

# *Ampliando nossos horizontes: Tecnologia digital, metatecnologias e suas implicações para a inovação responsável*

**Vincent Bryce<sup>1\*</sup>, Tonii Leach<sup>\*\*</sup>, Bernd Stahl<sup>\*\*\*</sup> e Laurence Brooks<sup>\*\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup>Universidade de Nottingham 

<sup>\*\*</sup>Universidade De Montfort 

<sup>\*\*\*</sup>Universidade De Montfort 

<sup>\*\*\*\*</sup>Universidade De Montfort 

## RESUMO

Este artigo defende que os discursos sobre inovação responsável precisam considerar a natureza em constante evolução da inovação digital, se quiserem ter alguma chance de direcionar o desenvolvimento tecnológico para fins aceitáveis do ponto de vista democrático. O estudo investiga até que ponto as narrativas fundamentais da Inovação Responsável (Pesquisa e Inovação) (RRI) levam em conta as características problemáticas das metatecnologias – aqui definidas como "tecnologias de informação essenciais sobre as quais outras se baseiam, e cujo uso amplia significativamente os graus de liberdade com que os seres humanos podem atuar nos mundos social e material" – e as implicações para o discurso sobre inovação responsável na era digital. O estudo revela que as referências que sustentam as abordagens paradigmáticas da RRI incluem exemplos de tecnologias digitais e metatecnologias, ainda que brevemente em alguns casos, reforçando em certa medida a validade dos relatos pioneiros de RRI no contexto de novas e emergentes tecnologias digitais com atributos metatecnológicos. Identifica-se a necessidade de uma reflexão mais aprofundada sobre as implicações problemáticas das tecnologias digitais para a RRI, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento distribuído, e aos efeitos recombinantes e em nível de rede. O artigo conclui que a relevância contínua da RRI como um discurso para a sociedade dependerá da conscientização de pesquisadores e profissionais sobre o potencial dessas tecnologias para inovações em cascata e subsequentes.

**Palavras-chave:** Inovação Responsável; Pesquisa e Inovação Responsável (RRI); Tecnologia Digital; Metatecnologia; Hermenêutica Crítica.

Proposta Submetida em 27 de agosto de 2020, Artigo Recebido em 9 de abril de 2021, Revisões Entregues em 21 de maio de 2021, Revisado em 12 de junho de 2021, Aceito em 13 de outubro de 2021, Disponível online em 28 de fevereiro de 2022.

<sup>1</sup> Agradecimentos: O autor correspondente conta com o apoio do Horizon Centre for Doctoral Training da Universidade de Nottingham (UKRI Grant No. EP/S023305/1) e do ORBIT, o Observatório de Pesquisa e Inovação Responsável em TIC (orbit-rri.org).



## INTRODUÇÃO

A Pesquisa e Inovação Responsável<sup>2</sup> (RRI) proporciona um framework para alinhar a inovação às necessidades da sociedade e se fundamenta em uma teia de pressupostos sobre a natureza da inovação, a capacidade de antecipar seus efeitos e o grau em que as partes interessadas potencialmente impactadas podem ser envolvidas de forma significativa.

Diferentes abordagens da RRI apresentam a necessidade de alinhar a inovação às necessidades da sociedade de maneiras variadas. Dentro da compreensão geral da RRI como um termo guarda-chuva interpretativamente flexível (Rip & Voß, 2013), Timmermans e Blok (2018) identificam quatro perspectivas fundamentais originadas a partir dos trabalhos de von Schomberg (por exemplo, 2013), Stilgoe *et al.* (2013), van den Hoven (2013) e da Comissão Europeia (2012a). Cada uma dessas abordagens é desenvolvida com referência a diferentes tipos de tecnologia.

Embora os desafios de insuficiência epistemológica, interesses conflitantes entre stakeholders e limites à transparência identificados por Blok e Lemmens (2015) sejam frequentemente citados como problemas gerais na aplicação da teoria de inovação responsável na prática, cada uma dessas quatro abordagens é formulada com referência a exemplos específicos de tecnologia. Como alguns tipos de tecnologia apresentam desafios adicionais no contexto da inovação responsável (como é o caso das tecnologias digitais; Stahl, 2015; Jirotko *et al.*, 2017), se as perspectivas fundamentais da RRI não considerarem esses tipos, os frameworks que elas estabelecem podem não abranger completamente os problemas associados.

Isso pode ser especialmente relevante para tecnologias emergentes (aquelas que foram inventadas, mas cujos detalhes e usos potenciais ainda não são totalmente compreendidos por pesquisadores e usuários finais; Kendall, 1997), especialmente aquelas que permitem um grande número de usos potenciais por meio de inovações subsequentes. Cressman (2020, p. 21) descreve de maneira clara a importância contextual disso ao definir a inovação como "um conjunto de suposições e atitudes por meio das quais a tecnologia é tematizada e tornada significativa, fornecendo um contexto que direciona a sociedade tecnológica para fins específicos, enquanto simultaneamente renuncia a outros" – ou seja, à medida que as suposições, atitudes e significados associados às tecnologias emergentes mudam, o escopo de usos potenciais e o contexto para direcionar essas tecnologias a fins específicos também mudam.

---

<sup>2</sup> Embora se possa fazer uma distinção entre um conceito de Investigação e Inovação Responsáveis baseado em políticas e um mais amplo de Inovação Responsável, uma vez que os termos surgiram em paralelo e têm características comuns (Owen & Pansera, 2019) serão utilizados indistintamente no presente documento.

Para investigar até que ponto as abordagens fundamentais da RRI estão ancoradas em suposições subjacentes sobre as tecnologias contemporâneas, este artigo aborda a questão: "Até que ponto os exemplos citados pelas narrativas fundamentais da RRI consideram características problemáticas das tecnologias digitais e metatecnologias, e quais são as implicações dessas características para as suposições fundamentais do discurso sobre inovação responsável no contexto do crescente uso de tecnologias digitais pelas sociedades?"

Começamos avaliando a necessidade de considerar as tecnologias como fenômenos centrais. Em seguida, o artigo desenvolve o conceito de 'metatecnologia' para analisar de que forma algumas tecnologias podem ter um potencial qualitativamente maior de impactar a sociedade, e usa o caso das tecnologias digitais para explorar como essas características se apresentam como problemáticas do ponto de vista da inovação responsável. Esses aspectos são então analisados por meio de uma abordagem hermenêutica crítica das narrativas fundamentais da inovação responsável, com atenção específica às concepções de tecnologia que elas referenciam.

## A NECESSIDADE DE TRAZER A TECNOLOGIA PARA O PRIMEIRO PLANO

A tendência das narrativas da filosofia da tecnologia em considerar a tecnologia como um todo levou a apelos para tornar tecnologias específicas "fenômenos em primeiro plano", de modo a analisá-las reflexivamente e iluminar características do fenômeno mais amplo da própria tecnologia. Von Schomberg e Blok (2019, p. 7-8; p. 13) destacam a necessidade de considerar inovações tecnológicas específicas para entender seu impacto na formação de decisões morais, além de nos permitir avaliar em que medida algumas inovações diferem entre si e são mais ou menos eticamente aceitáveis, socialmente desejáveis e intrinsecamente controláveis do que outras.

A prensa móvel oferece uma ilustração histórica. Embora os estudiosos tenham reconhecido o potencial da impressão em bloco para aumentar a circulação de obras religiosas e até esperassem que isso "fortalecesse a religião e aumentasse o poder dos monarcas" (Meyrowitz, 1995, p. 41), o potencial para reformas sociais e a distribuição de panfletos 'inovadores' (no sentido de 'subversivos') a partir de impressoras não regulamentadas não foi apreciado até que a tecnologia se tornasse amplamente acessível. Para os fins de nosso argumento, a capacidade desse artefato tecnológico de possibilitar novas inovações nos tipos de materiais que poderiam ser produzidos, nas formas como poderiam ser distribuídos e nas inovações sociais e outras resultantes desse material distribuído é uma característica que o diferencia de outros.

Ao definir 'tecnologia', Arthur (2009, p. 18) faz uma distinção útil entre significados potencialmente diferentes, como:

1. *Um meio para cumprir um propósito humano*
2. *Um conjunto de práticas e componentes*
3. *A coleção total de dispositivos e práticas de engenharia disponíveis em uma cultura*

Sob essa perspectiva, qualquer esforço para considerar as implicações de responsabilidade de uma tecnologia deve levar em conta os atributos que ela possui e que podem influenciar seu uso na prática – a inovação produz tecnologias, mas as tecnologias também podem possibilitar a inovação. Essa posição reconhece que as tecnologias têm uma forma ou substância tangível (seja como artefato ou prática), que afeta seu potencial de uso, e que essa forma pode ser adaptada por usuários em diferentes contextos.

No contexto das tecnologias emergentes, até certo ponto, o desafio da avaliação da RRI é a clareza sobre a natureza do que estamos tentando trazer para o primeiro plano. O conceito de 'inteligência artificial' é um exemplo – tecnologias supostamente inovadoras podem ser vagas demais para serem objeto de análise e podem ser melhor compreendidas como rótulos de categoria, ou até como erros de categoria (o 'efeito IA' – Hainlein & Kaplan, 2019). Blok (2020, p. 17-18) menciona exemplos de tecnologia digital para enfatizar a necessidade de considerar o potencial de novas tecnologias de criar novas ordens mundiais, além da simples criação de novos artefatos e serviços. Isso indica a dificuldade de avaliar as implicações de processos inovadores antes que usos específicos tenham se desenvolvido e a necessidade de considerar combinações emergentes, frequentemente em constante mudança, de novas práticas para avaliar o potencial de novos efeitos.

## RUMO A UM CONCEITO DE METATECNOLOGIA

Avaliar as implicações das tecnologias envolve considerar suas características intrínsecas, bem como os usos a que são submetidas; características que afetam a extensão em que podem ser reconstitutivas em uso são particularmente relevantes (Orlikowski, 1992, p. 15). Uma perspectiva hermenêutica nos convida a considerar o potencial de diferentes significados que podem ser atribuídos a um objeto, para compreendermos melhor como ele pode impactar na prática.

Blok (2020) destaca a ideia de que, ao contrário das compreensões preexistentes de inovação, que, seja sob uma perspectiva econômica ou filosófica, são baseadas em aplicações comerciais identificáveis ou métodos de produção, inovações disruptivas

estão associadas ao desconhecido, e nos chama a atenção para as fases de criação e evolução das tecnologias antes da adoção pelo mercado.

Por essa razão, precisamos considerar como as propriedades de algumas tecnologias podem predispor a diferentes usos imaginados, e potencialmente ainda não imaginados. Feenberg (2017, p. 137) articula isso no pensamento de que a tecnologia "não é apenas artefactual, mas também se refere à questão do que fazemos quando vislumbramos o mundo com uma intenção técnica".

As teorias de "inovação disruptiva", embora contestadas, suscetíveis à reificação e potencialmente à racionalização de um aspecto impulsionado pelo medo da imitação comercial, oferecem um ponto de partida para articulamos um conceito de tecnologia que diferencie aquelas com potencial mais limitado e aquelas com potencial mais extenso para serem reimaginadas e impactarem de maneiras diferentes.

Abernathy e Clark introduzem o conceito de "transilência" (1985), definindo-o como "a capacidade de uma inovação de influenciar os sistemas estabelecidos de produção e marketing" (Abernathy & Clark, p. 3). Com um foco explicitamente comercial na indústria automobilística dos EUA, eles distinguem tipos de inovação com base na extensão em que os mercados, em vez de apenas as competências do produtor, são perturbados. Em sua análise, dois subtipos são de interesse – inovações "revolucionárias", como motores de automóveis radicalmente mais potentes, que perturbam as competências existentes sem criar novas ligações entre clientes e mercados, e inovações "arquitetônicas", que resultam em mudanças nos sistemas de produção estabelecidos, na criação de novas indústrias e na reorganização das antigas.

Utterback (1994, 1996) define de maneira semelhante as "inovações radicais" como aquelas que podem "varrer" habilidades, conhecimentos, técnicas de produção e equipamentos industriais. Isso denota uma mudança de perspectiva, posteriormente explorada por Bessant (2013), cujo conceito de "inovação de paradigma" baseia-se na extensão em que os modelos mentais de produção são alterados. Christensen (1997, 2015) identifica duas precondições para "inovações tecnológicas disruptivas" – mudanças significativas nas características dos produtos existentes e incentivos significativos para novos modelos de negócios em comparação com os antigos.

Brynjolfsson e McAfee (2014) demonstram as maneiras como as tecnologias digitais e, em particular, seu custo marginal evanescente de reprodução criam essas precondições. Para a Kodak, as tecnologias digitais criaram uma dupla disrupção – a memória flash digital forneceu uma substituição mais econômica para a câmera de filme, mas em um curto espaço de tempo substituiu substancialmente a prática de imprimir cópias de fotos pela capacidade de compartilhar memórias por meio das redes sociais.

Além das concepções de mercado de inovação radical, podemos ver, sob uma perspectiva histórica, que várias tecnologias criaram condições para um impacto significativo por meio da adaptação a novos usos e inovação em cascata, e, a partir dessa perspectiva, poderiam ser avaliadas como "radicais", desde o fogo, a bússola e a pólvora, até a imprensa e a energia a vapor. Em cada caso, podemos observar que o impacto não segue tanto o desenvolvimento de um método ou artefato, mas sua associação com usos ampliados – a observação de que a China descobriu a pólvora e a bússola, mas as aplicou em fogos de artifício e design de interiores é relevante aqui.

Segue-se que as tecnologias terão mais potencial de impacto se tiverem propriedades que aumentem a probabilidade ou a extensão em que podem ser adaptadas a diferentes contextos e usos – no sentido hermenêutico, em seu potencial de assumir novos significados.

O conceito de "metatecnologia" oferece um veículo linguístico para distinguir inovações com base nisso. Enquanto aspectos mutatórios foram explorados em discussões anteriores sobre a filosofia da tecnologia – por exemplo, Jonas (1979, p. 38) discute "a empreitada prometeica da tecnologia moderna" – e em debates sobre nanotecnologia que informaram o discurso de Inovação Responsável, o primeiro uso aparente do termo é de Bross (1981). O sentido de "meta" aqui é de supervisão e segurança, por meio do uso de sistemas para prevenir acidentes industriais e aumentar os benefícios sociais da mamografia – na prática, tecnologias para governar outras tecnologias.

Vallenilla (1999) propôs o termo para denotar o propósito associado ao desenvolvimento ou aplicação de uma tecnologia – em termos aristotélicos, sua "causa final", para inovações que...

...buscam superar os limites tradicionais antropomórficos, antropocêntricos e geocêntricos de toda tecnologia anterior... que muitas vezes operam fora dos limites dos poderes e formas de sensação humanos ou naturais (por exemplo, energia nuclear e radar), vão além do aprimoramento da vida humana como ela é dada (como ocorre com muitas consequências não intencionais da tecnologia, como as mudanças climáticas globais), ou afetam não apenas a Terra, mas até mesmo a Lua e os planetas. (Vallenilla, 1999, p. 411)

Essa concepção transumanista de metatecnologia é de uso limitado, pois podemos atribuir uma intenção a uma tecnologia que pode exceder suas capacidades – posso ter a intenção de viajar para a Lua em um foguete a vapor, mas é improvável que eu alcance a atmosfera externa. Da mesma forma, podemos não ter essa intenção para uma tecnologia, mas ela pode ter implicações de longo alcance, como no caso da ARPANET.

Braman (2004) define metatecnologias em relação ao seu potencial de processamento e sua faixa potencial de saídas:

Meta-tecnologias envolvem muitos passos de processamento, e há grande flexibilidade no número de etapas e na sequência em que são realizadas. Elas podem processar uma gama sempre crescente de tipos de insumos e podem produzir uma gama essencialmente infinita de saídas... Seu uso amplia vastamente os graus de liberdade com os quais os humanos podem agir nos mundos social e material, caracterizando o mundo pós-moderno. (Braman, 2004, p. 5)

Esse relato vê as metatecnologias como sempre informacionais por natureza. O conceito é avaliado em um contexto histórico como convergências de comunicação com outros materiais e processos sociais, no primeiro caso, por meio do surgimento da escrita. Braman vê a sociedade da informação moderna e seus sistemas de informação e comunicação harmonizados como criando uma situação na qual "fluxos de informação têm efeitos estruturais tão poderosos quanto aqueles tradicionalmente associados ao direito" (Braman, 2004, p. 35-36), com a consequência de que a capacidade de moldar esses fluxos – seja por meio de seu design, comercialização ou controle – confere poder significativo. Essa definição ressoa com discussões contemporâneas sobre o poder político das empresas de mídia social.

Mitcham (1995, p. 16), ao citar Vallenilla, também destaca a crescente interconectividade e ubiquidade ao postular um conceito de metatecnologia que "vai além das autonomias específicas da modernidade", embora seu assunto seja a tecnologia de forma ampla e a metatecnologia seja indicada como um substituto para o conceito de tecnologia que a precedeu, em vez de uma subcategoria.

Ao elaborar nossa ideia de metatecnologia, podemos nos apoiar no conceito anterior da economia de "Tecnologias de Uso Geral" (GPT), "novas ideias ou técnicas profundas que têm o potencial de causar impactos importantes em muitos setores da economia" (Wright, 2000, p. 161). Essa concepção voltada para a economia é elaborada por Jovanovic e Rousseau (2005), que identificam "pervasividade", "melhoria" (no sentido de melhorias contínuas e em cascata, como aquelas que reduzem os custos de uso) e "geração de inovação" como características de uma GPT. Embora a "pervasividade" possa ser melhor compreendida como uma qualidade emergente, e os autores sugiram que além dessas características as GPTs não diferem necessariamente de outras tecnologias, essas características e os exemplos extremamente amplos citados como GPTs, como "eletricidade" e "tecnologia da informação", introduzem um sentido em que estamos identificando como significativas aquelas tecnologias que possibilitam a criação de outras.

Esse aspecto progenitor é destacado por Glazer (2007, p. 120), que define metatecnologias como "as tecnologias centrais sobre as quais as inovações são baseadas", embora sejam identificadas em relação às características dos produtos comercializáveis. Romer (2009) também contribui ao usar a expressão "meta-ideias" para descrever aquelas que sustentam a produção e a transmissão de outras ideias.

Edwards-Schachter (2018) discute um método diferente para avaliar o que poderíamos chamar de potencial emancipatório das inovações. Seu conceito de inovação disruptiva, em contraste com o de Christensen (1997), considera o potencial disruptivo como uma propriedade tanto da pessoa ou organização que inova quanto do item que está sendo inovado. Uma tecnologia que não é disruptiva em um contexto pode ser disruptiva em outro. O aspecto emancipatório ou habilitador de uma tecnologia – que podemos entender como a facilidade com que ela pode ser aplicada por novos usuários, e que os economistas podem observar em termos de baixas barreiras de entrada – também é abordado no conceito de "tecnologias habilitadoras" que sustentam a "Indústria 4.0" (Kagermann, 2011; Culot *et al.*, 2020). Embora esse conceito tenha sido adotado como parte da estratégia industrial da UE (Comissão Europeia, 2018), o conceito de Tecnologias Chave Habilitadoras (KETs) utilizado aqui é definido de maneira instrumental, com referência a políticas voltadas para melhorar a competitividade regional:

[KETs] possibilitam inovação em processos, bens e serviços ao longo da economia e são de relevância sistêmica. Elas são multidisciplinares, atravessando diversas áreas de tecnologia com uma tendência de convergência e integração. As KETs podem ajudar líderes tecnológicos em outros campos a capitalizar seus esforços de pesquisa (Comissão Europeia, 2018, p. 15-16).

A mesma fonte reconhece que uma gama muito mais ampla de tipos de tecnologia pode ser relevante para considerar questões estratégicas, potencial disruptivo e/ou relevância em relação aos grandes desafios globais (Comissão Europeia, 2018, p. 20-22). Podemos diferenciar isso de nosso conceito emergente de metatecnologia, pois este último é construído em relação a prioridades estratégicas e geopolíticas, e não apenas em referência às propriedades de uma tecnologia.

Para os propósitos deste artigo, as principais afirmações são que algumas tecnologias podem ser qualitativamente diferentes de outras, com base no grau em que possibilitam a inovação de outras tecnologias; que isso as torna particularmente relevantes sob uma perspectiva de inovação responsável, em termos de sua capacidade de impactar a sociedade; e que essa relevância é especialmente provável no caso das tecnologias digitais. Para definir metatecnologia para nossos fins, podemos combinar as definições de Braman e Glazer da seguinte forma: elas são *tecnologias de informação centrais sobre as quais outras se baseiam e cujo uso expande significativamente os graus de liberdade com os quais os humanos podem agir nos mundos social e material*.

## O CASO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS

As tecnologias digitais (aquelas que utilizam dados em formato digital) são exemplos de tecnologias emergentes que, em muitos casos, apresentam atributos metatecnológicos relevantes para considerar a adequação às necessidades sociais. Brynjolfsson e McAfee



(2014) apresentam um caso amplamente citado sobre o potencial disruptivo das tecnologias digitais, com especial atenção às suas características exponenciais, recombinantes e ao custo marginal zero de reprodução.

Os aspectos problemáticos das tecnologias digitais sob a perspectiva da inovação responsável são explorados em detalhes por Jirotko *et al.* (2017), com base em trabalhos anteriores de Moor (1985, p. 269) e outros, incorporando evidências de pesquisadores em TI e entidades representativas. Suas observações estão resumidas na Tabela 1.

**Tabela 1. Aspectos problemáticos das tecnologias digitais para a inovação responsável.**

Item	Descrição
Maleabilidade lógica e flexibilidade interpretativa	As aplicações tecnológicas são frequentemente "produzidas socialmente", e inovações locais podem levar a usos inesperados.
Prevalência e impacto	As tecnologias digitais estão moldando cada vez mais os mercados de trabalho e nossas vidas cotidianas.
Ritmo	Em comparação com os desenvolvimentos nas ciências físicas e biológicas, os resultados podem ser criados, lançados e proliferados em questão de horas.
Dificuldade em prever os usos dos resultados da pesquisa	Muitas vezes, não é possível pesquisar objetos em seus contextos de uso, e a adaptação do usuário pode alterar a trajetória das tecnologias digitais.
Desenvolvimento distribuído	O desenvolvimento de tecnologias digitais é frequentemente dividido entre diferentes indivíduos e, muitas vezes, entre várias organizações <sup>3</sup> .
Problemas de ritmo	Os impactos das tecnologias são frequentemente percebidos apenas após sua adoção em larga escala.
Questões práticas de integrar a inovação responsável nas responsabilidades profissionais	É desafiador definir os papéis relativos de pesquisadores e profissionais na interface comercial, exigindo ação coletiva.
Escopo, complexidade e convergência	A natureza cada vez mais abrangente das tecnologias, muitas vezes combinada com seu rápido desenvolvimento, desfoca as fronteiras entre sistemas, características e funcionalidades.

Fonte: resumido a partir de Jirotko *et al.* (2017).

Os problemas de escopo, ritmo e maleabilidade lógica são de interesse hermenêutico – quando as implicações de uma tecnologia digital são avaliadas, seu uso pode já ter mudado. Isso é evidente em empresas que fornecem APIs e SDKs (interfaces

<sup>3</sup> Isso pode incluir arbitragem internacional, como a codificação de imagens por funcionários de países de baixa renda em plataformas como o Mechanical Turk. Wolf et al. (2019) discutem o problema da atribuição de responsabilidade entre desenvolvedores e usuários em cadeias complexas de desenvolvimento de software.

de programação de aplicativos e kits de desenvolvimento de software) para incentivar integrações com seus serviços, o que pode resultar em usos emergentes inesperados de dados, como no escândalo do Facebook/Cambridge Analytica (Berghel, 2018).

A crescente complexidade das abordagens computacionais traz novos desafios. Embora, em alguns casos, possamos atribuí-los aos propósitos e valores dos usuários finais, há evidências de que o viés algorítmico pode ser uma característica intrínseca, em vez de um erro de design evitável em abordagens baseadas em big data e aprendizado de máquina. Na verdade, é extremamente difícil "eliminar" esse viés quando ele é inerente ao contexto social de uso (Beale *et al.*, 2020; Criado-Perez, 2019; Cheong *et al.*, 2021).

A questão é abordada por de Reuver *et al.* (2020), que contrastam a incerteza ontológica gerada por tecnologias digitais cujos usos são determinados pelos usuários finais, com a incerteza epistêmica mais geral que existe na fase de design de outras tecnologias. Nesse sentido, as tecnologias digitais apresentam um problema qualitativamente diferente, que só pode ser parcialmente solucionado por meio de etapas como abordagens de design sensíveis a valores mais amplas e que considerem todo o ciclo de vida.

Além disso, as tecnologias digitais podem ter implicações positivas para a inovação responsável, ao facilitar a troca de ideias e discussões abertas, tornando as buscas em bancos de dados muito mais acessíveis e abrindo novos métodos de pesquisa (Bautista *et al.*, 2018). É difícil imaginar como, na ausência da tecnologia digital, os esforços acadêmicos para pesquisar vacinas contra pandemias e a continuidade de conferências e reuniões poderiam ter ocorrido na mesma velocidade.

Nos últimos anos, o interesse por aspectos éticos das tecnologias de inteligência artificial e aprendizado de máquina aumentou entre governos e organizações, mas os métodos para incorporar preocupações éticas nos sistemas ainda estão em desenvolvimento, e a regulamentação nesta área consiste principalmente em princípios amplos (Winfield *et al.*, 2019). Stahl *et al.* (2019, p. 376) também destacam "lacunas na estrutura de responsabilidades que governam as TICs".

Ao considerar os aspectos metatecnológicos das tecnologias digitais, devemos também avaliar a medida em que elas podem originar-se de modos de inovação não tradicionais e podem, por sua vez, transformar dinamicamente redes de inovação (van de Poel, 2003). Por implicação, o efeito das tecnologias digitais na expansão do potencial para diferentes e potencialmente inesperados usos é multiplicativo e não linear. Algumas tendências tecnológicas digitais emergentes têm implicações particulares para o ritmo, a complexidade e o escopo do desenvolvimento subsequente:

- A crescente tendência das plataformas de software em fornecer interfaces de programação automáticas e kits de desenvolvimento de software (APIs e SDKs), que permitem o desenvolvimento e integrações de serviços (Borgogno & Colangel, 2019).

- O movimento de software de código aberto, cada vez mais adotado por grandes provedores de software (Warren, 2020).
- A criação de ferramentas de desenvolvimento de software de baixo e nenhum código em geral (Koksal, 2019), e, em particular, ferramentas de baixo e nenhum código que permitem que não especialistas criem e usem modelos de aprendizado de máquina.
- A crescente disponibilidade e escopo de grandes conjuntos de dados, tanto em geral quanto dentro das organizações (George *et al.*, 2014).
- O aumento exponencial na conectividade da internet das coisas (Nordrum, 2016).
- O desenvolvimento de novas formas de manufatura digital (por exemplo, Jensen-Haxel, 2011).
- A integração vertical de plataformas de software, possibilitando a criação de conjuntos de dados mais detalhados, com potencial para uma segmentação mais precisa, e a limitada ação antitruste do Estado (Kimmel & Kestenbaum, 2014).
- A crescente tendência em direção à virtualização e containerização de software, permitindo um desenvolvimento e adoção mais rápidos (Silver, 2017).

Retornando aos desafios fundamentais para a inovação responsável delineados por Blok e Lemmens (2015), é evidente que as características das tecnologias digitais em geral, e desses aspectos emergentes em particular, apresentam problemas específicos associados a suas propriedades "metastáticas". A maleabilidade lógica e o ritmo trazem tanto insuficiência epistêmica quanto incerteza ontológica. Elas são suscetíveis a interesses divergentes entre as partes interessadas, resultando em desequilíbrios de poder, uma questão particularmente relevante no caso de abordagens de aprendizado de máquina cada vez mais prevalentes, que estão associadas à transparência algorítmica (Hoadley *et al.*, 2010) e problemas de viés (por exemplo, Dastin, 2018), com as abordagens de transparência frequentemente limitadas por preocupações comerciais, em modelos de negócios faustianos cuja natureza apenas começa a ser compreendida tardiamente (Tibken, 2018).

Uma maneira de considerar essas questões é sugerir que as tecnologias digitais ampliam o "espaço RRI" definido por Stahl (2013), com base em seu potencial para estender significativamente o alcance de atores, atividades e normas sociais que podem ser relevantes. Nesse sentido, elas frequentemente constituem metatecnologias e, como tal, são um prisma relevante para avaliar os desafios de ordem superior que as metatecnologias podem representar para o discurso sobre inovação responsável.

Para avaliar a validade das concepções fundamentais de RRI em relação a esses desafios – ou, inversamente, até que ponto podem ter sido desenvolvidas com referência a questões associadas a um conjunto limitado de tecnologias – agora examinaremos em que medida as contas fundamentais de RRI consideraram as tecnologias digitais e metatecnológicas, bem como seus problemas associados.

## METODOLOGIA

A hermenêutica crítica permite investigar as suposições axiológicas e ontológicas presentes em relatos publicados. A aplicação de uma perspectiva hermenêutica à Inovação (e Pesquisa) Responsável foi pioneira por Grunwald (2014, 2019, 2020), que destaca a importância de compreender os significados e futuros tecnológicos, muitas vezes contestados, atribuídos a novas e emergentes tecnologias. Ele identifica benefícios dessa abordagem, como evitar a sobrecautela epistêmica e ser preferível a orientações prognósticas e baseadas em cenários em situações de "incerteza esmagadora".

Para nossos propósitos, essa preocupação é particularmente relevante em tecnologias onde há evidências limitadas de impacto e alta incerteza sobre os efeitos. O caso da nanotecnologia ilustra essa questão — no contexto de percepções limitadas oriundas de pesquisas em estágio inicial de uma categoria de inovação potencialmente metatecnológica, os significados atribuídos às tecnologias dominaram a discussão (Simakova & Koenen, 2013; Fries, 2018).

O método utilizado neste estudo adota a abordagem do estudo hermenêutico das suposições fundamentais da RRI, conforme realizado por Timmermans e Blok (2018). Nesse caso, em vez de uma abordagem indutiva para descobrir as suposições axiológicas de cada relato, será utilizada uma abordagem combinada indutiva e dedutiva, que analisa e categoriza os exemplos de tecnologia mencionados em cada relato.

A justificativa para um estudo hermenêutico é apresentada claramente por Timmermans e Blok (2018, p. 5). Para os fins deste estudo, as características principais são as seguintes:

- A hermenêutica crítica é uma tradição desenvolvida por Ricoeur (1981), Ricoeur e Thompson (1981) e Habermas (1978, 1988, 1990).
- Incorpora elementos das tradições hermenêutica e da teoria crítica, visando transcender paradigmas tomados como garantidos e examinar criticamente suas suposições e práticas.
- A posição do pesquisador em relação ao fenômeno investigado deve ser considerada.

A perspectiva do pesquisador, neste caso, é a de uma pequena equipe interdisciplinar que inclui interesses acadêmicos em computação e responsabilidade social, além de um pesquisador-praticante com experiência na introdução e supervisão do uso de sistemas em organizações, incluindo o contato com grupos de usuários e outras organizações que utilizam software de terceiros. Isso pode ser relevante para proporcionar sensibilidade tanto aos desafios mais amplos da responsabilidade das tecnologias digitais quanto às formas como organizações e usuários podem adaptar e configurar o software.

Adaptando o método de Timmermans e Blok (2018), a abordagem utilizada aqui é a seguinte.

### *Seleção de fontes*

Os relatos fundamentais de RRI identificados por Timmermans e Blok foram adotados como foco da investigação. Embora existam outros relatos de RRI, a validade da seleção dessas fontes, com base nos critérios de um quadro ou definição abrangente, original e influente, é refletida no volume de citações que os relatos receberam desde a publicação (Loureiro & Conceição, 2019), abrangendo tanto as perspectivas política quanto acadêmica que podem ser identificadas dentro da RRI (Owen, 2019).

Para os fins deste estudo, o texto dos relatos foi definido da seguinte forma. Para garantir a validade das comparações, a contagem de palavras, excluindo referências, foi avaliada para contextualizar quaisquer observações baseadas em frequência:

- EC: European Commission (2012a, 2012b)
- VS: von Schomberg (2013)
- SOM: Stilgoe *et al.* (2013)
- VDH: van den Hoven (2013, 2017)

Essas fontes reproduzem aquelas usadas por Timmermans e Blok (2018), com a exceção de que, para os relatos da EC e VDH, uma fonte adicional é fornecida pelo autor, detalhando exemplos de tecnologia considerados no relato principal.

### *Análise das suposições axiológicas e ontológicas por relato*

Essas fontes foram submetidas a uma análise hermenêutica crítica para identificar suposições ontológicas implícitas. Neste caso, as suposições de interesse são a base de referência para cada relato em termos dos diferentes exemplos de inovação tecnológica que utilizam, bem como as características da tecnologia digital que são potencialmente problemáticas do ponto de vista da inovação responsável. Nesse sentido, há um foco em identificar e interpretar os exemplos no texto que ilustram os problemas ou questões que precisam ser abordados.

Para relacionar as suposições das fontes ao conceito de metatecnologia introduzido anteriormente, foi utilizada uma abordagem de codificação dedutiva. Os documentos foram codificados por dois membros da equipe de forma independente, de acordo com uma estrutura de codificação pré-definida. Os resultados da codificação foram comparados, quaisquer discrepâncias discutidas e esclarecidas, e uma decisão final foi tomada para garantir que uma compreensão comum fosse alcançada. A estrutura de codificação foi ainda refinada durante esse processo à luz dos padrões emergentes. A Tabela 2 resume o protocolo e as definições aplicadas.

**Tabela 2. Protocolo e definições.**

Etapa 1: Identificar exemplos de tecnologia mencionados no estudo	Definição: 'Um conjunto de práticas e componentes'. O foco aqui está na inovação específica. Incluir qualquer menção e contar o número de tipos, não as ocorrências.
Etapa 2: Avaliar se o exemplo de tecnologia é uma tecnologia da informação (TI)	Definição: 'preocupada com a disseminação, processamento e armazenamento de informações, especialmente por meio de computadores' (Oxford English Dictionary). Em particular, os produtos devem ser de natureza informacional ou software.
Etapa 3: Avaliar se o exemplo de tecnologia é um tipo identificado na literatura acadêmica como metatecnologia	Definição: a tecnologia é um dos exemplos classificados como metatecnologia em Braman (2004) ou Jovanovich & Rousseau (2005). A lista utilizada está fornecida na tabela de dados anexa.
Etapa 4: Avaliar se a tecnologia apresenta características de metatecnologia	Definição: a tecnologia deve atender a todos os seguintes critérios: <ul style="list-style-type: none"> <li>– 'é uma tecnologia central sobre a qual outras podem ser baseadas'</li> <li>– 'expande significativamente os graus de liberdade com os quais os humanos podem agir nos mundos social e material'</li> <li>– 'possui alto potencial de reconstituição em uso'</li> </ul>
Etapa 5: Identificar instâncias em que o relato discute desafios específicos das tecnologias digitais	Definição: referência a qualquer um dos desafios específicos listados na Tabela 1
Etapa 6: Contar instâncias em que o relato discute desafios associados à inovação contínua/reconstituição em uso	Definição: discute quaisquer características das tecnologias que aumentem a probabilidade de permitir novas inovações

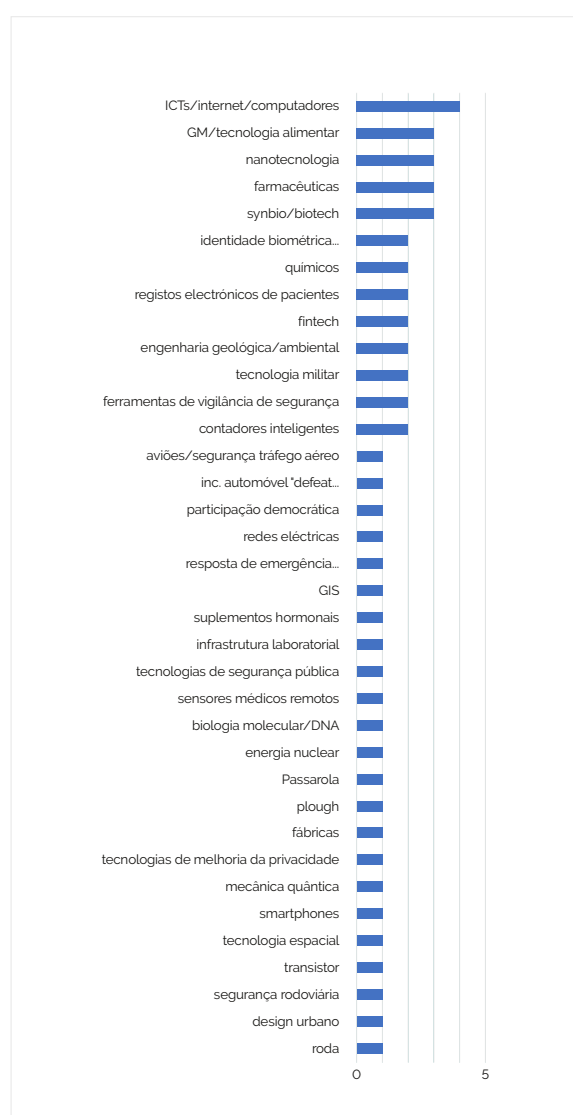
Fonte: Definições coletadas pelos autores (Bryce *et al.*, 2022).

## Comparação cruzada de relatos

Com base nos resultados da etapa anterior, os dados de cada relato foram comparados para permitir uma reflexão crítica sobre a abrangência das referências.

As Figuras 1 e 2 apresentam a frequência dos tipos de tecnologia em cada relato. A Tabela 3 resume os exemplos classificados como tecnologia, identifica o tipo de metatecnologia e as características correspondentes, além de indicar o número de referências a questões relacionadas à tecnologia digital e à reconstituição em uso.

**Figura 1. Tecnologias citadas em todos os relatos de RRI por frequência (n=55).**



Fonte: Dados processados pelos autores (Bryce *et al.*, 2022).

**Figura 2. Categorias de tecnologia referenciadas por relato (n=55).**

	EC	VS	SOM	VDH
aviões/segurança tráfego aéreo				■
inc. automóvel 'defeat...				■
gestão de identidade biométrica	■	■		
químicos		■	■	
participação democrática		■		
redes eléctricas				■
registos electrónicos de pacientes		■		■
tecnologias de resposta de emergência	■			
fintech			■	■
engenharia geológica/ambiental			■	■
GIS				■
GM/tecnologia alimentar	■	■	■	
suplementos hormonais		■		
ICTs/internet/computadores	■	■	■	■
infraestrutura laboratorial	■			
tecnologias de segurança pública	■			
sensores médicos remotos		■		
tecnologia militar		■		■
biologia molecular/DNA			■	
nanotecnologia	■	■	■	
energia nuclear				■
Passarola		■		
farmacêuticas	■	■	■	
plough				■
fábricas				■
tecnologias de melhoria da privacidade	■			
mecânica quântica			■	
ferramentas de vigilância de segurança	■	■		
contadores inteligentes		■		■
smartphones				■
tecnologia espacial		■		
synbio/biotech	■	■	■	
transistor				■
segurança rodoviária				■
design urbano				■
roda				■

Fonte: Dados processados pelos autores (Bryce *et al.*, 2022).

Tabela 3. Exemplos de tecnologias citadas em relatos de RRI, por tipo.

Relato	n <sup>4</sup>	Contagem de palavras	Exemplos de TI	Exemplos de tipo de metatecnologia <sup>5</sup>	Exemplos de características de metatecnologia <sup>6</sup>	Ocorrências de problemas digitais	Ocorrências de problemas de reconstituição em uso
EC	11	22737	6	7	4	10	0
VS	16	10100	6	7	4	4	1
SOM	10	10145	2	4	6	0	0
VDH	18	13034	5	6	3	6	0

Fonte: Dados coletados pelos autores (Bryce *et al.*, 2022).

Tabela 4. Desafios das tecnologias digitais citados em relatos de RRI.

	EC	VS	SOM	VDH
Logical malleability and interpretive flexibility	■	■		■
Prevalence and impact	■			
Pace	■			
Difficulty predicting the uses of research outcomes				
Distributed development	■	■		
Pacing problems	■			
Practical issues of embedding responsible innovation into professional responsibilities	■			■
Scope, complexity and convergence	■			■
Reconstitution in use / Onward innovation		■		

Fonte: Dados processados pelos autores (Bryce *et al.*, 2022).

## ANÁLISE

### European Commission

#### Visão Geral

O relato da European Commission sobre Inovação Responsável (RRI) foi apresentado em uma declaração política em 2012 (Comissão Europeia, 2012a) e revisitado em publicações e declarações posteriores, antes de ser integrado a chamadas de financiamento. Embora

<sup>4</sup> Número de tipos de tecnologias mencionados no relatório.

<sup>5</sup> Proporção de exemplos que correspondem a um tipo identificado de metatecnologia – consulte a Tabela 2.

<sup>6</sup> Proporção de exemplos considerados como possuindo características de metatecnologia – consulte a Tabela 2.



Timmermans e Blok (2018) observem que a literatura de RRI reconhece esses relatos como fontes autênticas da conta da CE sobre RRI, a declaração de 2012 se diferencia de outros relatos por afirmar uma agenda política — trata-se de um documento de política, e não de um artigo acadêmico. Para possibilitar uma comparação com base nos exemplos de tecnologia subjacentes utilizados na construção do relato, o relatório "Ciência com e para a Sociedade" (SwafS) sobre "Desafios Éticos e Regulatórios para a Política Científica e de Pesquisa em Nível Global" (Comissão Europeia, 2012b), apresentado pelo grupo de especialistas do SwafS, que inclui membros da UE e dos EUA, é avaliado como um documento fonte que informa o desenvolvimento da conta da EC.

### *Caracterização dos Exemplos de Tecnologia*

Uma proporção relativamente alta de exemplos no material fonte da EC foi classificada como possuindo atributos de metatecnologias, principalmente porque as tecnologias da informação apareceram de forma proeminente como exemplos no material analisado. O relato aborda quase todos os desafios das tecnologias digitais identificados por Jirotko *et al.* (2017), além de adicionar um novo desafio (a transparência inerente dos dados digitais), embora os desafios da inovação continuada não sejam discutidos.

A prevalência de exemplos digitais pode refletir questões políticas relevantes para a EC durante o desenvolvimento do relato entre 2010 e 2012, especialmente o avanço do Regulamento Geral de Proteção de Dados, que fazia parte do pacote de reforma de proteção de dados da EC, combinado com a introdução do programa de vigilância de fronteiras EuroSur. Embora não discutido nos documentos de referência, o surgimento de preocupações sobre privacidade e proteção de dados associadas ao EuroSur poderia ter sido desenvolvido como um exemplo da necessidade de antecipar os impactos associados à capacidade das tecnologias digitais de serem adaptadas para usos alternativos (neste caso, vigilância além do necessário para a segurança das fronteiras – Marin, 2011).

## *Von Schomberg*

### *Visão Geral*

O relato de von Schomberg, apresentado ao longo de uma série de estudos, é amplamente citado na literatura de Inovação Responsável e referenciado na conta de Stilgoe, Owen e Macnaghten. Escrito durante o mandato do autor como funcionário da União Europeia, o relato possui semelhanças com o da EC, mas é explicitamente uma visão pessoal, em vez de institucional. A ênfase do relato em redefinir os "impactos corretos da inovação" em termos sociais mais amplos, em vez de macroeconômicos, é sustentada por vários exemplos. Em conformidade com Timmermans e Blok (2018), von Schomberg (2013) é reconhecido como a conta autoritativa.

*Caracterização dos Exemplos de Tecnologia*

O relato de von Schomberg oferece uma ampla variedade de exemplos, incluindo tecnologias digitais, apresentando o maior número em um único estudo, superado apenas pela conta de van den Hoven, que é considerada por incluir um artigo de referência adicional. Juntamente com a conta da CE, possui o maior número de exemplos identificados como metatecnologias, incluindo discussões sobre nanotecnologia e biologia sintética, além de tecnologias da informação. Unicamente entre os relatos, considera-se o potencial das tecnologias digitais para impactar a participação democrática (p. 7-8). Há também duas menções aos desafios das tecnologias digitais e à questão da inovação contínua: através de uma discussão sobre usos adaptados dos sistemas Microsoft Kinect, a importância, sob a perspectiva de inovação responsável, de considerar o potencial para usos recombinantes (p. 7), e uma discussão sobre a necessidade da inovação responsável considerar questões de desenvolvimento distribuído (p. 13), em vez de focar exclusivamente na responsabilidade individual. Esta última questão foi recentemente ampliada no contexto do discurso sobre inovação responsável em tecnologias digitais, com referência a abordagens de ecossistemas (e.g., Stahl, 2021).

*Stilgoe, Owen e Macnaghten**Visão Geral*

A conta de Stilgoe, Owen e Macnaghten é frequentemente citada na literatura de Inovação Responsável (RRI) e, embora se baseie em uma série mais ampla de artigos, é amplamente considerada (e.g., Timmermans & Blok, 2018) como representada em Stilgoe *et al.* (2013). Este artigo oferece uma visão geral abrangente das questões e métodos emergentes relacionados à inovação responsável, categorizando-os de maneira que foi amplamente adotada, especialmente no Reino Unido, através do Engineering and Physical Sciences Research Council. Pode-se argumentar que existe uma diferença de ênfase nesta conta em comparação com as outras, concentrando-se em uma revisão de métodos e no uso de um estudo de caso aprofundado, em vez de ilustrar a partir da diversidade de exemplos. O projeto de geoengenharia SPICE – Stratospheric Particle Injection for Climate Engineering é utilizado para ilustrar o potencial dos métodos de inovação responsável para alterar trajetórias tecnológicas; no entanto, para os propósitos desta análise, não é categorizado como um exemplo digital ou metatecnológico.

*Caracterização dos Exemplos de Tecnologia*

A conta de SOM é superficialmente semelhante às contas da European Commission (EC) e de Von Schomberg (VS) no escopo dos exemplos de tecnologia mencionados. Contudo, além de breves discussões, o foco principal é na geoengenharia, e não foram identificadas referências aos desafios específicos das tecnologias digitais ou a questões de inovação contínua.

## *Van den Hoven*

### *Visão Geral*

A conta de SOM é superficialmente semelhante às contas da European Commission (EC) e de Von Schomberg (VS) no escopo dos exemplos de tecnologia mencionados. Contudo, além de breves discussões, o foco principal é na geoengenharia, e não foram identificadas referências aos desafios específicos das tecnologias digitais ou a questões de inovação contínua.

Para garantir equivalência na contagem de palavras, os estudos do corpus de van den Hoven para análise foram ampliados para incluir van den Hoven (2017). Este texto, embora publicado posteriormente, expande os pontos de referência tecnológica para a teoria da inovação responsável baseada em VSD e é citado como um trabalho em andamento pela conta principal (van de Hoven, 2013). Assim, como na conta da EC, é avaliado como parte do texto de referência.

### *Caracterização dos Exemplos de Tecnologia*

O ponto de partida para a conta de VDH são as tecnologias digitais, e o texto começa focando nas sagas do registro eletrônico de pacientes e do programa de medidores inteligentes na Holanda. Uma ampla gama de exemplos tecnológicos é citada, com uma tendência para disciplinas de engenharia física, mas também são incluídas várias discussões sobre software e aspectos de interface humano-computador. Nenhuma referência aos desafios da inovação contínua foi identificada. Embora a menção a questões como a introdução contestada de medição inteligente na Holanda exponha utilmente os desafios de complexidade associados às tecnologias digitais, a tese central — de que as equipes de design devem considerar ativamente os valores que aplicam em seu desenvolvimento — é suscetível a desafios no caso de tecnologias que, uma vez introduzidas, podem ser relativamente livremente apropriadas por diferentes atores e que podem não ser realisticamente restritas a usos associados aos valores explicitamente pretendidos por um desenvolvedor.

## DISCUSSÃO

O objetivo deste artigo é examinar criticamente as bases das abordagens paradigmáticas da Inovação Responsável (R(R)I), especialmente em relação às tecnologias digitais e ao conceito de metatecnologias, além de considerar as implicações mais amplas para a inovação responsável, caso essas abordagens tenham sido construídas utilizando exemplos que podem não contemplar certos tipos de tecnologia.

Nossas descobertas revelam duas considerações claras. A primeira é que, embora haja sugestões de que as contas de RRI possam não ter incluído tecnologias digitais e metatecnologias – e que o discurso possa precisar de revisão com base nisso – as evidências não apoiam essa conclusão à primeira vista. Cada abordagem fundamental inclui tecnologias digitais em suas referências tecnológicas e também menciona tecnologias que poderiam ser consideradas metatecnologias. Isso sugere que o discurso sobre RRI, embora em certa medida ancorado nas ciências físicas por meio da proeminência da abordagem SOM, não está intrinsecamente limitado em sua consideração da inovação sob uma perspectiva tecnológica digital. Isso abre espaço para que o discurso sobre RRI continue a influenciar a prática de inovação responsável, já que muitos grandes projetos de pesquisa se concentram na inovação digital (Comissão Europeia, 2021). No entanto, simplesmente identificar tecnologias digitais nas abordagens oferece apenas uma visão limitada sobre a representação das tecnologias digitais, e das metatecnologias em particular, dentro do discurso de RRI.

Portanto, em segundo lugar, é importante considerar até que ponto os desafios das tecnologias digitais para a RRI são abordados nas contas. Em muitos casos, as referências às tecnologias digitais são breves ou superficiais; embora uma variedade de tecnologias digitais seja identificada, a discussão em torno dos desafios dessas tecnologias é predominantemente limitada e, ocasionalmente, totalmente ausente. Aqui, as raízes do discurso de inovação responsável nas disciplinas das ciências físicas se tornam mais evidentes, já que mesmo as abordagens que oferecem alguma consideração dos desafios relacionados às tecnologias digitais geralmente não abordam todos os desafios de inovação responsável que essas tecnologias apresentam. Em particular, as abordagens não avaliam (exceto a de von Schomberg) questões de desenvolvimento distribuído ou problemas de inovação contínua associados a tecnologias que podem ser reconfiguradas em uso. A abordagem SOM – potencialmente a mais influente, conforme apontado por Loureiro e Conceição (2019) – é desenvolvida a partir de um caso das ciências físicas e não discute os desafios associados às tecnologias digitais ou a outras identificadas como metatecnologias. Isso sugere que algumas características problemáticas das metatecnologias digitais e/ou não foram totalmente consideradas nas abordagens fundamentais de RRI.

A sobreposição nos exemplos tecnológicos considerados pelas abordagens (Figura 2 acima) destaca o espírito colaborativo e o contexto contemporâneo em que as obras centrais de RRI foram produzidas. Isso pode ser um motivo de alívio, na medida em que as abordagens concordam amplamente sobre o escopo tecnológico que consideram apropriado para ilustrar o conceito de RRI – mas também pode indicar que, assim como a disciplina de Estudos de Ciência e Tecnologia foi desenvolvida em resposta a preocupações específicas da nanotecnologia, a Pesquisa e Inovação Responsáveis pode, em certa medida, estar fundamentada em problemas tecnológicos do século XX

e início do século XXI, implicando que as metodologias que prescreve podem se tornar menos relevantes para as tecnologias digitais emergentes.

À medida que as teorias se desenvolvem em um contexto histórico específico, é razoável sugerir que uma reafirmação das abordagens de RRI na década de 2020 pode trazer à tona desafios da avaliação e governança das tecnologias digitais de forma mais proeminente. Além disso, isso representa um desafio: para manter o aspecto constantemente autocrítico exigido pelos autores fundadores de RRI, é necessário revisitar os problemas que a RRI deve abordar e as técnicas necessárias para enfrentá-los, em relação à tecnologia digital. As dificuldades específicas de aplicar os princípios de RRI ao desenvolvimento de tecnologias digitais são claramente reconhecidas, e algumas recomendações estão começando a surgir na tentativa de desenvolver a RRI em uma estrutura capaz de lidar com essas dificuldades, promovendo ao mesmo tempo uma inovação socialmente desejável (Jirotko *et al.*, 2017). No entanto, dada a natureza situada do desenvolvimento de RRI em um contexto histórico e tecnológico específico, deve-se questionar se uma mudança fundamental em direção a metatecnologias digitais cada vez mais prevalentes pode exigir uma reconsideração da própria RRI; uma abordagem de inovação responsável desenvolvida para abordar questões sociais e éticas nas ciências físicas pode traduzir adequadamente as questões sociais e éticas associadas a metatecnologias digitais emergentes e disruptivas? Embora a resposta a essa pergunta ainda seja debatida, é notável que a *doteveryone*, uma organização não governamental, propôs uma mudança em direção a uma abordagem "responsável por design" (Miller & Ohrvik-Stott, 2018) com base em questões sociais e éticas específicas em relação às tecnologias digitais, incorporando, por exemplo, direitos humanos fundamentais que podem ser sub-representados por tecnologias digitais (meta) que têm uma natureza abrangente.

Este estudo, portanto, fornece suporte geral à validade das contas seminais de RRI, ao mesmo tempo em que destaca a necessidade de uma análise mais aprofundada das tecnologias digitais novas e emergentes e, em particular, sua capacidade de permitir a inovação contínua. Nesse sentido, a percepção de Braman (2007) sobre o grau em que uma tecnologia pode moldar ou criar novos fluxos de informação pode ser a mais relevante. O conceito de "metatecnologia" é, nesse sentido, uma questão de grau, em vez de tipo – os conceitos de "barreiras de entrada" e "custo marginal de reprodução" podem fornecer medidas úteis do potencial das tecnologias para proliferar e "mutar", para fins de avaliação tecnológica. Isso pode ressaltar as implicações de invenções que democratizam a inovação ou permitem que os usuários recombinem conjuntos de dados e serviços díspares, como APIs e ferramentas de low-code, o potencial em nível de rede de dispositivos conectados em grande escala, e as suposições inerentes, por exemplo, ao movimento em direção ao desenvolvimento de software de código aberto.

Ao mesmo tempo, isso nos convida a considerar, diante da tecnologia digital cada vez mais onipresente, até que ponto todo o aparato de RRI pode ainda precisar ser reconsiderado. Se a ideia de que as implicações da inovação responsável podem ser antecipadas em um estágio inicial é um dos princípios centrais da RRI, mas as tecnologias digitais permitem cada vez mais uma gama exponencialmente mais ampla de aplicações – e são desenvolvidas de forma distribuída, de modo que equipes que trabalham em componentes podem não estar cientes de suas implicações mais amplas – pode ser necessário redefinir o foco da inovação responsável em níveis mais baixos, nas organizações e indivíduos que configuram o uso de tecnologias digitais logicamente maleáveis. Isso pode ser especialmente verdadeiro se a difusão das metatecnologias digitais acelerar a taxa de inovação tecnológica sem a contribuição da comunidade científica (Godin, 2016).

Isso, por sua vez, pode ter implicações para a regulamentação de potenciais metatecnologias (por exemplo, impressão 3D) e apoia argumentos de que, quando os usos e os impactos sociais não podem ser antecipados de maneira confiável, as políticas de inovação e as avaliações de inovação responsável devem considerar cada vez mais a prevenção ou a exnovação das tecnologias como um resultado válido e potencialmente desejável. Nesse sentido, nossas descobertas apoiam o argumento de Owen e Pansera (2019) de que, para que as atividades de inovação responsável sejam aplicadas de forma significativa ao ecossistema de inovação mais amplo, dada a interconexão ambiental, política e ética das inovações tecnovisionárias disruptivas, será cada vez mais necessário considerar dimensões políticas além das técnicas da governança.

Vale também refletir que a RRI, em particular, está especificamente situada no aparato político europeu (Owen, 2019), e, como tal, pode presumir aspectos do uso da tecnologia, mecanismos de inovação ou práticas de inovação responsável que são específicos a cada região (Wakunuma *et al.*, 2021). Tecnologias sujeitas a regulamentação rigorosa no Ocidente, como reconhecimento facial, podem não estar igualmente restritas em outras culturas, resultando em sua proliferação, amadurecimento e desenvolvimento de novas aplicações com implicações globais. Da mesma forma, barreiras de entrada baixas em uma região podem ser intransponíveis em outras, por exemplo, devido a questões relacionadas ao acesso à internet de banda larga e ao poder computacional, e isso pode restringir a inovação contínua. Assim, a crescente proeminência das tecnologias digitais (meta) também implica a necessidade de um foco maior em sistemas de inovação não ocidentais. Essa perspectiva levanta questões sobre a viabilidade da tradução, até mesmo dos conceitos fundamentais de inovação responsável, em relação a tecnologias que apresentam impactos profundamente diversos entre e nas regiões globais.

## CONCLUSÃO

Embora as abordagens fundamentais da Inovação Responsável (RRI) incluam referências a tecnologias digitais e metatecnologias, a brevidade dessas menções e a possibilidade de que não abranjam todos os desafios específicos associados a essas tecnologias indicam que é necessário um aprofundamento na exploração e teorização da inovação responsável em relação às tecnologias digitais. Isso é essencial para manter a relevância das disciplinas de inovação responsável diante de tecnologias e práticas emergentes. Em particular, é importante considerar como essas tecnologias possibilitam a inovação contínua em diferentes contextos culturais e organizacionais, além de buscar continuamente esclarecimentos sobre os futuros que desenvolvimentos tecnológicos específicos podem viabilizar, seja isoladamente ou em combinação com outras tecnologias emergentes.

Como reflexão final, Stilgoe *et al.* (2013, p. 32) utilizam uma analogia viral ao sugerir que as tecnologias emergentes apresentam desafios adicionais para os governos (e, por extensão, para as organizações), na medida em que encontram organismos para os quais ainda não desenvolveram uma 'resposta imune' regulatória. Isso pode indicar novas direções de pesquisa que utilizem métodos da economia evolutiva para desenvolver uma 'genética da tecnologia'. Mais significativamente, sugere que o potencial da inovação responsável para proteger a sociedade contra danos tecnológicos e conectar inovações aos 'fins corretos' depende de nossa compreensão do estado da arte da tecnologia e dos vetores inovadores pelos quais ela se desenvolve.

Assim, embora este estudo tenha constatado que as narrativas paradigmáticas de pesquisa e inovação responsáveis não negligenciam as tecnologias digitais e aquelas que podemos identificar como metatecnologias, o valor contínuo da RRI como discurso em nossa sociedade dependerá da consciência detalhada de pesquisadores e praticantes sobre o potencial dessas tecnologias para a inovação em cascata e para a inovação subsequente.

## REFERÊNCIAS

- Abernathy, W. J., & Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research Policy*, 14(1), 3-22. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(85\)90021-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(85)90021-6)
- Arthur, W. B. (2009). *The nature of technology: What it is and how it evolves* (1. Edição brochura da Free Press). Free Press.
- Bautista, S., Mazaj, J., & Cárdenas, M. (2018). Developing RRI Practices: The Role of the ICT in Stakeholders' Knowledge Exchange and Co-creation Processes. In F. Ferri, N. Dwyer, S. Raicevich, P. Grifoni, H. Altiok, H. T. Andersen, Y. Laouris, & C. Silvestri, *Responsible Research and Innovation Actions in Science Education, Gender and Ethics* (pp. 21-26). Springer International Publishing. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73207-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73207-7_4)



- Beale, N., Battey, H., Davison, A. C., & MacKay, R. S. (2020). An unethical optimization principle. *Royal Society Open Science*, 7, 200462. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsos.200462>
- Berghel, H. (2018). Malice Domestic: The Cambridge Analytica Dystopia. *Computer*, 51(5), 84-89. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MC.2018.2381135>
- Bessant, J. (2013). Innovation in the Twenty-First Century. In R. Owen, J. Bessant, & M. Heintz (Eds.), *Responsible Innovation* (pp. 1-25). John Wiley & Sons, Ltd. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118551424.ch1>
- Blok, V. (2020). What is Innovation? Laying the Ground for a Philosophy of Innovation. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 25(1), 72-96. Disponível em: <https://doi.org/10.5840/techne2020109129>
- Blok, V., & Lemmens, P. (2015). The Emerging Concept of Responsible Innovation. Three Reasons Why It Is Questionable and Calls for a Radical Transformation of the Concept of Innovation. In: Koops et al. (eds.), *Responsible Innovation 2 - Concepts, Approaches, and Applications* (p. 19-35). Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-17308-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17308-5_2)
- Borgogno, O., & Colangelo, G. (2019). Data sharing and interoperability: Fostering innovation and competition through APIs. *Computer Law & Security Review*, 35(5), 105314. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2019.03.008>
- Braman, S. (Ed.). (2004). The Meta-Technologies of Information. In *Biotechnology and communication: The meta-technologies of information* (pp. 3-38). Lawrence Erlbaum Associates.
- Bross, I. D. J. (1981). Metatechnology: A technology for the safe, effective, and economical use of technology. *Metamedicine*, 2(2), 145-153. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00884419>
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies* (Primeira Edição). W. W. Norton & Company.
- Cheong, M., Lederman, R., McLoughney, A., Njoto, S., Ruppanner, L., & Wirth, A. (2021). *Ethical Implications of AI Bias as a Result of Workforce Gender Imbalance*. Universidade de Melbourne. Disponível em: [https://about.unimelb.edu.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0024/186252/NEW-RESEARCH-REPORT-Ethical-Implications-of-AI-Bias-as-a-Result-of-Workforce-Gender-Imbalance-UniMelb,-UniBank.pdf](https://about.unimelb.edu.au/_data/assets/pdf_file/0024/186252/NEW-RESEARCH-REPORT-Ethical-Implications-of-AI-Bias-as-a-Result-of-Workforce-Gender-Imbalance-UniMelb,-UniBank.pdf)
- Christensen, C. M. (1997). The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail. Harvard Business School Press.
- Christensen, C., Raynor, M., & McDonald, R. (2015). What Is Disruptive Innovation? *Harvard Business Review*, Dezembro, 44-53.
- Cressman, D. (2019). Disruptive Innovation and the Idea of Technology. *Novation-Critical Studies of Innovation*, 1(June), 18-40. Disponível em: <http://www.novation.inrs.ca/index.php/novation/article/view/7>
- Criado-Perez, C. (2020). Invisible women: Data bias in a world designed for men. Abrams.
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226, 107617. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>
- Dastin, J. (2018). *Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women*. Reuters, 10 de dezembro. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G>
- David, P. A., & Wright, G. (2006). The Economic Future in Historical Perspective. British Academy.



- de Reuver, M., van Wynsberghe, A., Janssen, M., & van de Poel, I. (2020). Digital platforms and responsible innovation: Expanding value sensitive design to overcome ontological uncertainty. *Ethics and Information Technology*, 22(3), 257-267. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10676-020-09537-z>
- European Commission. (2012a). *Responsible Research and Innovation – Europe’s ability to respond to societal challenges (KI-31-12-921-EN-C)*. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2be36f74-b490-409e-bb60-12fd438100fe>
- European Commission. (2012b). *Ethical and Regulatory Challenges to Science and Research Policy at the Global Level (KI-NA-25-101-EN-C)*. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/84fc3de4-6641-4d9e-be58-9ca7da3d397b/language-en>
- European Commission. (2018). *Re-Finding Industry*. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/28e1c485-476a-11e8-be1d-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-116043022>
- European Commission. (2021). *Horizon Europe Strategic Plan 2021-2024*. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/3c6ffd74-8ac3-11eb-b85c-01aa75ed71a1>
- Feenberg, A. (2017). *Technosystem: The social life of reason*. Harvard University Press.
- Fries, M.-H. (2018). Nanotechnology and the Gray Goo Scenario: Narratives of Doom? *ILCEA*, 31. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/ilcea.4687>
- George, G., Haas, M. R., & Pentland, A. (2014). Big Data and Management. *Academy of Management Journal*, 57(2), 321-326. Disponível em: <https://doi.org/10.5465/amj.2014.4002>
- Gillin, P. (2020). Low-code and no-code tools may finally usher in the era of 'citizen developers'. *Silicon Angle*, 6 de outubro. Disponível em: <https://siliconangle.com/2020/10/06/low-code-no-code-tools-may-finally-usher-era-citizen-developers/>
- Glazer, R. (2007). Meta-Technologies and Innovation Leadership: Why There May Be Nothing New under the Sun. *California Management Review*, 50(1), 120-143. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/41166419>
- Godin, B. (2016). Technological Innovation: On the Origins and Development of an Inclusive Concept. *Technology and Culture*, 57(3), 527-556. Disponível em: <https://doi.org/10.1353/tech.2016.0070>
- Grunwald, A. (2014). The hermeneutic side of responsible research and innovation. *Journal of Responsible Innovation*, 1(3), 274-291. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23299460.2014.968437>
- Grunwald, A. (2019). Responsible innovation in emerging technological practices. In R. von Schomberg & J. Hankins (Eds.), *International Handbook on Responsible Innovation. A Global Resource* (pp. 326-338). Edward Elgar Publishing. Disponível em: <https://doi.org/10.4337/9781784718862.00031>
- Grunwald, A. (2020). The objects of technology assessment. Hermeneutic extension of consequentialist reasoning. *Journal of Responsible Innovation*, 7(1), 96-112. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23299460.2019.1647086>
- Hoadley, C. M., Xu, H., Lee, J. J., & Rosson, M. B. (2010). Privacy as information access and illusory control: The case of the Facebook News Feed privacy outcry. *Electronic Commerce Research and Applications*, 9(1), 50-60. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2009.05.001>
- Hogendorn, C., & Frischmann, B. (2020). Infrastructure and general purpose technologies: A technology flow framework. *European Journal of Law and Economics*, 50(3), 469-488. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10657-020-09642-w>

- Jirotko, M., Grimpe, B., Stahl, B., Eden, G., & Hartswood, M. (2017). Responsible research and innovation in the digital age. *Communications of the ACM*, 60(5), 62-68. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3064940>
- Jonas, Hans (1979). Toward a Philosophy of Technology. *Hastings Center Report*, 9(1), 34-43.
- Jovanovic, B., & Rousseau, P. L. (2005). General Purpose Technologies. In *Handbook of Economic Growth* (Vol. 1, pp. 1181-1224). Elsevier. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01018-X](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01018-X)
- Kagermann, H., Wolf-Dieter, L., & Walster, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. *VDI Nachrichten*, 13(2). Disponível em: [https://www.dfki.de/fileadmin/user\\_upload/DFKI/Medien/News\\_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf](https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf)
- Kendall, K. E. (1997). The Significance of Information Systems Research on Emerging Technologies: Seven Information Technologies that Promise to Improve Managerial Effectiveness. *Decision Sciences*, 28(4), 775-792. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1997.tb01331.x>
- Kimmel, L., & Kestenbaum, J. (2014). What's Up with WhatsApp? A Transatlantic View on Privacy and Merger Enforcement in Digital Markets. *Antitrust*, 29, 48-54.
- Koksal, I. (2019). The Rise Of Low-Code App Development. *Forbes*. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/ilkerkoksal/2020/04/29/the-rise-of-low-code-app-development/?sh=4fc5d8186807>
- Loureiro, P. M., & Conceição, C. P. (2019). Emerging patterns in the academic literature on responsible research and innovation. *Technology in Society*, 58. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101148>
- Marin, L. (2011). Is Europe Turning into a 'Technological Fortress'? Innovation and Technology for the Management of EU's External Borders: Reflections on FRONTEX and EUROSUR. In M. A. Heldeweg & E. Kica (Eds.), *Regulating Technological Innovation* (pp. 131-151). Palgrave Macmillan UK. Disponível em: [https://doi.org/10.1057/9780230367456\\_8](https://doi.org/10.1057/9780230367456_8)
- Meyrowitz, J. (1995). Mediating Communication: What Happens? In J. Downing, A. Mohammadi, A. Sreberney-Mohammadi (Eds.), *Questioning the Media: A Critical Introduction*. Sage Publications.
- Mitcham, C. (1995). Notes toward a Philosophy of Meta-Technology. *Society for Philosophy and Technology Quarterly Electronic Journal*, 1(1), 13-17. Disponível em: <https://doi.org/10.5840/techne199511/25>
- Miller, C., & Ohrvik-Stott, J. (2018). *Regulating for Responsible Technology—Capacity, Evidence and Redress: A New System for a Fairer Future*. Doteveryone. Disponível em: <https://doteveryone.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Doteveryone-Regulating-for-Responsible-Tech-Report.pdf>
- Moor, J. H. (1985). What is Computer Ethics? *Metaphilosophy*, 16(4), 266-275. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9973.1985.tb00173.x>
- Nordrum, A. (2016). *Popular Internet of Things Forecast of 50 Billion Devices by 2020 Is Outdated*. IEEE Spectrum. Disponível em: <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/internet/popular-internet-of-things-forecast-of-50-billion-devices-by-2020-is-outdated>
- Owen, R., & Pansera, M. (2019). Responsible Innovation: Process and Politics. In R. von Schomberg, & J. Hankins (Eds.), *International Handbook on Responsible Innovation: A Global Resource* (pp. 35-48). Elgar Publishing.
- Owen, Richard. (2019). Responsible Innovation and Responsible Research and Innovation. In D. Simon, S. Kuhlmann, J. Stamm, & W. Canzler (Eds.), *Handbook on Science and Public Policy* (pp. 26-48). Edward Elgar Publishing. Disponível em: <https://doi.org/10.4337/9781784715946.00010>

- Ribeiro, B. E., Smith, R. D. J., & Millar, K. (2017). A Mobilising Concept? Unpacking Academic Representations of Responsible Research and Innovation. *Science and Engineering Ethics*, 23, 81–103. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11948-016-9761-6>
- Rip, A., & Voß, J.-P. (2013). Umbrella Terms as a Conduit in The Governance of Emerging Science and Technology. *Science, Technology & Innovation Studies*, 9(2), 39-60.
- Silver, A. (2017). Software simplified. *Nature*, 546(7656). Disponível em: <https://www.nature.com/news/software-simplified-1.22059>
- Simakova, E., & Coenen, C. (2013). Visions, Hype, and Expectations: A Place for Responsibility. In R. Owen, J. Bessant, & M. Heintz (Eds.), *Responsible Innovation* (pp. 241-267). John Wiley & Sons, Ltd. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118551424.ch13>
- Stahl, B. C. (2013). Responsible research and innovation: The role of privacy in an emerging framework. *Science and Public Policy*, 40(6), 708-716. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/scipol/sct067>
- Stahl, B. C. (2021). *Artificial intelligence for a better future: An ecosystem perspective on the ethics of AI and emerging digital technologies*. Springer. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69978-9>
- Stahl, B. C., Borsella, E., Porcari, A., & Mantovani, E. (2019). Responsible innovation in ICT: Challenges for industry. In R. von Schomberg, & J. Hankins (Eds.), *International Handbook on Responsible Innovation. A Global Resource* (pp. 367-378). Edward Elgar Publishing. Disponível em: <https://doi.org/10.4337/9781784718862.00034>
- Stilgoe, J., Owen, R., & Macnaghten, P. (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42(9), 1568-1580. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008>
- Timmermans, J., & Blok, V. (2018). A critical hermeneutic reflection on the paradigm-level assumptions underlying responsible innovation. *Synthese*, 198, 4635-4666. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11229-018-1839-z>
- Vallenilla, E. M. (1999). From Meta-Technology to Ecology. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 19(5), 411-415. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/027046769901900509>
- Van De Poel, I. (2003). The transformation of technological regimes. *Research Policy*, 32(1), 49-68. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00195-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00195-0)
- van den Hoven, J. (2013). Value Sensitive Design and Responsible Innovation. In R. Owen, J. Bessant, & M. Heintz (Eds.), *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society* (pp. 75-83). John Wiley & Sons Inc.
- van den Hoven, J. (2017). The Design Turn in Applied Ethics. In J. van den Hoven, S. Miller, & T. Pogge (Eds.), *Designing in Ethics* (1st ed., pp. 11-31). Cambridge University Press. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/9780511844317.002>
- von Schomberg, L., & Blok, V. (2019). Technology in the Age of Innovation: Responsible Innovation as a New Subdomain Within the Philosophy of Technology. *Philosophy & Technology*, 34, 309-323. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00386-3>
- von Schomberg, R. (2013). A Vision of Responsible Research and Innovation. In R. Owen, J. Bessant, & M. Heintz (Eds.), *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society* (pp. 51-74). John Wiley & Sons Inc. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118551424.ch3>
- Wakunuma, K., de Castro, F., Jiya, T., Inigo, E. A., Blok, V. & Bryce, V. (2021). Reconceptualising responsible research and innovation from a Global South perspective. *Journal of Responsible Innovation*, 8(2), 267-291. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23299460.2021.1944736>

- Winfield, A. F., Michael, K., Pitt, J., & Evers, V. (2019). Machine Ethics: The Design and Governance of Ethical AI and Autonomous Systems [Scanning the Issue]. *Proceedings of the IEEE*, 107(3), 509-517. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2900622>
- Wolf, M. J., Miller, K. W., & Grodzinsky, F. S. (2019). On the responsibility for uses of downstream software. In D. E. Wittkower (Ed.), *Computer Ethics – Philosophical Enquiry (CEPE) Proceedings* (14 pp.). Disponível em: <https://doi.org/10.25884/7576-WD27>
- Wright, G. (2000). Book Reviews – General Purpose Technologies and Economic Growth. *Journal of Economic Literature*, 38(1), 161-162. Disponível em: <https://doi.org/10.1257/jel.38.1.115>