencial [Juelskjær e Schwennesen 2012] e a Pós-Fenomenologia [Rosenberger e Verbeek 2015]. Essas teorias, oriundas da sociologia, da filosofia e da área de Estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), compartilham uma ênfase na relacionalidade e na co-agência entre humanos e não humanos, oferecendo alternativas ao pensamento dualista e à primazia do humano.

Foi a partir desse conjunto de perspectivas que Frauenberger (2019) propôs um novo paradigma para a Interação Humano-Computador, denominado *Entanglement HCI*. Frauenberger (2019) agrupa tais abordagens sob o codinome de Teorias do Emaranhado (*Entanglement Theories*), justamente por reconhecer que todas elas partem de um compromisso comum com uma ontologia relacional e performativa. Em oposição à tradição positivista e representacionista, o *Entanglement HCI* compreende humanos e tecnologias como entidades coemergentes, constituídas nas intra-ações materiais e discursivas. Assim, o *design* deixa de ser visto como mera mediação entre sujeito e objeto, e passa a ser entendido como prática que produz realidades, com implicações ontológicas, epistemológicas e éticas indissociáveis.

Esse novo enquadramento ressoa diretamente com os princípios do Design

Especulativo (DE) [Mitrović et al. 2021], que também rejeita finalidades instrumentais e propõe a criação de artefatos e cenários provocativos como forma de questionar futuros possíveis. Ambas as abordagens reconhecem que projetar tecnologia é, simultaneamente, projetar mundos e, por isso, demandam responsabilidade ética no modo como moldam as materializações do porvir. O *Entanglement HCI*, nesse sentido, oferece fundamentos teóricos robustos para sustentar práticas especulativas comprometidas com a complexidade, a incerteza e a transformação sociotécnica.

Estudos recentes exploram o design mais-que-humano [Eriksson et al. 2024], estéticas pós-humanas [Ikeya et al. 2025], mediações humano-natureza [Kneile et al. 2025] e futuros sociotécnicos [Celik e Kaya 2025], mas o fazem focando em dimensões específicas como artefatos, sensorialidade ou estratégias de engajamento. Tais estudos exploram práticas especulativas no design de tecnologias emergentes, mas observamos uma escassez de análises sobre como as bases teóricas subjacentes, como as Teorias do Emaranhado, vêm sendo apropriadas. Além disso, há uma fragmentação no uso desses referenciais, muitas vezes mobilizados de forma superficial ou apenas ilustrativa. Nesse contexto, um mapeamento sistemático pode contribuir para organizar esse campo emergente, oferecendo um panorama crítico que subsidie futuras investigações e práticas projetuais mais robustas.

Este artigo apresenta um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) que busca compreender como as Teorias do Emaranhado têm sido mobilizadas por pesquisas que utilizam o Design Especulativo na Computação. O estudo tem por objetivo identificar tendências, lacunas conceituais e metodológicas, bem como caracterizar as formas de apropriação dessas teorias no contexto de práticas especulativas. A opção pelo MSL, e não por uma revisão sistemática tradicional, decorre da natureza exploratória do tema e da diversidade de enfoques teóricos e metodológicos presentes na literatura. Uma questão de pesquisa principal (QPP) e mais três subquestões (SQ) foram definidas (Tabela 1).

Tabela 1. Questão Principal e Subquestões de Pesquisa no Contexto PICOC

| Questão | Descrição |
|------------|--|
| QPP | Como as teorias do emaranhado têm sido aplicadas no design especulativo para projetar futuros tecnológicos e reconfigurar ecossistemas sociotécnicos na computação? |
| SQ1 | Como metodologias, ferramentas e <i>frameworks</i> existentes conectam teorias do emaranhado ao design especulativo, especialmente no desenvolvimento de tecnologias emergentes como IA, HCI e Sistemas de Informação? |
| SQ2 | Quais lacunas e tendências emergem na literatura a partir da articulação entre Design Especulativo e Teorias do Emaranhado? |
| SQ3 | Que benefícios e desafios emergem da integração das Teorias do Emaranhado ao Design Especulativo aplicado à área tecnológica? |

Foram analisadas 40 publicações indexadas e identificadas apropriações crescentes das Teorias do Emaranhado em práticas de design voltadas à imaginação crítica, à distribuição de agência entre humanos e não humanos e à exploração de valores éticos em futuros possíveis. Observou-se que tais teorias ainda são mobilizadas de forma fragmentada e muitas vezes superficial. Assim, é um campo emergente promissor para IHC, mas carece de maior integração conceitual, metodológica e epistêmica.

O restante deste documento está organizado da seguinte maneira: a seção 2 apresenta as abordagens teóricas relacionadas ao Design Especulativo e às Teorias do Emaranhado; a seção 3 detalha o método do MSL, conforme diretrizes do SEGRESS; a

seção 4 expõe os principais achados, organizados de acordo com as questões de pesquisa, acompanhados de uma discussão crítica e de suas implicações. Por fim, a seção 5 reúne as conclusões do estudo, destacando suas contribuições para a área de IHC, suas limitações e direções para pesquisas futuras.

2. Fundamentação Teórica

Neste estudo, agrupamos sob o termo Teorias do Emaranhado um conjunto de abordagens teóricas que compartilham uma ontologia relacional e pós-antropocêntrica, conforme proposto por Frauenberger (2019). Tais teorias têm sido mobilizadas em práticas de Design Especulativo com o intuito de desafiar o funcionalismo, o utilitarismo e a racionalidade tecnocientífica dominante no design de tecnologias. Optamos por incluir, especificamente, a Teoria Ator-Rede, o Realismo Especulativo, o Realismo Agencial e a Pós-Fenomenologia por sua presença mais recorrente nas produções analisadas, bem como por suas contribuições complementares para pensar agência, materialidade, objetualidade e coemergência no design. Assim, nesta seção, apresentamos as principais correntes teóricas que fundamentam este mapeamento de literatura.

2.1. Teoria Ator-Rede (TAR)

A Teoria Ator-Rede (TAR) [Latour 2007] propõe que o pesquisador acompanhe empiricamente as categorias que emergem nas interações concretas entre os elementos da rede sociotécnica. Para isso, emprega o conceito de actante, que designa qualquer entidade capaz de afetar o curso das ações, sejam elas humanas ou não humanas. Entre os actantes estão pessoas, artefatos, algoritmos, normas, instituições, documentos e infraestruturas técnicas [Latour 1996]. Na TAR, a agência não é compreendida como uma propriedade exclusiva dos humanos, mas como um efeito relacional que resulta das conexões estabelecidas entre os diversos elementos da rede. Por esse motivo, a TAR adota uma perspectiva de simetria analítica, atribuindo igual importância aos componentes sociais e materiais envolvidos na constituição dos fenômenos tecnológicos [Li e Zhu 2024, Wei 2024].

Ao adotar uma ontologia relacional e simétrica, a TAR oferece um instrumental analítico para a pesquisa em inovação tecnológica [Sieklicki e Tanev 2021]. Em vez de tratar componentes tecnológicos como estruturas fechadas baseadas apenas em requisitos técnicos e funcionais, a TAR os compreende como resultados de redes heterogêneas de negociação entre actantes. Esse enquadramento a torna útil para práticas especulativas voltadas a revelar, tensionar e reconfigurar redes sociotécnicas emergentes.

Há exemplos de aplicação da TAR em áreas da Computação, como na Interação Humano-Computador [Kumar e Tissenbaum 2022], na Inteligência Artificial (IA) [Malek 2025, Held et al. 2023, Gutiérrez 2024] e no Design Especulativo [Loutfi et al. 2025]. A TAR contribui para práticas especulativas ao oferecer um vocabulário analítico capaz de identificar e reconfigurar redes sociotécnicas emergentes, destacando o papel dos artefatos como actantes que co-produzem futuros possíveis.

2.2. Realismo Especulativo

O Realismo Especulativo surgiu como uma reação ao correlacionismo, que sustenta que só é possível conhecer a relação entre pensamento e mundo, mas nunca o mundo em si.

Essa limitação compromete a capacidade de pensar uma realidade objetiva, independente da consciência humana. Meillassoux (2006) critica o correlacionismo e propõe uma ontologia que admite a existência de um real absoluto, acessível à razão especulativa mesmo sem mediação perceptiva.

Entre as vertentes do Realismo Especulativo, destaca-se a Ontologia Orientada a Objetos (OOO) [Harman 2017], em que todos os objetos, sejam humanos ou não, materiais ou imateriais, possuem uma existência própria que não se reduz às relações que estabelecem com outros objetos. Assim, um ser humano, um algoritmo, uma pedra ou uma ideia são tratados como entidades igualmente reais. Essa abordagem rompe com o antropocentrismo moderno, fornecendo uma base fértil para o Design Especulativo ao tratar artefatos como entidades com existência própria, capazes de compor cenários especulativos sem depender de funções utilitárias.

Nos últimos anos, o Realismo Especulativo tem sido incorporado por pesquisadores em *Design*, Interação Humano-Computador (IHC) e Computação Criativa para desenvolver sistemas, dispositivos e metodologias que rompem com o funcionalismo e possibilitam formas de interação mais-que-humanas [Santer 2025, Vella et al. 2022, Lindley e Green 2021].

A perspectiva do Realismo Especulativo contribui para práticas especulativas ao romper com o antropocentrismo e permitir a concepção de artefatos como entidades com agência própria, independentemente de sua utilidade funcional. Essa ontologia orientada a objetos amplia o campo de ação do design, viabilizando proposições que exploram existências alternativas e provocam reflexões sobre o que é considerado real, relevante ou ético no contexto tecnológico.

2.3. Realismo Agencial

O Realismo Agencial é uma filosofia desenvolvida por Karen Barad (2007), que propõe uma reformulação profunda das noções de realidade, conhecimento e ética. Inspirada pela física quântica de Niels Bohr, pelos estudos feministas e pela virada ontológica do chamado neomaterialismo [Ahmed et al. 2010], Barad sustenta que os domínios ontológico, epistemológico e ético são inseparáveis. Por isso, propõe uma ético-ontoepistemologia, no qual ser, conhecer e responsabilizar-se são dimensões interligadas da realidade.

No cerne do Realismo Agencial está a recusa da visão representacionista, que pressupõe objetos com propriedades fixas observados por sujeitos externos. Para Barad, o mundo é constituído por agências que intra-agem, ou seja, entidades não existem previamente, mas emergem dos fenômenos que as configuram. A Análise Difrativa busca justamente compreender os fenômenos que emergem da intra-ação constituída de práticas materiais e discursiva, buscando compreender os efeitos produzidos pelas diferenças, em vez de eliminá-las em busca de consenso, como ocorre em metodologias baseadas em triangulação [Barad 2014].

Na literatura contemporânea em Computação, especialmente em IHC, Design Crítico e Tecnologias Digitais, o Realismo Agencial tem sido progressivamente incorporado como uma abordagem teórico-metodológica capaz de reconfigurar a forma como entendemos fenômenos sociotécnicos e a relação entre humanos e tecnologias [Zhu et al. 2025, Kumar et al. 2024, Alderson-Bythell et al. 2023].

O Realismo Agencial oferece ao Design Especulativo uma base ontológica e epistemológica potente ao compreender o design como um processo de intra-ação, em que entidades humanas e não humanas coemergem. Essa perspectiva convida designers a reconhecerem o papel performativo das materializações tecnológicas e a considerarem as implicações ético-políticas de suas escolhas como parte do próprio processo de conhecimento e construção de mundos.

2.4. Pós-Fenomenologia

A Pós-Fenomenologia é uma vertente filosófica contemporânea desenvolvida por Don Ihde (1991) que busca superar os limites da fenomenologia clássica, especialmente sua ênfase no sujeito humano como centro da experiência. Ihde (1991) propõe uma análise relacional das interações entre humanos, tecnologias e mundo, voltada para a compreensão das formas pelas quais os dispositivos moldam a percepção e a ação e a interpretação dos fenômenos [Ihde 1995, Ihde 1991]. Esta vertente filosófica contrasta com a concepção heideggeriana de que a tecnologia é impessoal e homogeneizante [Heidegger 1954], e também se opõe à ideia de que as tecnologias seriam apenas mediações neutras ou secundárias. Sendo assim, a Pós-Fenomenologia entende os artefatos técnicos como mediadores constitutivos: eles não apenas moldam a forma como percebemos o mundo, mas também influenciam quem somos e como nos comportamos [Rosenberger e Verbeek 2015].

O conceito central dessa abordagem é o de mediação tecnológica. Peter-Paul Verbeek, um dos principais teóricos da tradição pós-fenomenológica, propõe diferentes tipos de relação entre humanos e tecnologias, como incorporação, hermenêutica, alteridade e plano de fundo; para descrever as múltiplas maneiras pelas quais os artefatos tecnológicos influenciam nossas percepções, ações e interpretações do mundo [Verbeek 2005]. Ao deslocar a compreensão da tecnologia como mero instrumento para uma força ativa na produção de sentido, a pós-fenomenologia revela as dimensões ontológicas, epistemológicas e éticas implicadas no uso de artefatos, constituindo uma abordagem crítica, empírica e situada. Essa perspectiva tem sido apropriada em contextos especulativos para explorar como tecnologias moldam experiências e valores em futuros possíveis.

A Pós-Fenomenologia tem se mostrado especialmente útil para designers, engenheiros e pesquisadores interessados em compreender não apenas o que uma tecnologia faz, mas como ela transforma seus usuários e o mundo que ajuda a constituir. Aplicada em contextos como tecnologias digitais, realidade virtual, inteligência artificial, dispositivos móveis e educação [Vindenes e Wasson 2021, Kramer e Meijboom 2022, van Kraalingen 2023], essa abordagem destaca as mediações tecnológicas concretas e os múltiplos modos de uso dos artefatos (as chamadas multistabilidades), nos quais significados e funções variam conforme o contexto e a prática. No Design Especulativo, a pós-fenomenologia contribui ao evidenciar como diferentes configurações tecnológicas moldam experiências, percepções e relações humanas de forma situada, permitindo investigações críticas que abrem espaço para intervenções mais reflexivas e sensíveis aos valores e futuros implicados.

2.5. Design Especulativo

As abordagens teóricas discutidas anteriormente (Teoria Ator-Rede, Realismo Especulativo, Realismo Agencial e Pós-Fenomenologia) compartilham uma ontologia relacional e performativa que desafia a visão moderna, funcionalista e centrada no humano predominante no design computacional. Tais teorias vêm sendo cada vez mais mobilizadas em práticas especulativas que buscam imaginar e materializar futuros alternativos. Esta seção apresenta o Design Especulativo, destacando como ele se alinha às ontologias do emaranhado e como oferece um terreno fértil para articular tecnologia, ética e imaginação crítica.

O Design Especulativo [Dunne 2013] é uma abordagem que utiliza a criação de cenários futuros para provocar reflexões críticas sobre o presente e os rumos da sociedade tecnológica. Ao contrário do design tradicional, voltado à resolução imediata de problemas funcionais e de usabilidade, essa prática parte do princípio de que o design deve imaginar futuros alternativos, formular perguntas desconfortáveis e tornar visíveis as dimensões éticas, sociais e políticas das tecnologias emergentes.

Seu objetivo central é estimular o debate e expandir a imaginação coletiva em torno de tecnologias ainda inexistentes, mas possíveis. Por meio da criação de objetos [Wallace et al. 2018, Rafael et al. 2023], narrativas [Nägele et al. 2018], imagens ou performances que encenam futuros plausíveis, muitas vezes estranhos ou desconcertantes, o Design Especulativo convida o público a refletir sobre os valores, interesses e consequências que moldam as inovações.

As abordagens analisadas, i.e., TAR, OOO, Realismo Agencial e Pós-Fenomenologia, compartilham o compromisso com ontologias relacionais e pós-antropocêntricas. Ao rejeitarem dicotomias tradicionais entre sujeito e objeto, elas oferecem subsídios conceituais robustos para o Design Especulativo, permitindo explorar futuros tecnológicos a partir de perspectivas mais complexas, distribuídas e eticamente situadas. Essa fundamentação sustenta o presente estudo, voltado a mapear como tais teorias têm sido incorporadas na Computação para reimaginar ecossistemas sociotécnicos.

2.6. Trabalhos Relacionados

Os trabalhos relacionados apontaram diferentes lacunas a serem exploradas no escopo deste tema. Eriksson et al. (2024) investigaram como as perspectivas mais-que-humanas estão sendo aplicadas na pesquisa em HCI e ofereceram um panorama inicial, destacando tendências, lacunas e possibilidades futuras, sem tentar definir ou sistematizar rigidamente o conceito de “mais-que-humano” no contexto da IHC. O estudo destaca as perspectivas mais-que-humanas na área estão em formação e expansão, com abordagens variadas e ainda fragmentadas. O artigo conclui que as práticas de IHC mais-que-humanas podem contribuir com novos modos de escuta, cuidado e agência compartilhada entre humanos, tecnologias e o mundo natural.

Ikeya et al. (2025) analisaram 39 publicações acadêmicas sobre “estéticas mais-que-humanas” em dois estudos. O primeiro aborda as perspectivas críticas, onde foram identificadas três orientações: Sensações e experiências sensoriais de mais-que-humanas, Construção de sentido por meio de intra-ações mais-que-humanas e Provocações ético-políticas pós-humanas. E o segundo, realizou a análise dos artefatos de IHC/design envolvendo organismos vivos (exceto mamíferos e aves). O estudo conclui que a estética

no design com seres vivos está em transição, saindo do foco na forma e na experiência humana e caminhando para abordagens relacionais, sensoriais e éticas que consideram os mais-que-humanos. Também identifica que ainda há lacunas importantes, especialmente na articulação prática dessas estéticas na criação de artefatos.

Kneile et al. (2025) investigam como tecnologias pós-antropocêntricas podem ser projetadas para promover o engajamento entre humanos e a natureza. O estudo contribuiu significativamente ao campo de IHC ao mapear como artefatos tecnológicos podem mediar relações humano-natureza. Os autores também destacam que apesar deste campo ainda ser dominado por perspectivas antropocêntricas, há um movimento crescente de tentativa de descentralização do humano.

Por fim, Celik e Kaya (2025) realizaram uma revisão na área de *design futuring* e descrevem as questões sociotécnicas emergentes em torno deste tema, em direção ao design mais do que humano e ao design de transição.

Em comparação aos trabalhos relacionados, este estudo se diferencia ao se aprofundar na interseção específica de “Teorias do Emaranhado” e “Design Especulativo”. Enquanto os trabalhos relacionados exploram diferentes facetas do design mais-que-humano/pós-antropocêntrico (visão geral da área, estética, artefatos e estratégias), este estudo faz um mapeamento detalhado de como esses conceitos podem e deveriam ser aplicados para reimaginar ecossistemas sociotécnicos e futuros tecnológicos.

3. Método de Pesquisa

Esta pesquisa foi conduzida por meio de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), conforme as diretrizes SEGRESS (*Software Engineering Guidelines for Reporting Secondary Studies*) [Kitchenham et al. 2023], com adaptações para estudos de base conceitual e teórica com abordagem exploratória.

Optamos por um MSL, e não por uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), em razão da natureza exploratória do tema, da diversidade de abordagens teóricas envolvidas e do objetivo de classificar e analisar tendências e lacunas na apropriação das Teorias do Emaranhado em práticas de Design Especulativo.

As etapas do MSL seguiram um protocolo prévio definido pelos autores e compreendem: definição das perguntas de pesquisa; seleção das fontes de informação; definição dos critérios de inclusão e exclusão; processo de seleção e extração de dados; categorização temática e análise interpretativa. A seguir, descrevemos cada uma dessas etapas.

3.1. Planejamento

O planejamento do MSL consistiu na elaboração da questão de pesquisa, das bases de dados escolhidas para a realização da busca dos artigos e dos critérios de seleção dos trabalhos. O PICOC (*Population* - população, *Intervention* - intervenção, *Comparison* - comparação, *Outcome* - resultado, *Context* - contexto) foi utilizado como arcabouço conceitual, seguindo as instruções do estudo de [Budgen et al. 2007], de forma adaptada. A Tabela 2 apresenta os elementos definidos para cada um dos critérios. O PICOC apoiou na delimitação do escopo do MSL e estruturação das questões de pesquisa.

Tabela 2. Critérios PICOC para o estudo

| Item | Critério |
|-------------|---|
| População | Design especulativo |
| Intervenção | Teorias do emaranhado |
| Comparação | Não se aplica |
| Resultado | Padrões, benefícios, desafios, lacunas na literatura, metodologias e frameworks que conectam as teorias do emaranhado ao design especulativo na Computação. |
| Contexto | Computação (ou área tecnológica) |

3.1.1. Bases de Dados

Os artigos selecionados foram encontrados a partir de consultas em diferentes bases de dados. A Tabela 3 indica as bases de dados utilizadas neste Mapeamento, bem como o seu endereço eletrônico (URL).

Tabela 3. Bases de Dados Utilizadas para Seleção de Estudos

| Base de Dados | URL |
|-----------------------------|---|
| ACM Digital Library | http://portal.acm.org |
| IEEE Xplore Digital Library | http://ieeexplore.ieee.org |
| ISI Web of Science | http://www.isiknowledge.com |
| ScienceDirect | https://www.sciencedirect.com |
| Scopus | https://scopus.com |
| Springer Link | https://link.springer.com |

Vale destacar que também foi considerada a Biblioteca Digital da SBC (SOL), mas como demandou a tradução para o português e diversas combinações das palavras-chave, não tendo retornado nenhum resultado, preferimos não incluir como base utilizada.

3.1.2. Critérios de Seleção

Os critérios de seleção foram definidos para delimitar o escopo dos trabalhos a serem utilizados neste Mapeamento, sem deixar de atender aos critérios definidos pelo PICOC para responder às questões de pesquisa definidas. A Tabela 4 apresenta os critérios de seleção (inclusão(CI) e exclusão (CE)) determinados para este MSL.¹

Não foi conduzida avaliação formal da qualidade dos estudos primários, dado o caráter exploratório/qualitativo deste MSL; assim, todos os estudos elegíveis foram incluídos independentemente de *score* de qualidade.

3.2. Execução do Mapeamento Sistemático

Esta seção apresenta os itens necessários para a execução do MSL, a geração da *string* de busca e o processo de seleção dos estudos.

¹O artigo de Frauenberger (2019) foi um marco importante, pois consolidou o uso do termo teorias do emaranhado (*entanglement theories*) no contexto da IHC e do design, propondo um novo enquadramento ontológico e epistemológico para lidar com a complexidade sociotécnica contemporânea. A partir desse artigo, houve uma intensificação dos estudos que articulam essas teorias com o design especulativo. Deste modo, consideramos apenas artigos a partir de 2020.

Tabela 4. Critérios de Inclusão/Exclusão

| Critério | Descrição |
|----------|---|
| CI1 | Estudos que relacionam design especulativo com pelo menos uma teoria do emaranhado. |
| CI2 | Estudos que sejam publicados a partir do ano de 2020. |
| CI3 | Estudos que estejam no idioma inglês. |
| CI4 | Estudos com texto completo e acessível. |
| CI5 | Estudos que sejam revisados por pares (peer-reviewed). |
| CI6 | Estudos que sejam estudos primários. |
| CI7 | Estudos que sejam relacionados a tecnologias emergentes, sistemas de informação ou ciência da computação. |
| CE1 | Estudos anteriores ao ano de 2020. |
| CE2 | Estudos em idiomas que não sejam o inglês. |
| CE3 | Estudos que não abordam diretamente as teorias do emaranhado em design especulativo. |
| CE4 | Estudos que não se relacionam com tecnologia emergente, sistemas de informação ou ciência da computação. |
| CE5 | Não ser um estudo primário. |
| CE6 | Estudos que não são revisados por pares (peer-reviewed). |
| CE7 | Estudos sem texto completo acessível. |

3.2.1. String de Busca

A formulação prática da *string* de busca seguiu uma lógica temática combinatória. A *string* foi construída com base na interseção entre três conjuntos principais de termos: (i) teorias do emaranhado, (ii) design especulativo e (iii) área tecnológica (Computação, IHC, IA, etc.), conforme apresentada na Figura 1.

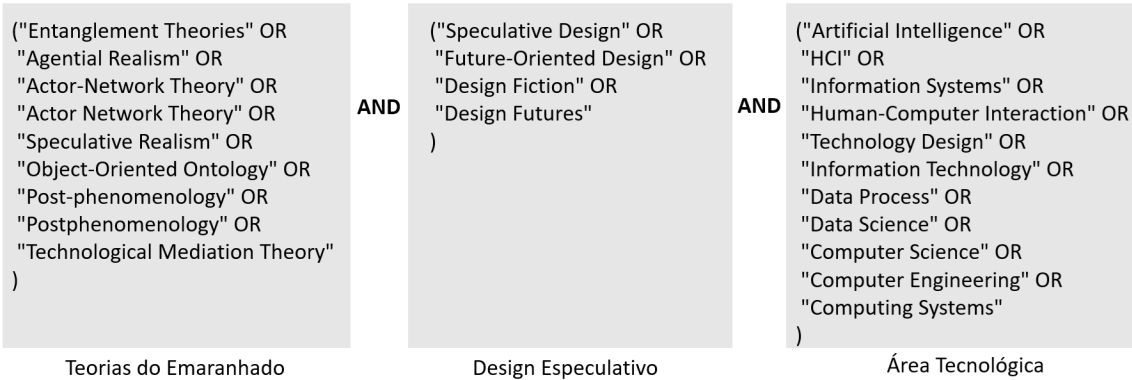


Figura 1. String de busca base

Essa estratégia de busca visou garantir alta especificidade, priorizando estudos que articulassem explicitamente essas três dimensões. Portanto, embora a abordagem metodológica se apoie nos princípios do PICOC, sua aplicação prática na construção da *string* foi via aplicação da regra de formação (População AND Intervenção AND Contexto), sendo que os resultados (O) foram explorados a partir da leitura dos trabalhos. Esse tipo de adaptação do PICOC é comum em mapeamentos qualitativos ou interdisciplinares, como indicado por Kitchenham (2022).

A *string* foi testada com um conjunto inicial de artigos [Kong et al. 2021, Stead e Coulton 2022, Bekker et al. 2023, Ståhl et al. 2022, Rozendaal et al. 2024], verificando-se sua adequação para este MSL.

3.2.2. Seleção dos Estudos

A string de busca foi executada no dia 28 de janeiro de 2025 em cada uma das bases de dados selecionadas. A base da *ACM Digital Library* retornou 91 estudos, a da *Springer Link* retornou 19 estudos, enquanto a Scopus e a ISI Web of Science retornaram 5 estudos cada. Apenas um estudo foi retornado pela base da *IEEE Xplore*, totalizando 121 estudos encontrados. Nenhum estudo foi retornado na execução da consulta na base da *Science Direct*. Após este passo, no mês de fevereiro de 2025, foi realizada a remoção dos estudos duplicados, eliminando 7 estudos. O passo seguinte consistiu em aplicar os critérios de seleção aos estudos, o que eliminou 74 estudos. Com os estudos restantes do passo anterior, foi realizada a leitura do título e resumo dos estudos, o que não eliminou nenhum estudo. Após esta etapa, a leitura completa dos estudos foi realizada e também não eliminou nenhum estudo. Ao final do processo, foram extraídos os dados dos 40 estudos, que foram mantidos neste MSL. A Figura 2 ilustra o processo de seleção dos estudos.

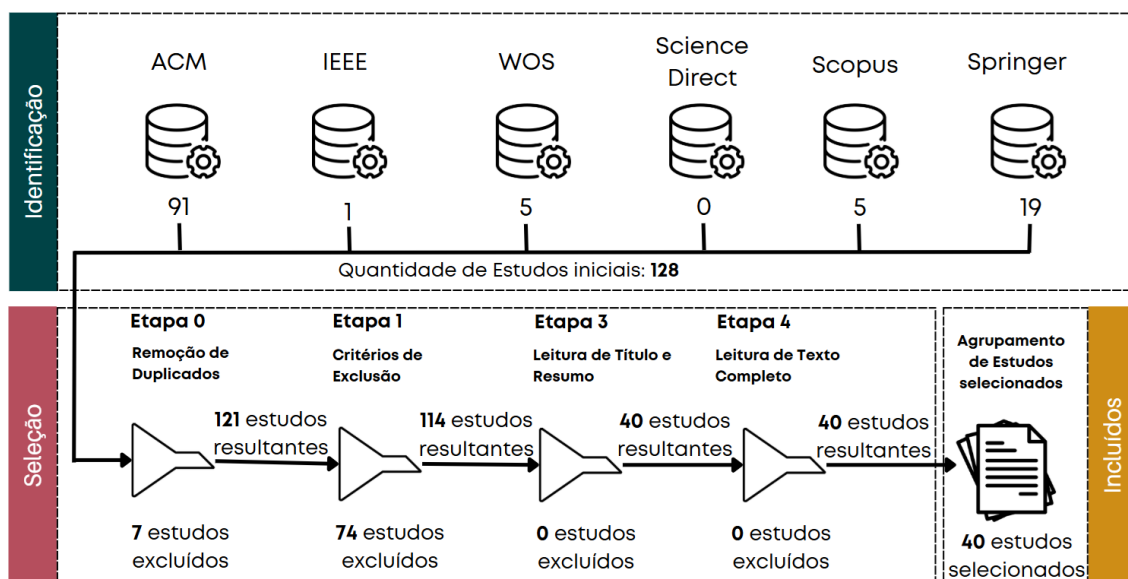


Figura 2. Resultado da condução da MSL

Para medir a concordância entre os pesquisadores com relação à inclusão/exclusão dos estudos, foi utilizado o coeficiente Cohen's Kappa [Cohen 1960]. Este processo visa auxiliar na medição da confiabilidade de itens qualitativos, a fim de obter o consenso do grupo com alguns estudos selecionados aleatoriamente. O índice de concordância obtido entre dois pesquisadores foi de 0,783, valor interpretado como substancial segundo a escala de [Landis e Koch 1977]. A partir desse resultado, os pesquisadores prosseguiram com a leitura e análise dos estudos de forma independente.

O aplicativo Parsif.al foi utilizado para apoiar todas as etapas do processo de Mapeamento Sistemático da Literatura, desde a definição do protocolo até a extração e organização dos dados. Esta ferramenta contribui para garantir a transparência e a reprodutibilidade do processo, ao permitir o rastreamento detalhado das decisões tomadas ao longo da revisão. A listagem completa dos estudos selecionados e o gráfico com a

distribuição dos estudos por ano, estão disponíveis no repositório Zenodo²

3.3. Extração e Análise dos Dados

Após a seleção final dos estudos, procedeu-se à extração e análise dos dados relevantes. Para cada artigo selecionado, foram extraídas informações como: dados bibliográficos (ano, autoria, país), teorias mobilizadas, práticas de design descritas, contextos computacionais de aplicação e formas de apropriação conceitual.

A categorização temática dos achados foi guiada tanto por essas perguntas quanto por procedimentos inspirados na Teoria Fundamentada [Noble e Mitchell 2016]. Inicialmente, um pesquisador realizou a codificação aberta dos estudos, identificando conceitos recorrentes (temas emergentes) a partir dos trechos textuais.

As categorias resultantes foram refinadas em ciclos sucessivos de discussão entre os autores, até a consolidação de um conjunto coerente de padrões e lacunas conceituais.

Essa abordagem interpretativa permitiu identificar modos recorrentes de apropriação das teorias, articulações com práticas especulativas e tensões epistemológicas nas proposições analisadas.

3.4. Ameaças à Validade

Esta pesquisa está sujeita a ameaças à validade típicas de Mapeamentos Sistemáticos da Literatura (MSL), que buscamos mitigar por meio de estratégias metodológicas específicas. Por se tratar de um MSL, não realizamos avaliação da qualidade metodológica dos estudos nem comparação entre resultados empíricos, o que restringe a possibilidade de generalizações. Entretanto, observa-se que as bases incluídas nesta pesquisa indexam eventos e periódicos com revisão por pares e de boa qualidade.

Quanto à **validade interna**, destacamos o risco de **viés de seleção**, principalmente pela possibilidade de que estudos relevantes não tenham sido recuperados pelas estratégias de busca. Um exemplo é a exclusão de publicações anteriores a 2020, justificada pelo entendimento de que o campo só começou a ser consolidado a partir desse período. Outros exemplos são bases de dados utilizadas, a string de busca e a seleção realizadas por mais de uma pessoa. Para mitigar esse viés, utilizamos múltiplas bases de dados e realizamos a triagem com dois revisores independentes, calculando a concordância por meio do coeficiente Kappa de Cohen.

Em relação ao **viés de classificação**, adotamos um processo de codificação colaborativa das categorias analíticas, com revisões iterativas entre os autores, a fim de reduzir interpretações individuais e promover maior consistência na categorização.

No que diz respeito à **validade externa**, os resultados obtidos refletem majoritariamente estudos indexados em bases internacionais e publicados em inglês, o que pode limitar a diversidade epistemológica e cultural do corpus analisado. Para atenuar essa limitação, recomendamos que estudos futuros considerem a inclusão de literatura cinzenta e publicações em outros idiomas, de modo a ampliar o escopo e a representatividade dos achados.

²Repositório no Zenodo com a lista completa dos estudos selecionados e o gráfico com a distribuição anual das publicações: <https://zenodo.org/records/15832497>.

4. Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os resultados do Mapeamento Sistemático da Literatura, acompanhados de uma discussão aprofundada, organizados conforme as perguntas de pesquisa estabelecidas na Tabela 1.

4.1. Teorias do Emaranhado com Design Especulativo na Computação

A Tabela 5 apresenta uma síntese dos modos pelos quais diferentes Teorias do Emaranhado têm sido incorporadas ao Design Especulativo no contexto da Computação. Os resultados evidenciam que cada teoria oferece contribuições distintas para o aprofundamento e a diversificação das práticas especulativas na área.

Tabela 5. Exploração de Teorias do Emaranhado com Design Especulativo

| Relação | Exploração | Estudos |
|---|--|--|
| Pós-Fenomenologia e Design Especulativo | Especulação material e coespeculação em consonância com compromissos pós-fenomenológicos para investigar as relações humanas | [Forlano e Halpern 2023, Wakkary et al. 2022] |
| | Articulação de noções mais expansivas e pluralistas de relações | [Wakkary et al. 2022] |
| | Definição de <i>affordances</i> agenciais e interativas | [Kimura e Nakajima 2023] |
| OOO e Design Especulativo | <i>Design fiction</i> para explorar perspectivas orientadas a objetos para projetar sistemas como a Internet das Coisas | [Akmal e Coulton 2020] |
| | Metaprobes informados por OOO, como extensão das sondagens de design | [Encinas et al. 2020, Kong et al. 2021] |
| | Questionamento da compreensão ontológica de objetos ficcionais | [Encinas et al. 2020, Coulton et al. 2024] |
| ANT e Design Especulativo | Considerar artefatos computacionais e algoritmos como atores | [Bekker et al. 2023, Busboom 2023, Encinas et al. 2020] |
| | Abordagem de pesquisa por meio do design com métodos de futurização de design TAR como design orientado por metáforas | [Busboom 2023] [Encinas et al. 2020, Coulton et al. 2024] |
| Realismo agencial e Design Especulativo | Desafiando visões dualistas e enfatizando a elevada agência de atores não humanos em intra-ações com humanos | [Bekker et al. 2023, Rozendaal et al. 2024, Kong et al. 2021, Lazar et al. 2021] |
| | Encenações (<i>enactments</i>) especulativas para investigar experiências e preocupações sociais com realidades alternativas com tecnologias | [Kong et al. 2021, Rozendaal et al. 2024, Wakkary et al. 2022, Dörrenbächer et al. 2023] |
| | Uso da análise difrativa | [Encinas et al. 2020, Forlano e Halpern 2023, Wakkary et al. 2022] |

A Pós-Fenomenologia contribui enfatizando as mediações tecnológicas nas relações entre humanos e artefatos e favorecendo práticas especulativas centradas nas experiências vividas e nas capacidades relacionais das tecnologias. Na interlocução entre “Pós-Fenomenologia e Design Especulativo”, destaca-se a Teoria da Mediação Tecnológica (TMT) [Verbeek 2005], que sustenta práticas de coespeculação e de *worlding*³ [Haraway 2016], enfatizando as possibilidades de ação que emergem de relações co-constitutivas entre humanos e tecnologias (*affordances* agenciais) [Kimura e Nakajima 2023].

³*Worlding* é um conceito que propõe compreender o mundo não como algo fixo e estável, mas como um verbo, ou um processo contínuo de mundificação.

Já a articulação entre “OOO e DE”, contribui na exploração de camadas ocultas dos sistemas técnicos por meio de *design fiction* e ferramentas especulativas. Soma-se a isso, o uso de *metaprobes*⁴ [Encinas et al. 2020], sondagens especulativas informadas pela OOO, que operam como dispositivos de investigação ontológica ao explorar a existência e a agência dos objetos para além de suas funções instrumentais [Encinas et al. 2020, Coulton et al. 2024]. Essas práticas visam performar ontologias alternativas e instaurar novas formas de existir no e com o mundo.

Já a presença da TAR nos estudos de Design Especulativo se manifesta em três níveis: (i) o reconhecimento da agência de artefatos computacionais [Bekker et al. 2023], legitimando a agência dos não humanos ao considerar artefatos e algoritmos como atores nas redes sociotécnicas; (ii) a mobilização como estrutura teórica complementar nas relações sociotécnicas para orientação de métodos especulativos [Busboom 2023] e; (iii) o uso metafórico como estrutura narrativa e crítica [Encinas et al. 2020, Coulton et al. 2024]. Ainda que conceitualmente relevante, a TAR tem sido pouco mobilizada em sua dimensão metodológica descritiva. Observa-se, por exemplo, a ausência do uso de instrumentos próprios da TAR, como as cartografias de controvérsias⁵ [Venturini e Munk 2022], que poderiam aprofundar a análise das redes sociotécnicas.

Já o Realismo Agencial tem sido mobilizado em encenações especulativas e análise difrativa⁶ [Barad 2007, Forlano e Halpern 2023] como formas de investigar como intra-ações entre humanos e tecnologias performam realidades alternativas, amplificando visões distintas de fenômenos sociotécnicos. Embora o Realismo Agencial tenha emergido como referencial, devido à complexidade teórica, conceitos como intra-ação e análise difrativa ainda estão sendo mobilizados de forma parcial ou implícita. Observa-se, no entanto, um movimento de amadurecimento conceitual em direção à incorporação mais robusta dessa abordagem.

4.2. Categorias Metodológicas e Ferramentas usadas na articulação entre Teorias do Emaranhado e Design Especulativo

A Tabela 6 organiza os métodos e abordagens identificados nos estudos mapeados, agrupando-os em três grandes categorias.

A primeira categoria refere-se aos **métodos participativos e colaborativos**, caracterizados pelo envolvimento direto de múltiplos *stakeholders* na construção de futuros especulados. Esses métodos valorizam a horizontalidade, o engajamento coletivo e a experimentação situada, criando espaços compartilhados para a emergência de vozes diversas e relações mais-que-humanas. Nessa categoria, emergem abordagens como o Design Participativo e o co-design, que promovem a coespeculação em contextos imersivos e situados. Em Wakkary et al. (2022), por exemplo, a relação prolongada entre *designers*, filósofos e o artefato especulativo *Tilting Bowl* permite a emergência de vínculos ontoafetivos não antropocêntricos. Já em Busboom (2023), o Design

⁴*Metaprobes* são objetos para investigação metafísica, ou artefatos desenvolvidos para revelar tensões, valores e imaginários em torno das tecnologias especuladas.

⁵Cartografias de Controvérsias são métodos de investigação na TAR que mapeiam disputas e negociações em torno de temas ainda instáveis, revelando como diferentes actantes constroem sentidos, alianças e conflitos ao longo do tempo.

⁶Análises difrativas, do ponto de vista sociomaterial, promovem o entendimento de que ideias, práticas e fatos são efeitos de agenciamentos e teias de relações entre atores humanos e não humanos.

Tabela 6. Métodos e Abordagens em Estudos com Design Especulativo

| Tipo | Método ou Abordagem | Estudos |
|------------------------------|---------------------------------------|--|
| Colaborativo / Participativo | Design Participativo (DP) | [Wakkary et al. 2022, Busboom 2023] |
| | Co-design | [Kang et al. 2022, Garg e Cui 2022] |
| | Futurização Participativa | [Busboom 2023] |
| | Oficinas | [Key et al. 2022, Forlano e Halpern 2023, Key et al. 2022, Benjamin et al. 2023] |
| Analítico | Análise Temática | [Ståhl et al. 2022, Rajcic e McCormack 2023] |
| | Leitura Minuciosa | [Wakkary et al. 2022] |
| | Diagrama de Afinidades | [Lazar et al. 2021] |
| | Teoria Fundamentada | [Lazar et al. 2021] |
| | Análise Difrativa | [Rajcic e McCormack 2023, Key et al. 2022, Lazar et al. 2021, Homewood et al. 2021] |
| Especulativo | Design Especulativo | [Rajcic e McCormack 2023, Stead et al. 2022] |
| | Design Fiction | [Rajcic e McCormack 2023, Stead et al. 2022, Forlano e Halpern 2023] |
| | Fabulação Especulativa | [Stead e Coulton 2022, Søndergaard et al. 2023] |
| | Pensamento/Ações Contrafactuais | [Forlano e Halpern 2023] |
| | Metaprobos | [Encinas et al. 2020] |
| | Especulação Material e Co-Especulação | [Wakkary et al. 2022] |
| | Futuros Experimentais Etnográficos | [Busboom 2023] |
| | Research through Design (RtD) | [Forlano e Halpern 2023, Coulton et al. 2024, Benjamin et al. 2023, Kimura e Nakajima 2023, Dörrenbächer et al. 2023, Encinas et al. 2020] |

Especulativo é articulado ao *foresight* estratégico⁷ para imaginar futuros do trabalho híbrido em oficinas com múltiplas iterações. Outros estudos, como em Kang et al. (2022) e Garg and Cui (2022), destacam o papel do co-design na experimentação material situada e na mediação de conflitos e valores sociotécnicos.

A segunda categoria engloba os **métodos analíticos**, que operam na interpretação dos dados gerados ao longo dos processos participativos e especulativos. Esses métodos ajudam a revelar padrões, relações e tensões nos materiais produzidos, contribuindo para a compreensão crítica das intra-ações sociotécnicas. No entanto, as abordagens analíticas identificadas nos estudos demonstram uma recusa da verificação empírica como critério central, priorizando métodos que capturam os efeitos discursivos, afetivos e materiais das práticas especulativas. Neste grupo, a análise temática [Ståhl et al. 2022, Rajcic e McCormack 2023] é usada para mapear sentidos emergentes em interações com artefatos especulativos, enquanto a leitura minuciosa [Wakkary et al. 2022] e os diagramas de afinidades [Lazar et al. 2021] operam como estratégias para desdobrar as camadas simbólicas e relacionais desses artefatos. Destaca-se ainda o uso da análise difrativa [Key et al. 2022, Homewood et al. 2021], ancorada no Realismo Agencial [Barad 2007], que permite investigar interferências entre práticas, discursos e materialidades sem recorrer à lógica representacional, compreendendo os fenômenos como encenações, nas quais a performatividade dos arranjos sociotécnicos atua como lente ético-ontoepistêmica para encenar tanto realidades existentes quanto cenários especulativos.

Por fim, os **métodos especulativos** dizem respeito às estratégias voltadas à criação de futuros possíveis ou realidades alternativas, compondo o núcleo ontoepistêmico do

⁷ *Foresight* estratégico é uma competência organizacional que permite detectar mudanças descontínuas no ambiente externo, interpretar suas implicações para a organização e formular respostas estratégicas eficazes, mantendo uma visão de futuro coesa e funcional [Kononiuk et al. 2017]

Design Especulativo. O *Research through Design* (RtD) se consolida como uma prática de produção de conhecimento por meio do ato de projetar [Forlano e Halpern 2023, Coulton et al. 2024]. Estudos, como os de Benjamin et al. (2023) e Dorrenbacher et al. (2023), utilizam o RtD para explorar experiências mais-que-humanas, mediadas por artefatos interativos ou ambientes performativos. O *Design Fiction* [Stead e Coulton 2022, Rajcic e McCormack 2023], por sua vez, enfatiza a criação de narrativas ficcionais que tornam tangíveis futuros especulados e provocam reflexão crítica, muitas vezes por meio de mídias visuais e textuais. A Fabulação Especulativa, influenciada pela filosofia de Haraway (2013), aparece em Søndergaard et al. (2023) e Stead and Coulton (2022) como prática narrativa e performativa que desestabiliza normatividades e propõe visões de mundo híbridas e não lineares. Por sua vez, o pensamento contrafactual, presente em Forlano and Halpern (2023), é mobilizado para tensionar pressupostos naturalizados e imaginar futuros alternativos por meio de perguntas do tipo “e se...?”.

Entre as práticas emergentes, destacam-se os Futuros Etnográficos Experimentais [Busboom 2023], que articulam especulação crítica com experiências comunitárias e cotidianos locais, assim como os *metaprobes* [Encinas et al. 2020], artefatos provocativos que funcionam como sondas materiais para revelar tensões, valores e imaginários em torno das tecnologias especuladas. A especulação material e a co-especulação [Wakkary et al. 2022] mudam o foco da representação para a encenação, permitindo que os próprios artefatos participem da produção especulativa de conhecimento.

Complementando esse panorama, a Tabela 7 identifica um conjunto diverso de ferramentas e artefatos especulativos.

Tabela 7. Ferramentas e Artefatos Metodológicos

| Ferramenta/Artefato | Descrição/Estudo |
|--|---|
| Metaprobes culturais | Instrumentos criativos para estimular a reflexão dos participantes em processos de design. [Yamada-Rice e Dare 2023] |
| Cartas (<i>cards</i>) de design | Cartas físicas usadas para guiar co-design e fomentar discussões colaborativas. [Garg e Cui 2022], [Tholander e Jonsson 2023] |
| Portfólios anotados | Coleções de artefatos com anotações que comunicam conhecimento gerado em projetos de design. [Kimura e Nakajima 2023] |
| Objetos limítrofes (<i>boundary objects</i>) | Artefatos que facilitam a coordenação entre grupos com visões distintas. [Busboom 2023] |
| Taxonomias/ <i>Frameworks</i> | Estruturas conceituais para categorizar fenômenos em domínios específicos, como a AR. [Ambe et al. 2023] |

Esses Instrumentos possibilitam o engajamento de múltiplos atores em processos especulativos mediados por artefatos. Enquanto *Metaprobes* Culturais instigam a reflexão criativa e subjetiva dos participantes [Yamada-Rice e Dare 2023], as Cartas de Design funcionam como suportes materiais para orientar dinâmicas de co-design e fomentar a negociação de valores e visões de mundo [Garg e Cui 2022, Tholander e Jonsson 2023]. Já os Objetos Limítrofes, permitem que grupos com visões epistemológicas distintas colaborem sem necessariamente convergir sobre significados fixos [Busboom 2023]. Os Portfólios anotados [Kimura e Nakajima 2023], por sua vez, documentam os artefatos, os conhecimentos e as interpretações, atuando como registros interpretativos de mundos especulados sob uma perspectiva pós-fenomenológica. Por fim, as taxonomias e *frameworks* conceituais funcionam como operadores semânticos que organizam a

complexidade dos fenômenos investigados, como os efeitos da mediação na experiência humano-mundo operada por realidade aumentada [Ambe et al. 2023].

4.3. Lacunas e Tendências na Articulação entre Teorias do Emaranhado e Design Especulativo

A Tabela 8 organiza os principais achados relativos às lacunas e tendências na articulação entre as Teorias do Emaranhado e o Design Especulativo na Computação.

Tabela 8. Lacunas e Tendências na Integração entre Teorias do Emaranhado e Design Especulativo

| Tipo | Descrição | Estudos |
|------------|--|---|
| Lacunas | Conceitos Derivados do Design/IHC | [Wakkary et al. 2022] |
| | Engajamento Teórico e Prático Abrangente com IA | [Benjamin et al. 2023] |
| | Integração de Ética na Educação de Design | [Forlano e Halpern 2023], [Homewood et al. 2021] |
| | Métodos de Design para “Corpos Mais-que-Humanos” | [Homewood et al. 2021] |
| | Currículos Focados em Design Futures | [Forlano e Halpern 2023] |
| Tendências | Integração Crescente de Teorias do Emaranhado | [Dörrenbächer et al. 2023], [Bekker et al. 2023], [Calderwood 2024], [Encinas et al. 2020] |
| | Design Como Investigação Teórica | [Forlano e Halpern 2023] |
| | Foco em Ética e Política no Design | [Homewood et al. 2021], [Henry 2024] |
| | Uso de Design Fiction e RtD Especulativo | [Benjamin et al. 2023], [Dörrenbächer et al. 2023], [Encinas et al. 2020] |
| | Revisitação de Modelos Existentes | [Henry 2024] |
| | Exploração da Co-criação com IA Não-Humana | [Tholander e Jonsson 2023] |
| | Foco em Design Educacional Crítico | [Forlano e Halpern 2023], [Bekker et al. 2023] |

Wakkary et al. (2022) aponta dificuldades epistemológicas e terminológicas na incorporação de fundamentos filosóficos externos ao repertório do Design/IHC, ainda marcado por lógicas funcionalistas e centradas na usabilidade. O estudo de Benjamin et al. (2023) evidencia uma lacuna significativa no engajamento crítico e abrangente com tecnologias de inteligência artificial, especialmente no contexto do *design*. Embora sistemas baseados em Inteligência Artificial (IA), como modelos de síntese de imagem, estejam amplamente disseminados em aplicações cotidianas, seu papel na mediação das experiências humanas de realidade permanece subexplorado. Além disso, observam que a pesquisa em design ainda trata a IA predominantemente como ferramenta ou recurso explicativo, negligenciando seu potencial como material especulativo e epistemologicamente ativo.

Por fim, o estudo de Homewood et al. (2021) denuncia lacunas na educação em *design* no que tange à formação ética dos futuros profissionais. Apesar da crescente complexidade dos sistemas sociotécnicos, as práticas educacionais ainda priorizam competências técnicas e antropocêntricas, negligenciando abordagens que promovam o pensamento crítico, a sensibilidade ecológica e a responsabilidade social. Forlano e Halpern (2023) aprofundam essa crítica, ao apontarem que o Design Especulativo, na sua vertente mais difundida, tende a criar artefatos hipotéticos desvinculados de realidades sociopolíticas concretas, negligenciando o papel do design como prática situada e eticamente responsável. A ausência de literacias para futuros éticos revelam

a urgência de reconfigurar os currículos na área da Computação, especialmente em IHC, para incluir práticas especulativas, participativas e pós-humanas.

Em contraste, emergem tendências que buscam enfrentar esses desafios. Uma delas é a integração crescente das Teorias do Emaranhado na IHC e no Design Especulativo através da adoção de abordagens pós-humanistas, multi-espécie e performativas [Dörrenbächer et al. 2023, Calderwood 2024, Bekker et al. 2023]. Essa direção se materializa em práticas como os “protocolos performativos”, que acolhem a indeterminação e reconhecem a agência distribuída como base ética do design com IA [Calderwood 2024]. O uso de *design fiction* e abordagens especulativas de RtD também se consolida como um meio de problematizar ecossistemas sociotécnicos complexos, embora autores como Henry (2024) alertem para seu esvaziamento crítico quando apropriadas de forma instrumental. Em resposta, observa-se um movimento de reinterpretação desses modelos sob óticas pós-antropocêntricas. Além disso, há um impulso crescente por uma reorientação educacional crítica, que valorize currículos mais sensíveis à especulação, à ética situada e à complexidade ontológica dos sistemas sociotécnicos [Forlano e Halpern 2023, Bekker et al. 2023]. Por fim, a inteligência Artificial Generativa (IAGen) surge como um vetor de transformação, atuando como ferramenta e agente coautor no processo criativo, provocando uma reconfiguração do papel dos não humanos no *design* [Tholander e Jonsson 2023].

4.4. Benefícios e Desafios na incorporação das Teorias do Emaranhado no Design Especulativo para a área tecnológica

A combinação entre Teorias do Emaranhado e Design Especulativo na área tecnológica (especialmente IHC), pode trazer um conjunto distinto de desafios, apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Desafios na Integração entre Teorias do Emaranhado e Design Especulativo

| Desafio | Estudo |
|---|---|
| Complexidade e Abstração | [Bekker et al. 2023] |
| Dificuldade na Implementação e Avaliação | [Kimura e Nakajima 2022], [Forlano e Halpern 2023] |
| Questões de Representação e Agência | [Bekker et al. 2023] |
| Definição de Responsabilidade | [Ståhl et al. 2022], [Bekker et al. 2023], [Homewood et al. 2021] |
| Necessidade de Novas Habilidades e Educação | [Forlano e Halpern 2023], [Homewood et al. 2021] |
| Risco de Marginalização | [Forlano e Halpern 2023], [Henry 2024] |
| Lidar com Desequilíbrios de Poder | [Benjamin et al. 2023] |

Um dos principais desafios reside na complexidade e abstração dessas teorias, o que dificulta operacionalização em contextos educacionais ou práticos [Bekker et al. 2023]. Outro desafio reside na representação da agência de entidades mais-que-humanas, como algoritmos, bactérias, florestas ou sensores, sem recorrer a metáforas antropocêntricas que projetam qualidades humanas sobre esses agentes, ou a práticas que simplesmente os tornam invisíveis no processo de design [Bekker et al. 2023].

É justamente nesse ponto que emerge o desafio ético da “definição de responsabilidade” [Ståhl et al. 2022, Bekker et al. 2023, Homewood et al. 2021]. Ao imaginar futuros especulativos, quem é responsável pelas visões projetadas? Quem é incluído ou excluído desses futuros? Ståhl et al. (2022) chamam a atenção para o risco

de a coespeculação negligenciar os impactos reais que certas visões de mundo podem reforçar. No caso do risco de marginalização, Forlano and Halpern (2023) destacam que certas práticas de *design*, mesmo movidas por boas intenções, podem acabar silenciando vozes e experiências que escapam aos padrões normativos dominantes, como as de pessoas com deficiência, populações racializadas ou grupos historicamente excluídos.

Este problema se intensifica no contexto de tecnologias algorítmicas, que operam sob pretensões de neutralidade, mas podem intensificar desigualdades e assimetrias de poder [Benjamin et al. 2023]. Isso exige que o *design* repense seu papel como mediador de mundos múltiplos e assimétricos, acolhendo formas de agência não-humanas de maneira mais cuidadosa.

É diante dos desafios apresentados que Forlano e Halpern (2023) e Homewood et al. (2021) defendem a reformulação dos currículos e das práticas pedagógicas em *design*, com ênfase no desenvolvimento de habilidades críticas, especulativas e relacionais. No entanto, esse movimento enfrenta um obstáculo significativo: a dificuldade de traduzir as Teorias do Emaranhado para práticas educativas sem reduzir sua complexidade ontológica ou instrumentalizá-las de forma superficial [Bekker et al. 2023].

Superar os desafios apontados abre espaço para uma série de benefícios, destacados na Tabela 10.

Tabela 10. Benefícios da Integração entre Teorias do Emaranhado e Design Especulativo

| Benefício | Justificativa |
|---|---|
| Profundidade Teórica | Oferece uma base ontológica e epistemológica robusta para compreender as relações entre humanos, tecnologias e mundo como intra-ações dinâmicas e não binárias. |
| Expansão do Escopo do Design | Amplia o foco do design para incluir sistemas sociotécnicos inteiros e agentes não-humanos, abrindo novos campos de especulação. |
| Crítica e Reflexão Aprimoradas | Permite expor valores, pressupostos e impactos sociotécnicos invisibilizados, aprofundando a criticidade do design. |
| Geração de <i>Insights</i> Éticos e Políticos | Ajuda a formular novas perguntas éticas e abordagens políticas ao revelar a agência distribuída e as relações interdependentes. |
| Potencial para Colaboração Interdisciplinar | Facilita o diálogo entre áreas como filosofia, arte, ciência e tecnologia, enriquecendo práticas e perspectivas de design. |
| Reformulação da Noção de Sucesso/Falha | Reformula o entendimento de falhas como efeitos de tensões sociomateriais complexas, e não como ausências a serem corrigidas. |

Em primeiro lugar, promove-se um aprofundamento teórico, ao permitir que o *design* se apoie em epistemologias que reconhecem a intra-ação entre humanos, tecnologias e ambientes. Assim, as próprias metodologias, ferramentas e *frameworks* de *design*, as intenções dos facilitadores e as dinâmicas conduzidas em atividades especulativas participam ativamente da constituição dos sentidos, dos ecossistemas sociotécnicos projetados e das agências envolvidas. Esse reconhecimento torna o Design Especulativo mais atento às condições materiais-discursivas que moldam os processos de imaginação, reflexão e criação.

Em segundo lugar, ocorre uma expansão do escopo do *design*, que passa a considerar não apenas usuários humanos, mas também agentes não-humanos, sistemas e infraestruturas [Forlano e Halpern 2023, Bekker et al. 2023]. Essa ampliação na visibilização de outros agentes refina a capacidade crítica e reflexiva do *design*, ao expor valores implícitos, pressupostos naturalizados e silenciamentos nas práticas tecnológicas

[Bekker et al. 2023, Forlano e Halpern 2023, Wakkary et al. 2022], além de desnudar as camadas normativas que moldam os artefatos e os sistemas computacionais ao revelar como certas visões de mundo são privilegiadas enquanto outras são excluídas. Com isso, surgem novos *insights* éticos e políticos [Homewood et al. 2021, Henry 2024], fundamentais para imaginar futuros mais justos e responsivos à diversidade de experiências e existências, especialmente no contexto de agências mais-que-humanas.

Além disso, essa abordagem favorece a colaboração interdisciplinar, promovendo diálogos produtivos entre computação, filosofia, artes e ciências humanas [Calderwood 2024, Dörrenbächer et al. 2023], ampliando a potência heurística do *design* e estimulando a criação de metodologias híbridas capazes de lidar com a complexidade sociotécnica dos ecossistemas contemporâneos.

Por fim, a articulação entre Teorias do Emaranhado e Design Especulativo reformula o entendimento de sucesso e falha: ao invés de buscar corrigir erros segundo métricas tradicionais, o *design* passa a valorizar os aprendizados que emergem de tensões sociomateriais, ambiguidade e indeterminação, elementos constitutivos das realidades em que intervém [Kimura e Nakajima 2022, Forlano e Halpern 2023].

5. Conclusão

Este MSL investigou a interseção entre as Teorias do Emaranhado e as práticas de Design Especulativo no campo tecnológico, com foco na Computação e, especialmente, na IHC. O estudo se alinha ao GC1: Novas Abordagens Teóricas e Metodológicas em IHC [da Silva Junior et al. 2024], ao apresentar um panorama inédito sobre como tais teorias têm sido mobilizadas, ou frequentemente mal integradas, em práticas especulativas. A sistematização dessas articulações oferece uma base conceitual para pesquisadores interessados em aplicar essas abordagens em projetos voltados a tecnologias emergentes, reforçando seu embasamento crítico e epistemológico. A organização dos achados em quadros e categorias constitui um instrumento de consulta útil, que permite orientar intervenções especulativas, informar pesquisas futuras e evitar equívocos teóricos recorrentes.

Embora este mapeamento traga contribuições relevantes, suas limitações abrem caminhos importantes para estudos futuros. A exclusão de trabalhos anteriores a 2020, o foco em publicações em inglês e a delimitação a trabalhos da área tecnológica restringem a diversidade epistemológica-metodológica. Pesquisas futuras podem ampliar esse escopo, incorporando literatura cinzenta, produções em outros idiomas e contribuições de comunidades acadêmicas sub-representadas.

A análise dos 40 estudos indicou que, apesar das convergências ontológicas e epistemológicas entre as Teorias do Emaranhado e o Design Especulativo, sua articulação ainda é incipiente, com lacunas conceituais, metodológicas e pedagógicas. Avanços nessa área dependem da formulação de *frameworks* integradores que articulem teorias, práticas de *design* e tecnologias emergentes, com foco em intervenções situadas e eticamente orientadas. Neste sentido, uma agenda de pesquisa promissora inclui a investigação de formas de traduzir constructos filosóficos em práticas de *design* comprometidas com valores éticos, políticos e ontológicos. Destaca-se a necessidade de aprofundar abordagens ainda pouco exploradas, como o uso de cartografias de controvérsias inspiradas na TAR e a aplicação sistemática de conceitos do Realismo

Agencial, como intra-ação e análise difrativa. Essas estratégias podem enriquecer os modos de descrição e análise dos fenômenos, contribuindo para entendimentos mais aprofundados das mediações tecnológicas.

Complementarmente, sugere-se o fortalecimento de pedagogias críticas voltadas à formação de profissionais capazes de atuar em ecossistemas marcados pela complexidade e incerteza, promovendo práticas de *design* sensíveis à diversidade ontológica dos futuros imaginados, bem como ao desenvolvimento de tecnologias mais éticas e responsivas.

Cuidados Éticos

De acordo com o Art. 1º da Resolução 510/2016, projetos de pesquisa que envolvem mapeamento sistemático da literatura não necessitam de submissão para apreciação ética ao sistema CEP-CONEP. Assim, o procedimento de pesquisa descrito neste artigo não foi submetido nem aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Ressalta-se, entretanto, que o MSL foi conduzido observando rigorosamente os cuidados éticos quanto à transparência e à reprodutibilidade, bem como ao respeito aos direitos autorais, à propriedade intelectual e ao tratamento adequado dos dados.

Agradecimentos

Este estudo contou com ferramentas de inteligência artificial para apoiar a revisão e refinamento textual. O estudo foi parcialmente financiado pelo CNPq (Proc. 305436/2021-0), pela FAPERJ (Proc. E-26/210.792/2024), pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) através do Programa de Apoio à Disseminação de Informação Científica e Tecnológica (PADICT) e do Portal de Periódicos da CAPES, Código de Financiamento 001 e pela UNIRIO.

Referências

- Ahmed, S., Coole, D., e Frost, S. (2010). New materialisms: Ontology, agency, and politics. In *New Materialisms: Ontology, Agency, and Politics*, pages 234–258. Duke University Press Durham.
- Akmal, H. e Coulton, P. (2020). The divination of things by things. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–12.
- Alderson-Bythell, L., Carter, D., Geaney, V., Tan, J., Broach, Z., e Toomey, A. (2023). Agental digital materials: A fashion and textile perspective. *TEXTILES INTERSECTIONS* 23.
- Ambe, A. H., Brown, R., Türkay, S., Harman, J., e Soro, A. (2023). Multifocal realities with augmenting reality: An exploratory study with older creative writers. In *Proceedings of the 35th Australian Computer-Human Interaction Conference*, pages 399–414.
- Andrade, Y., Pimenta, M., Amarante, G., Faria, A. H., Vilas-Boas, M., da Silva, J. P., Rocha, F., da Silva, J., Meira Jr, W., Teodoro, G., et al. (2024). A descriptive and predictive analysis tool for criminal data: A case study from brazil. In *International Conference on Computational Science and Its Applications*, pages 151–169. Springer.
- Barad, K. (2007). *Meeting the universe halfway: Quantum physics and the entanglement of matter and meaning*. duke university Press, 2nd printing edition.

- Barad, K. (2014). Diffracting Diffraction: Cutting Together-Apart. *Parallax*, 20(3):168–187.
- Bekker, T., Eriksson, E., Foug, S. S., Hansen, A.-M., Nilsson, E. M., e Yoo, D. (2023). Challenges in teaching more-than-human perspectives in human-computer interaction education. In *Proceedings of the 5th Annual Symposium on HCI Education*, pages 55–58.
- Benjamin, J. J., Biggs, H., Berger, A., Rukanskaitė, J., Heidt, M. B., Merrill, N., Pierce, J., e Lindley, J. (2023). The entoptic field camera as metaphor-driven research-through-design with ai technologies. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–19.
- Blok, V. (2023). *Philosophy of technology in the digital age: the datafication of the world, the homo virtualis, and the capacity of technological innovations to set the World free*. Wageningen University & Research.
- Budgen, D., Kitchenham, B., Charters, S., Turner, M., Brereton, P., e Linkman, S. (2007). Preliminary results of a study of the completeness and clarity of structured abstracts. In *11th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE)*. BCS Learning & Development.
- Busboom, J. B. (2023). The futures of hybrid work-participatory futuring in practice. In *Companion Proceedings of the 2023 ACM International Conference on Supporting Group Work*, pages 48–50.
- Calderwood, A. (2024). Designing for posthuman critical literacy. In *Proceedings of the Third Workshop on Intelligent and Interactive Writing Assistants*, pages 65–68.
- Celik, A. T. e Kaya, C. (2025). Reviewing the expansion in design futuring research: Emergent concepts around speculative design and design fiction. *Futures*, 171:103615.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1):37–46.
- Coulton, P., Pilling, M., Stead, M., Crabtree, A., Chamberlain, A., e Sailaja, N. (2024). Designing prosocial more-than-human rhetoric within experiential futures. In *Proceedings of the 27th International Academic Mindtrek Conference*, pages 36–45.
- da Silva Junior, D. P., Alves, D. D., Carneiro, N., Matos, E. d. S., Baranauskas, M. C. C., e Mendoza, Y. L. M. (2024). Grandihc-br 2025-2035-gc1: New theoretical and methodological approaches in hci. In *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–31.
- Dijkstra, E. W. (1976). *A discipline of programming*. Prentice Hall series in automatic computation. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Dörrenbächer, J., Ringfort-Felner, R., e Hassenzahl, M. (2023). The intricacies of social robots: secondary analysis of fictional documentaries to explore the benefits and challenges of robots in complex social settings. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–13.
- Dunne, A. (2013). *Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming*. The MIT Press Ser. MIT Press, Cambridge.

- Encinas, E., Durrant, A. C., Mitchell, R., e Blythe, M. (2020). Metaprobes, metaphysical workshops and sketchy philosophy. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–13.
- Eriksson, E., Yoo, D., Bekker, T., e Nilsson, E. M. (2024). More-than-human perspectives in human-computer interaction research: A scoping review. In *Proceedings of the 13th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, pages 1–18.
- Feenberg, A. (2008). Critical theory of technology: An overview. *Information technology in librarianship: New critical approaches*, pages 31–46.
- Forlano, L. E. e Halpern, M. K. (2023). Speculative histories, just futures: From counterfactual artifacts to counterfactual actions. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 30(2):1–37.
- Frauenberger, C. (2019). Entanglement hci the next wave? *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 27(1):1–27.
- Garg, R. e Cui, H. (2022). Social contexts, agency, and conflicts: Exploring critical aspects of design for future smart home technologies. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 29(2):1–30.
- Gutiérrez, J. L. M. (2024). On actor-network theory and algorithms: Chatgpt and the new power relationships in the age of ai. *AI and Ethics*, 4(4):1071–1084.
- Haraway, D. (2013). Sf: Science fiction, speculative fabulation, string figures, so far. *Ada: A Journal of Gender, New Media, and Technology*, 1(3).
- Haraway, D. (2016). *Staying with the trouble: making kin in the Chthulucene*. Experimental futures. Technological lives, scientific arts, anthropological voices. Duke University Press, Durham London.
- Harman, G. (2017). *Object-oriented ontology: a new theory of everything*. Pelican, London. OCLC: 1027185411.
- Harman, G. (2018). *Speculative Realism: An Introduction*. Polity Press, Newark.
- Heidegger, M. (1954). The question concerning technology. *Technology and values: Essential readings*, 99:113.
- Held, W., Harris, C., Best, M., e Yang, D. (2023). A material lens on coloniality in nlp. *arXiv preprint arXiv:2311.08391*.
- Henry, J. V. (2024). Theorizing ‘the gap’ twenty years later: Global development, design, and speculative ethics in edtech research. *Postdigital Science and Education*, 6(1):231–258.
- Homewood, S., Hedemyr, M., Fagerberg Ranten, M., e Kozel, S. (2021). Tracing conceptions of the body in hci: From user to more-than-human. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–12.
- Ihde, D. (1991). *Instrumental realism: The interface between philosophy of science and philosophy of technology*, volume 626. Indiana University Press.
- Ihde, D. (1995). *Postphenomenology: Essays in the postmodern context*. Northwestern University Press.

- Ikeya, Y., Barati, B., e Wensveen, S. (2025). Aesthetics in designing with the living: A systematic review of critical perspectives and artefacts. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–33.
- Juelskjær, M. e Schwennesen, N. (2012). Intra-active entanglements—an interview with karen barad. *Kvinder, Køn & Forskning*, 1(1-2).
- Kang, L., Jackson, S., e Pinch, T. (2022). The electronicists: techno-aesthetic encounters for nonlinear and art-based inquiry in hci. In *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–17.
- Key, C., Gatehouse, C., e Taylor, N. (2022). Feminist care in the anthropocene: Packing and unpacking tensions in posthumanist hci. In *Proceedings of the 2022 ACM Designing Interactive Systems Conference*, pages 677–692.
- Kimura, R. e Nakajima, T. (2022). On designing affordances of ambient digital artifacts through the lens of postphenomenology and sociomateriality. In *Proceedings of the 25th International Academic Mindtrek Conference*, pages 354–358.
- Kimura, R. e Nakajima, T. (2023). Designing innovative digital platforms from both human and nonhuman perspectives. *Multimedia Tools and Applications*, 82(26):39961–40008.
- Kitchenham, B. A., Madeyski, L., e Budgen, D. (2023). SEGRESS: Software Engineering Guidelines for REporting Secondary Studies. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 49(3):1273–1298.
- Kneile, M., Dörrenbächer, J., Hassenzahl, M., e Laschke, M. (2025). Mediating human-nature relations through technology. a scoping review of post-anthropocentric artifacts and their design strategies. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*.
- Kong, B., Liang, R.-H., Liu, M., Chang, S.-H., Tseng, H.-C., e Ju, C.-H. (2021). Neuromancer workshop: Towards designing experiential entanglement with science fiction. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–17.
- Kononiuk, A., Sacio-Szymańska, A., e Gáspár, J. (2017). How do companies envisage the future?: Functional foresight approaches. *Engineering Management in Production and Services*, 9(4):21–33.
- Kramer, K. e Meijboom, F. L. (2022). How do technologies affect how we see and treat animals? extending technological mediation theory to human-animal relations. *Ethical Theory and Moral Practice*, 25(4):595–611.
- Kumar, P. C., Cotter, K., e Cabrera, L. Y. (2024). Taking responsibility for meaning and mattering: An agential realist approach to generative ai and literacy. *Reading Research Quarterly*, 59(4):570–578.
- Kumar, V. e Tissenbaum, M. (2022). Supporting collaborative classroom networks through technology: An actor network theory approach to understanding social behaviours and design. *British Journal of Educational Technology*, 53(6):1549–1570.
- Landis, J. R. e Koch, G. G. (1977). An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*, pages 363–374.

- Latour, B. (1996). On actor-network theory: A few clarifications. *Soziale welt*, pages 369–381.
- Latour, B. (2007). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oup Oxford.
- Lazar, A., Jelen, B., Pradhan, A., e Siek, K. A. (2021). Adopting diffractive reading to advance hci research: A case study on technology for aging. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 28(5):1–29.
- Li, Y. e Zhu, J. (2024). An ethical study of generative ai from the actor-network theory perspective. *arXiv preprint arXiv:2406.11860*.
- Lindley, J. e Green, D. P. (2021). The ultimate measure of success for speculative design is to disappear completely. *interaction design and architecture (s)*, 51: 32–51.
- Loutfi, M. S., Tibau, M., Gimenez, P. J., e Siqueira, S. W. M. (2025). Students' perceptions of speculative design with generative ai in creating futuristic narratives: An interdisciplinary study with undergraduate students from diverse fields. In *Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, pages 585–594. SBC.
- Malek, C. E. (2025). *Explaining Variability in Performance Outcomes of Artificial Intelligence Applications Using Actor-Network Theory*. PhD thesis, Benedictine University.
- Malik, M. e Malik, M. M. (2021). Critical technical awakenings. *Journal of Social Computing*, 2(4):365–384.
- Maruping, L. M., Venkatesh, V., e Agarwal, R. (2009). A control theory perspective on agile methodology use and changing user requirements. *Information systems research*, 20(3):377–399.
- Meillassoux, Q. (2006). *After finitude: An essay on the necessity of contingency*, translated by r. Brassier, London: Continuum. First published in.
- Mitrović, I., Auger, J., Hanna, J., e Helgason, I. (2021). *Beyond speculative design: past–present–future*. SpeculativeEdu; Arts Academy, University of Split Split.
- Nägele, L. V., Ryöppy, M., e Wilde, D. (2018). Pdfi: participatory design fiction with vulnerable users. In *Proceedings of the 10th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, pages 819–831.
- Noble, H. e Mitchell, G. (2016). What is grounded theory? *Evidence-based nursing*, 19(2):34–35.
- Park, Y. S., Konge, L., e Artino Jr, A. R. (2020). The positivism paradigm of research. *Academic medicine*, 95(5):690–694.
- Prabakar, S. et al. (2024). Strategic integration for future selection-lstm stock prediction algorithm based on the internet of things (iot). In *2024 1st International Conference on Advanced Computing and Emerging Technologies (ACET)*, pages 1–6. IEEE.
- Rafael, S., Silva, B., Anjos, H., Meintjes, L., e Tavares, P. (2023). Data surveillance in capitalism society: The globule app, a speculative design to control the algorithm. In *Proceedings of the 2023 ACM International Conference on Interactive Media Experiences Workshops*, pages 27–31.

- Rajcic, N. e McCormack, J. (2023). Message ritual: a posthuman account of living with lamp. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–16.
- Randell, B. (1996). The 1968/69 nato software engineering reports. *History of software engineering*, 37.
- Rosenberger, R. e Verbeek, P. P. (2015). *Postphenomenological investigations: Essays on human-technology relations*. Lexington Books.
- Rozendaal, M. C., Vroon, J., e Bleeker, M. (2024). Enacting human–robot encounters with theater professionals on a mixed reality stage. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, 14(1):1–25.
- Santer, S. C. (2025). Sensual environmental robots: Entanglements of speculative realist ideas with design theory and practice. *Open Philosophy*, 8(1):20240051.
- Sarker, M. (2024). Revolutionizing healthcare: the role of machine learning in the health sector. *Journal of Artificial Intelligence General science (JAIGS) ISSN: 3006-4023*, 2(1):36–61.
- Selbst, A. D., Boyd, D., Friedler, S. A., Venkatasubramanian, S., e Vertesi, J. (2019). Fairness and abstraction in sociotechnical systems. In *Proceedings of the conference on fairness, accountability, and transparency*, pages 59–68.
- Sieklicki, S. e Tanev, S. (2021). From description to action: Actor-network theory and innovation management. *International Journal of Innovation Management*, 25(10):2140006.
- Søndergaard, M. L. J., Campo Woytuk, N., Howell, N., Tsaknaki, V., Helms, K., Jenkins, T., e Sanches, P. (2023). Fabulation as an approach for design futuring. In *Proceedings of the 2023 ACM Designing Interactive Systems Conference*, pages 1693–1709.
- Ståhl, A., Balaam, M., Comber, R., Sanches, P., e Höök, K. (2022). Making new worlds–transformative becomings with soma design. In *Proceedings of the 2022 Chi conference on human factors in computing systems*, pages 1–17.
- Stead, M. e Coulton, P. (2022). Sustainable technological futures: Moving beyond a one-world-world perspective. In *Nordic Human-Computer Interaction Conference*, pages 1–17.
- Stead, M., Coulton, P., Pilling, F., Gradinar, A., Pilling, M., e Forrester, I. (2022). More-than-human-data interaction: bridging novel design research approaches to materialise and foreground data sustainability. In *Proceedings of the 25th International Academic Mindtrek Conference*, pages 62–74.
- Tholander, J. e Jonsson, M. (2023). Design ideation with ai-sketching, thinking and talking with generative machine learning models. In *Proceedings of the 2023 ACM designing interactive systems conference*, pages 1930–1940.
- van Kraalingen, I. (2023). Theorizing technological mediation in the outdoor classroom. *Postdigital Science and Education*, 5(3):754–776.
- Vella, E. M., Williams, D. A., Michalewicz, A., Chapman, A., e Walton, R. E. (2022). Did that stone move? staging stone swarms in galleries and virtual reality. In *Proceedings of EVA London 2022*, pages 229–233. BCS Learning & Development.

- Venturini, T. e Munk, A. K. (2022). *Controversy mapping: a field guide*. Polity Press, Cambridge, UK Medford, MA, USA.
- Verbeek, P.-P. (2005). *What things do: philosophical reflections on technology, agency, and design*. Pennsylvania State University Press, University Park, Pa.
- Vindenes, J. e Wasson, B. (2021). A postphenomenological framework for studying user experience of immersive virtual reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 2:656423.
- Wakkary, R., Oogjes, D., e 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.
- Wallace, J., Rogers, J., Shorter, M., Thomas, P., Skelly, M., e Cook, R. (2018). The selfreflector: Design, iot and the high street. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–12.
- Wei, W. (2024). Using actor–network theory to revisit the digitalized tool in social design. *The Design Journal*, 27(1):49–67.
- Xi, L. (2024). Modern education: Advanced prediction techniques for student achievement data. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*, 15(1).
- Yamada-Rice, D. e Dare, E. (2023). ‘in the future we will make our own superheroes’: Reflections on the future of broadcast for children aged 7–11. In *EAI International Conference on Technology, Innovation, Entrepreneurship and Education*, pages 127–145. Springer.
- Zhu, J., Sanches, P., Tsaknaki, V., van der Maden, W., e Kaklopoulou, I. (2025). The centers and margins of modeling humans in well-being technologies: A decentering approach. *arXiv preprint arXiv:2503.19132*.