



## A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL COMO FACILITADOR NA MODELAGEM DE NEGÓCIOS CIRCULARES

Hermenegildo Almeida Chingamba (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL) neemenerosa04@gmail.com  
Istefani Carísio De Paula (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL) istefanicpaula@gmail.com

### Resumo

A economia circular ganhou destaque em muitas esferas da sociedade por ser uma resposta aos desafios da sustentabilidade. Neste trabalho temos como objetivo analisar a literatura em busca de evidências que demonstrem a forma como a transformação digital pode influenciar a estruturação de modelos de negócios circulares. Para o alcance do mesmo foi utilizado como procedimentos metodológicos a revisão sistemática da literatura (RSL), foram usadas as bases de dados da *Web Of Science* e *Scopus* e a análise e síntese de resultados. Duas abordagens foram identificadas a saber, abordagem integrativa e abordagem de coexistência que ajudaram a gerar *insights* para a construção do framework. Portanto, percebe-se que a transformação digital desempenha um papel importante como facilitador na modelagem de negócios circulares dentro da abordagem de coexistência.

**Palavras-Chaves:** Economia circular. Modelos de negócios circulares. Transformação digital. Inovação.

### 1. Introdução

O modelo econômico linear vigente é insustentável para garantir as condições necessárias ambiental, econômica e sociais para as próximas gerações. E as inovações decorrentes das revoluções industriais possibilitou a mudança de uma produção artesanal para uma economia em escala, isto significou, de certa forma, maior desempenho nos processos de produção e maior utilização dos recursos naturais para satisfação das necessidades e desejos das pessoas (MOTTA; ISSBERNER; PRADO, 2018).



Deste modo o fenômeno de extrair, fabricar, usar, descartar decorrente do paradigma linear permeia a produção de praticamente tudo o que é consumido pelo ser humano – vestuário, utensílios, embalagens, eletroeletrônicos, eletrodomésticos, dentre outros (MILLAR; MCLAUGHLIN; BÖRGER, 2019). O esgotamento de vários recursos naturais, aliada aos problemas consequentes do excesso de resíduos gerados por um consumo de grande magnitude; as emissões de gases na atmosfera que causa o efeito estufa e mudanças climáticas; o aumento populacional são questões importantes a serem resolvidos (TURGALI et al., 2021).

Paradoxalmente ao processo linear, isto remete a sociedade a um novo paradigma de relacionamento com o meio ambiente, novos modos de produção, tipos de negócios e hábitos da sociedade para transição em direção à economia circular (AKHIMIEN; LATIF; HOU, 2021). Para tanto, os modelos de negócios desempenham um papel relevante na transição da economia linear para economia circular na criação, entrega e captura de valor circular (LEWANDOWSKI, 2016). Esta transição está ligada a inovações no sistema e modelo de negócios, afim de obter maior efetividade sistêmica e impactos positivos (ambientais, econômicos e sociais) (ROSA et al., 2020).

A aceleração desta transição exige alguns facilitadores para viabilizar este processo, concomitantemente a transformação digital na mudança da cultura organizacional, adoção de tecnologias, redefinir processos, habilitação de competências (BAG et al., 2020). Neste sentido as questões norteadoras da pesquisa são: “ como a transformação digital pode facilitar na modelagem de negócios circulares (proposta, criação, entrega e captura)? ” “ De que forma a transformação digital pode ajudar na aceleração da transição dos processos e sistemas linear para processos e sistemas circular impulsionado por modelos de negócios circulares? ”

Neste trabalho temos como objetivo analisar a literatura em busca de evidências que demonstrem de que forma a transformação digital pode influenciar a estruturação de modelos de negócio circulares. A contribuição prática é incrementar a discussão sobre como operacionalizar a economia circular nos negócios e a contribuição teórica é aprofundar no entendimento de variáveis norteadoras da transição entre modelos lineares e circulares.

## **2. Referencial teórico**

### **2.1 Modelos de negócios (MN) na economia circular (EC)**

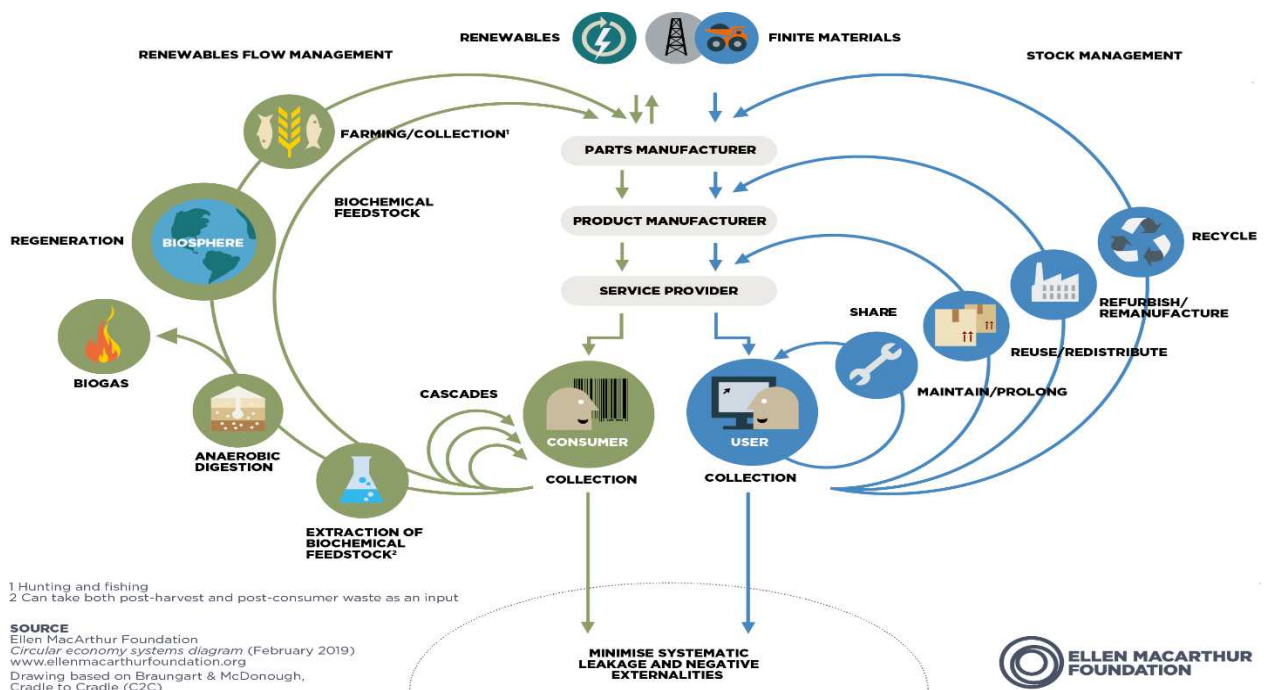
Prieto-Sandoval; Jaca; Ormazabal, (2018) definem EC como um sistema econômico que expressa uma transformação de paradigma na maneira como a sociedade se relaciona com a

mãe natureza e conscientiza-se na eliminação de resíduos para fechar o ciclo de material e energia, em detrimento da nos níveis micro (empresas e consumidores), meso (agentes econômicos integrados em simbiose) e macro (cidades, regiões e governos) alcança-se o desenvolvimento sustentável. O conceito de EC se baseia em três princípios segundo Ellen Macarthur Foundation (2013):

- Preservar e aprimorar o capital natural;
- Otimizar os rendimentos dos recursos em uso;
- Promover a eficácia do sistema (minimizando as externalidades negativas).

O diagrama borboleta nos orienta como podemos elaborar estratégias para atuarmos em diferentes demandas para sustentabilidade. O ciclo técnico lida com os recursos finitos e não renováveis de maneira a fechar o ciclo e eliminar resíduos na forma de compartilhamento, manutenção, reutilização, remanufatura e reciclagem de produtos; o ciclo biológico lida com os recursos renováveis e inesgotáveis (VELENTURF et al., 2019).

Figura 1: Diagrama Borboleta



Fonte: EMF (2019)

Com este diagrama os modelos de negócios podem atuar dentro do framework ReSolve (LEWANDOWSKI, 2016), com diferentes frentes ou em uma parcela do diagrama, em detrimento de vários níveis micro (empresas e consumidores), meso (agentes econômicos

integrados em simbiose) e macro (cidades, regiões e governos) (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

Boons; Lüdeke-Freund (2013), constataram quatro elementos de um conceito genérico de modelo de negócios: Proposta de valor: qual valor está embutido no produto/serviço oferecido pela empresa; Cadeia de suprimentos (ou valor):

- Como os relacionamentos upstream com fornecedores são estruturados e gerenciados;
- Interface com o cliente: como os relacionamentos downstream com os clientes são estruturados e gerenciados;
- Modelo financeiro: custos e benefícios e sua distribuição entre os stakeholders do modelo de negócios.

Já a inovação em modelo de negócios, consiste em mudar, criar, diversificar, transformar modelo de negócios como resposta a oportunidades internos e externos (GEISSDOERFER; VLADIMIROVA; EVANS, 2018), para possibilitar as mudanças estratégicas em processos de inovação, ou a fonte de vantagem competitiva.

Os MN criam, entregam e capturam valor ecológico e valor social mensurável como acontece com a dimensão econômica? (MANNINEN et al., 2018). Para que este valor seja circular contribuindo com o tripé da sustentabilidade (ambiental, econômico e social) é necessário que os MN apliquem os princípios da economia circular (LEWANDOWSKI, 2016) onde a inovação é um facilitador deste processo.

Os MN de EC podem ser classificados de diferentes maneiras, desaceleração, fechamento e estreitamento de ciclos de recursos, ou em seis categorias, ciclo curto, ciclo longo, cascata, círculos puros, digitalização e produção sob demanda (LINDER; WILLIANDER, 2015).

Modelos de Negócios Circulares (MNC) são modelos de negócios que possibilitam gerar sistemas regenerativos por natureza; eles procuram manter o valor do recurso em seu máximo pelo tempo que for viável, e eliminar ou reduzir recursos, fechando, diminuindo ou reduzindo os fluxos de recursos (HOFMANN, 2019). Para esta transição é necessário implementar e gerenciar estes MNC.

## **2.2 Transformação digital**

As diferentes ondas de inovações trouxeram grandes mudanças nos contextos sociais, econômicos, políticos e ambiental. Especificamente as três grandes ondas de inovação mais recentes, que se estabelecem a partir da metade do século XX, foram tachadas

fundamentalmente pelas inovações causadas por eletrônica (FREEMAN, 1973), software, redes abertas de computadores e por sistemas em rede, que se tornam o pedestal e a pedra angular de quase todas as inovações digitais do século XXI (BENITEZ; AYALA; FRANK, 2020).

Deste modo, já encontramos na literatura vários trabalhos de revisão sistemática mostrando o papel das tecnologias digitais como facilitadores na EC (RANTA; AARIKKA-STENROOS; MÄKINEN, 2018). Assim como está evidenciado na figura 2.

Figura 2: Tecnologias digitais em EC

<b>Autores</b>	<b>Tecnologias digitais em CE</b>
(PAGOROPOULOS et al., 2017)	Três camadas de arquitetura para tecnologias digitais: coleta de dados (RFID e Internet das Coisas), integração de dados (sistemas de gerenciamento de banco de dados e gerenciamento do ciclo de vida do produto) e análise de dados (big data analytics e inteligência artificial).
(LOPES DE SOUSA JABBOUR et al., 2018)	Tecnologias da indústria 4.0 (sistemas ciberfísicos, fabricação em nuvem, Internet das Coisas e fabricação aditiva) que são adequadas para habilitar modelos de negócios de CE.
(UÇAR; DAIN; JOLY, 2020)	Tecnologias digitais como gatilhos e facilitadores de modelos de negócios de CE por meio de coleta de dados, troca de dados, armazenamento de dados e funcionalidades de análise de dados.
(ALCAYAGA; WIENER; HANSEN, 2019)	Uso inteligente, manutenção inteligente, reutilização inteligente, remanufatura inteligente e reciclagem inteligente habilitados por monitoramento remoto, bancos de dados de vida útil do produto, análise e inteligência de negócios e recursos de atuação que afetam todas as partes do modelo de negócios.
(ROSA et al., 2020)	Tecnologias da Indústria Circular 4.0: manufatura aditiva, big data e análises, sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas e simulação.
	Áreas de aplicação da Digital CE: transformação digital, gestão do ciclo de vida, desmontagem 4.0, reutilização 4.0, reciclagem 4.0, remanufatura 4.0, eficiência de recursos, modelos de negócios circulares e serviços inteligentes e gestão da cadeia de suprimentos.

Fonte: Adaptado de Ranta; Aarikka-Stenroos; Väisänen (2021)

Alguns pesquisadores se dedicam a encontrar as tecnologias digitais mais adequadas para facilitar a transição na EC de forma geral (OKORIE et al., 2021) e outros se concentram mais em tecnologias digitais que ajudam modelos de negócios circulares (sistema de produto-serviço), isto dependentemente do setor e os níveis micro, meso e macro.

Percebe-se que as organizações precisam encontrar maneiras de inovar com essas tecnologias digitais, dentro de suas estratégias, envolvem as implicações da transformação digital para impulsionar um melhor desempenho operacional (MATT; HESS; BENLIAN, 2015). De outro lado, existe o risco das empresas abraçarem a digitalização, mas isto por si só não muda as

bases da criação, entrega e captura de valor, torna-se apenas codificação de processos de suporte e interfaces digitais de controle dos processos e uso de artefatos.

Vial (2019), destaca em seu trabalho que transformação digital como um processo em que as tecnologias digitais criam disrupções ou incrementos, abrindo respostas estratégicas de organizações na possibilidade de modificar as bases de criação de valor enquanto gerenciam as mudanças estruturais e as barreiras organizacionais que afetam positivamente e negativamente os resultados deste processo.

Assim, pode-se entender a transformação digital como um processo contínuo de escalada de maturidade digital, utilizando tecnologias digitais, redefinir processos, práticas e modelo organizacionais, para criar uma cultura digital (LUCIJA; VUKSIC'; SPREMIC', 2019).

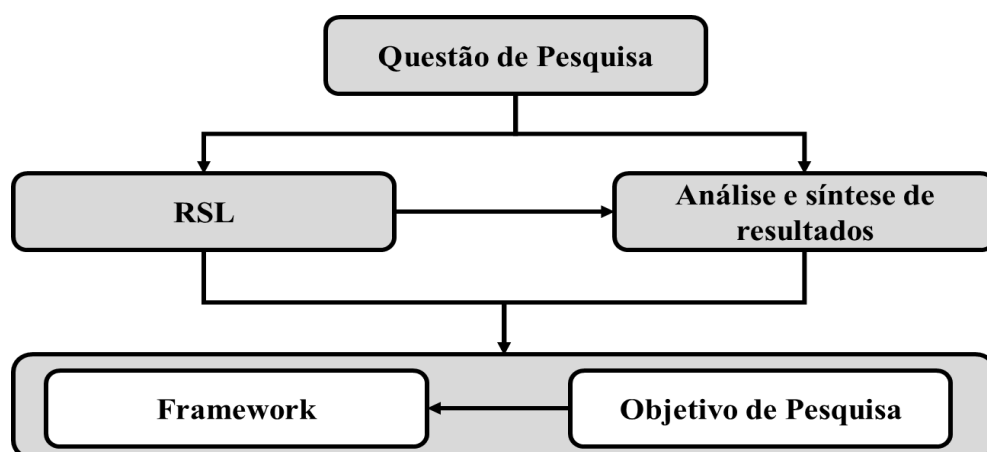
Porém, a tecnologia é uma das variáveis nesta equação deste contexto complexo sobre transformação digital (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019). Outros elementos para definição, redefinição para criação de valor para além das tecnologias a saber, estratégias, mudanças nas estruturas, processos e cultura (MATT; HESS; BENLIAN, 2015), apesar de isso não ser um caminho linear e simplista para sua execução.

Vial (2019), entende que o redesenho da proposta de valor e sua operacionalização é necessário que haja um alinhamento com a estratégia, tecnologia, estrutura, processos, cultura de forma que o processo de transformação digital seja realmente efetivo.

### 3. Metodologia

A figura 3, mostra a estrutura geral dos procedimentos metodológicos adotamos para o alcance do objetivo e responder à pergunta de pesquisa.

Figura 3: Procedimentos metodológicos



A RSL, é útil quando o objetivo é compreender o avanço e as tendências de um campo de pesquisa específico e identificar padrões nos tópicos de pesquisa abordados em diferentes campos de pesquisa (MEINDL et al., 2021). Tendo em vista amostra de artigos resultante da RSL, foi realizado a análise e síntese de resultados.

### 3.1 Procedimentos Metodológicos

A coleta do material foi realizada através da *Web of Science (WoS)* e *Scopus*, que são as bases de dados científicas mais extensivas. Usando as mesmas *strings* como mostra a figura 4.

Deste modo foi realizada a pesquisa no intervalo de tempo entre ano de 2008 a 2022. Simplesmente as publicações referentes a “Artigo” ou “artigo de revisão” foram selecionadas por terem passado por um rigoroso processo de revisão por pares antes da publicação.

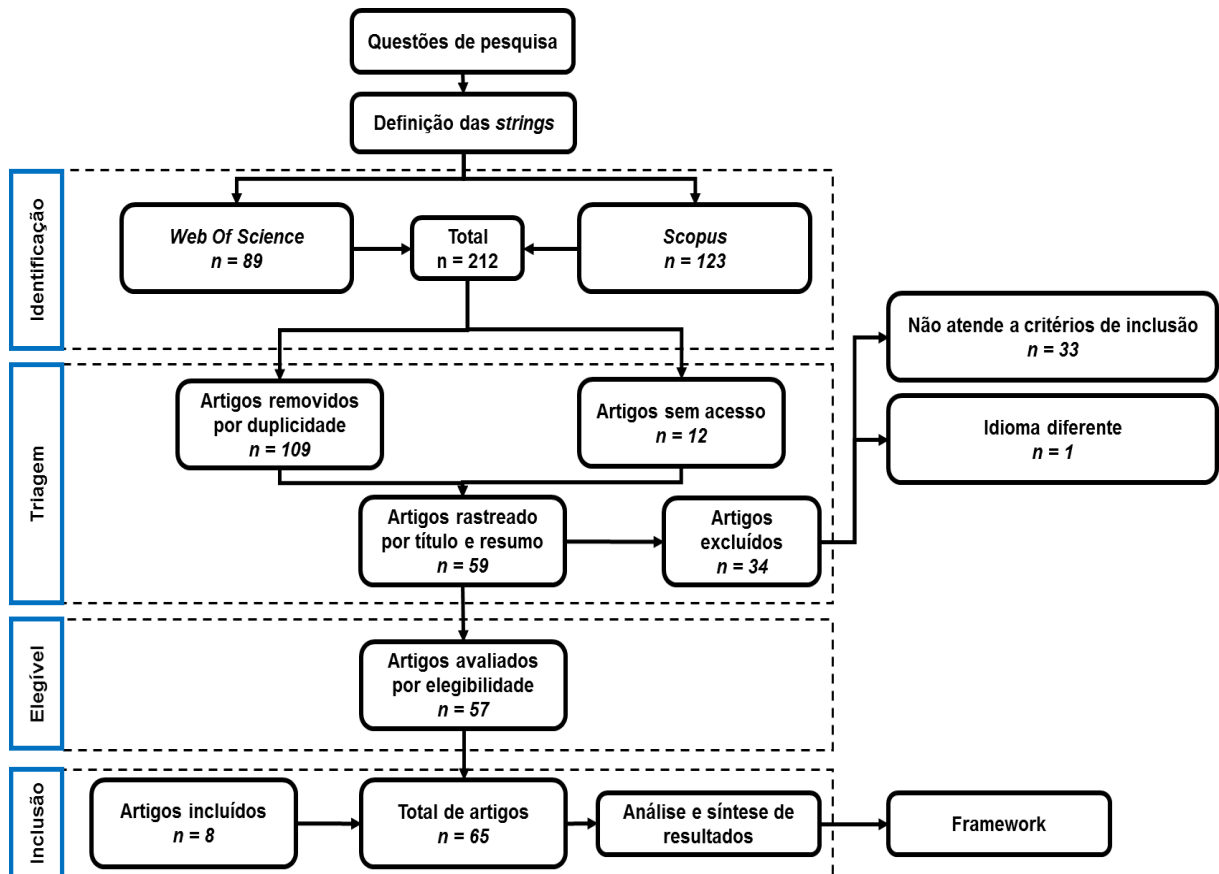
Figura 4: Palavras de busca nas bases de dados

	<i>Web of Science (WoS)</i>		<i>Scopus</i>	
	<b>Strings</b>	“Digital Transformation” and “Circular Business Models”	5	“Digital Transformation” and “Circular Business Models”
“Industry 4.0” and “Circular Business Models”		10	“Industry 4.0” and “Circular Business Models”	13
“Digital Technologies” and “Circular Business Models”		9	“Digital Technologies” and “Circular Business Models”	10
“Technologies” and “Circular Business Models”		37	“Technologies” and “Circular Business Models”	67
“Digital*” and “Circular Business Models”		28	“Digital” and “Circular Business Models”	28
<b>Subtotal</b>			89	
<b>Total</b>	212			

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Com ajuda da ferramenta *Mendeley* foram removidos 109 duplicados e 12 artigos sem acesso. Alguns artigos no total de 33 não atenderem a critérios de inclusão, que é de fato estar no título ou no resumo de acordo com as *strings* específicas pesquisadas. Foram incluídos 8 artigos que abordam sobre aspectos mais biofísicos de maneira a consolidar a compreensão mais abrangentes de um contexto que perpassa o mercado e a sociedade.

Figura 5: Procedimentos de coleta de dados



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

### 3.2 Análise e síntese de resultados

A análise e síntese de resultados propõe descrever as relações existentes nos grupos de estudos e sua individualidade. Nisto, as informações são extraídas e armazenadas de acordo a questão de pesquisa (DENYER; TRANFIELD, 2009). Pois este tipo de análise ajuda gerar informações sobre os principais e essenciais tópicos, conceitos, abordagens, padrões, do ponto em questão (DURIAU; REGER; PFARRER, 2007).

Figura 6: Organização de estudos



<b>Biosfera</b> (Sherwood et al., 2020; Belhadi et al., 2021)		
Matéria	<b>Sociedade</b> (Jäger-roschko; Petersen, 2022)	
Matéria	Educação	<b>Mercado</b> (Vaska et al., 2021; Urbinati et al., 2019)
Leis da natureza	Políticas Públicas	Inovação
Energia	Consumo consciente	Produção
Ecosistemas	Organização Social	Economia
		Tecnologia
		Negócios
<b>Abordagem integrativa</b> (Biswas; Raj; Srivastava, 2018; Fahimnia; Jabbarzadeh, 2016) (Rytter, 2019; Di Maria; De Marchi; Galeazzo, 2022)		
<b>Abordagem de coexistência</b> (Manninen et al., 2018; Gowdy; Mesner, 1998) (Penuelas; Baldocchi, 2019; Sherwood et al., 2020)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

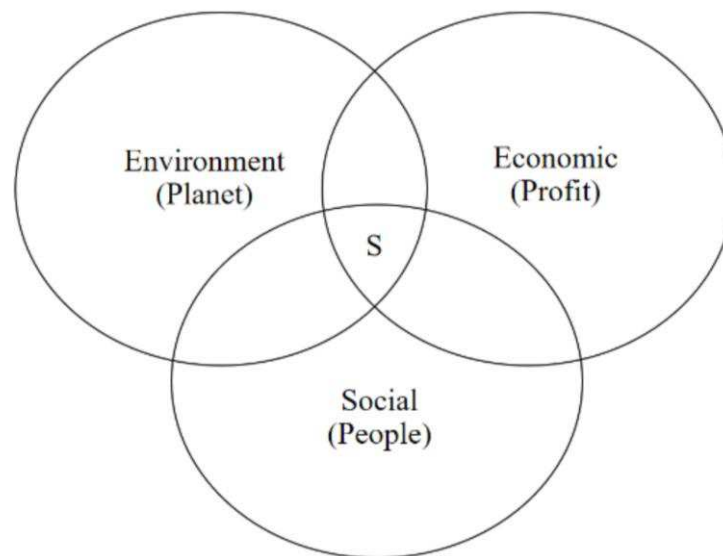
#### 4. Resultados e discussão

Os resultados e discussão se desenvolvem a partir de duas abordagens, a primeira é a abordagem integrativa, onde se percebe uma integração dos eixos meio ambiente (biosfera), econômico e social. A segunda abordagem é a de coexistência que acopla e enfatiza o entendimento de que a existência e a permanência do mercado e da sociedade estão fundamentadas na existência da biosfera e suas leis. Assume-se que o homem é um ser antropoceno, isto é, que faz intervenção sobre os recursos da natureza, portanto a existência da biosfera depende de um ato antropoceno consciente e responsável (HOFMANN, 2019).

##### 4.1 Repensando a abordagem integrativa da biosfera, sociedade e mercado

A literatura mostra que a abordagem integrativa é utilizada em diferentes ramos do conhecimento e diferentes contextos (RYTTER, 2019). Nota-se nesta reflexão a similaridade de pensamento, quanto muitos autores utilizam os três eixos da sustentabilidade (*triple bottom line*) como diretriz norteadora (Figura 5).

Figura 7: *Triple bottom line theory*. Note: S = sustainability



Fonte: Shim et al. (2021)

A literatura revela a integração dos 3 eixos da sustentabilidade tanto de forma explícita quanto implícita. Por exemplo, em estudos sobre cadeia de suprimentos, autores argumentam que a lacuna identificada é decorrente da separação destes eixos integrando-os (BISWAS; RAJ; SRIVASTAVA, 2018). Deste modo, esta integração desencadeia implicações para tomada de decisões gerenciais relacionado a sustentabilidade (FAHIMNIA; JABBARZADEH, 2016).

A integração na cadeia de suprimento expressa, colaboração, compartilhamento de infraestrutura e dados, sincronização de logística (DI MARIA; DE MARCHI; GALEAZZO, 2022). Na pesquisa que envolve abordagens qualitativas e quantitativas, entende-se a integração como um processo dinâmico e interativo, onde há a intenção de misturar ou integrar estas abordagens e suas diferentes técnicas (SKAMAGKI et al., 2022). Em integração de sistemas, com foco em processos de projetos, a integração é um processo flexível adaptativo de fazer as partes constituintes dos sistemas trabalharem juntas (WHYTE; DAVIES, 2021).

Pode-se compreender a necessidade da integração destes eixos, devido a ênfase dada muito frequentemente à dimensão econômica, com maior realce no começo e durante a era industrial. Razão para se criar a perspectiva do *triple bottom line* (eixos da sustentabilidade), incluindo o meio ambiente, a sociedade e o desempenho econômico da organização. O avanço da literatura ocorreu na temática de mensuração do desempenho das organizações não só na perspectiva econômica, mas também ambiental e social, conforme descrito em Longoni e Cagliano (2018).

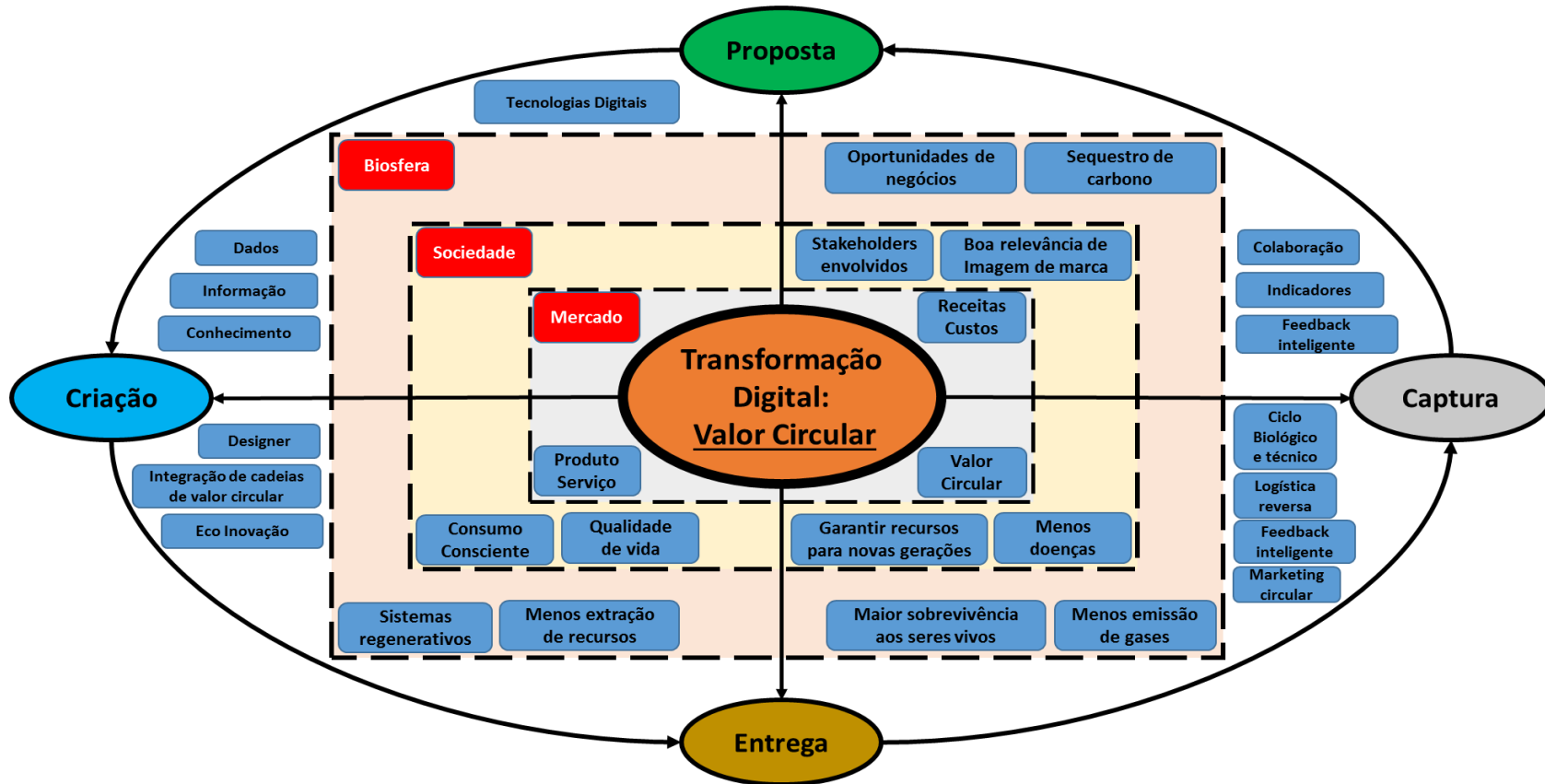


#### 4.2 Abordagem de coexistência para modelagem de negócios circulares

Diante desta predominância sobre a dimensão econômica, Manninem et al., (2018) se perguntam: será que os modelos de negócios elaboram proposta de valor ecológico e valor social mensurável como acontece com a dimensão econômica? A abordagem da figura 4 (*Triple bottom line*) expressa de maneira integrativa, na qual as três dimensões assumem o mesmo nível de significado. O framework da figura 8 traz uma perspectiva diferente. Fundamentado na literatura, percebe-se que os processos de produção não estão sujeitos às mesmas leis econômicas. Por outro lado, os processos econômicos (mercado), assim como os processos biológicos (sociedade...), estão sujeitos à Lei da Entropia (biosfera) (GOWDY; MESNER, 1998). A instaurações dos limites são impostos pelas leis físicas, e a biologia se adapta ao que está disponível, ou seja, recicla material e extrai energia do ambiente enquanto evolui afim de desenvolver estruturas e funções otimizadas para seu ambiente (PENUELAS; BALDOCCHI, 2019).

Neste sentido não dá para pensar mercado sem levar em conta suas implicações sobre a sociedade e principalmente sobre a Biosfera. A Figura 8, procura mostrar estas interdependências por meio de sua representação dos níveis Macro (Biosfera), Meso (Sociedade), Micro (Mercado) como estrutura de fundo do framework.

Figura 8: Framework para negócios inovadores circulares



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

“A Engenharia de Produção no contexto das organizações “Data Driven”.”  
Campina Grande, Paraíba, Brasil – 24 a 26 de Maio de 2023.

Os processos antropoceno não podem exceder os limites de extração e uso dos recursos naturais disponíveis, tanto em tamanho quanto em velocidade, porque são limitados pelo espaço, matéria e energia. Segundo Sherwood et al., (2020) os princípios ecológicos podem ser aplicados às atividades humanas, englobando arquitetura e design paisagístico, economia ou sistemas de transportes.

#### **4.2.1 A transformação digital como facilitador na proposta de valor circular**

Existe uma tendência de pensamento na qual as tecnologias digitais pactuadas com as inovações em modelos de negócios circulares poderiam ajudar a resolver diversos problemas no mundo (CHAUHAN; PARIDA; DHIR, 2022). E um destes problemas é a proposição de valor que tenha um cunho robusto para expressar não só a necessidade do mercado, ou seja, interesses do cliente, como também, garantem que a sociedade desfrute de boa saúde, consumo consciente e tenha uma biosfera como pano de fundo.

Deste modo, acesso a dados de maneira que sejam organizados, tratados, para criar informação e gerar conhecimento pode desempenhar um aspecto muito importante na tomada de decisão para elaboração de proposta de valor circular (HSU; DOMENECH; MCDOWALL, 2022).

Nisto, outros trabalhos mostram as motivações que levam o compartilhar das informações como, benéficos econômicos, redução de incerteza, bem-estar social, desempenho ambiental e as tecnologias da informação e comunicação é a base para dar suporte e manter o funcionamento (JÄGER-ROSCHKO; PETERSEN, 2022).

Neste aspecto as tecnologias digitais envelopadas pela transformação digital têm um papel significativo, de maneira que este acesso a dados, informação e conhecimento proporcione mais clareza na elaboração da proposta de valor circular.

#### **4.2.2 A transformação digital como facilitador na criação de valor circular**

Alega-se que a indústria 4.0 é o alicerce da economia circular, podendo facilitar no aumento da circularidade dos produtos e materiais dentro do sistema de produção e consumo (RAJPUT; SINGH, 2020). Porém, várias tecnologias digitais compõem o leque de ferramentas tecnológicas para indústria 4.0 como, internet das coisas, *big data*, análise de dados, inteligência Artificial, *blockchain*, computação em nuvem.

A transformação digital não se resume à utilização da tecnologia em si, mas na forma como ela se relaciona e integra com diferentes áreas dos negócios e transforma realmente a maneira como a organização cria valor (MERGEL; EDELMANN; HAUG, 2019).

#### **4.2.3 A transformação digital como facilitador na entrega de valor circular**

Pesquisas têm mostrado que a transformação digital tem impactado de forma positiva na criação, entrega, captura de valor em muitos setores e revelando a proficuidade de muitos novos modelos de negócios (VASKA et al., 2021). Neste quesito, a entrega de valor é expressada por meio de atividades, recursos, parcerias e processos que possibilitam a entrega do produto ou serviço ao cliente.

Nota-se que as organizações estão sendo desafiadas neste novo contexto de rápidas mudanças como, tecnológicas, sustentáveis, climáticas, a rever suas competências. Nesse caso aqui a integração das tecnologias digitais pode auxiliar gerar colaboração de parcerias com mais transparência e confiança (exemplo do *blockchain*), proporcionar atividades com feedback rápidos e curtos de forma ágil, com dados de maneira interativa, iterativa com clientes em quase tempo real, facilitando na tomada de decisões (LI, 2020).

O marketing com uma premissa de circularidade é um facilitador para comunicar, conscientizar os clientes e a sociedade a práticas de sustentabilidade. E a logística reversa desempenha um papel relevante (GUARNIERI; CERQUEIRA-STREIT; BATISTA, 2020).

#### **4.2.4 A transformação digital como facilitador na captura de valor circular**

O olhar da captura de valor circular está além do simples fato de capturar receitas e custos no mercado, isso implica também captura de carbono (sequestro) que é o processo de remoção de gás carbônico da atmosfera. Isto desenvolveu novas oportunidade de mercado de crédito de carbono (WONG et al., 2009).

Alguns processos para tomada de decisão para captura de valor, podem ser melhoradas com a tecnologia *big data* para redução de incerteza e como esta tecnologia pode ajudar a analisar grandes quantidades de dados e gerar outras formas de captura de valor (URBINATI et al., 2019).

É destas tecnologias que se percebe um maior desenvolvimento na captura e utilização de carbono, invariavelmente conduzirá a uma mudança nas atitudes em relação ao CO<sub>2</sub>, bem como ao surgimento de novos mercados e indústrias baseados em CO<sub>2</sub> (TCVETKOV; CHEREPOVITSYN; FEDOSEEV, 2019). O sequestro de CO<sub>2</sub> é um *cluster* de tecnologias,



que pode ser fragmentado em três componentes: captura e armazenamento de carbono; captura, utilização e armazenamento de carbono (HASAN et al., 2015).

## 5. Considerações finais

Entende-se pelos resultados no alcance do objetivo, que o framework proposto pode agregar valor circular dentro de uma abordagem de coexistência facilitado pela transformação digital, tendo suas implicações com a biosfera (macro), sociedade (meso) e o mercado (micro).

Deste modo, a transformação digital pode facilitar na modelagem de negócios circulares (Questão 1 de pesquisa): na proposta de valor, facilidade no acesso a dados-informação-conhecimento; criação de valor, integração de cadeia de valor, eco inovação; entrega de valor, feedback inteligente, marketing circular, logística reversa; captura de valor, colaboração, receitas. Já na aceleração da transição dos processos e sistemas linear para circulares (Questão 2 de pesquisa), a transformação digital pode ajudar na estruturação e reestruturação dos modelos negócios para proposta, criação, entrega e captura de valor circular, visto que os modelos negócios representam a célula desta transição

Nisto, percebe-se que a abordagem de coexistência seja a mais adequada para repensarmos a sustentabilidade dentro dos seus eixos, onde a transformação digital exerce um papel essencial para modelos de negócios com a proposta, criação, entrega e captura de valor circular e na tomada de decisões estratégicas.

## REFERÊNCIAS

- AKHIMIEN, N. G.; LATIF, E.; HOU, S. S. Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. **Journal of Building Engineering**, v. 38, n. m, 2021.
- BAG, S. et al. Procurement 4.0 and its implications on business process performance in a circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 152, n. September 2019, p. 104502, 2020.
- BENITEZ, G. B.; AYALA, N. F.; FRANK, A. G. Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. **International Journal of Production Economics**, v. 228, n. March, 2020.
- BISWAS, I.; RAJ, A.; SRIVASTAVA, S. K. Supply chain channel coordination with triple bottom line approach. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 115, p. 213–226, 1 jul. 2018.
- BOONS, F.; LÜDEKE-FREUND, F. Business models for sustainable innovation : state-of-the-art and steps towards a research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 9–19, 2013.
- CHAUHAN, C.; PARIDA, V.; DHIR, A. Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 177, p. 121508, 1 abr. 2022.



- DI MARIA, E.; DE MARCHI, V.; GALEAZZO, A. Industry 4.0 technologies and circular economy: The mediating role of supply chain integration. **Business Strategy and the Environment**, v. 31, n. 2, p. 619–632, 2022.
- DURIAU, V. J.; REGER, R. K.; PFARRER, M. D. and Methodological Refinements. **Organizational Research Methods**, n. February 2005, p. 5–34, 2007.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1*. 2013.
- EMF. Circular economy systems digram. n. February, p. 2019, 2019.
- FAHIMNIA, B.; JABBARZADEH, A. Marrying supply chain sustainability and resilience: A match made in heaven. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 91, p. 306–324, 1 jul. 2016.
- FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, v. 210, n. January, p. 15–26, 2019.
- FREEMAN, C. A Study of Success and Failure in Industrial Innovation. **Science and Technology in Economic Growth**, n. 4, p. 227–255, 1973.
- GEISSDOERFER, M.; VLADIMIROVA, D.; EVANS, S. Sustainable business model innovation : A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 401–416, 2018.
- GOWDY, J.; MESNER, S. The Evolution of Georgescu-Roegen ’ s Bioeconomics. v. LVI, n. 2, 1998.
- GUARNIERI, P.; CERQUEIRA-STREIT, J. A.; BATISTA, L. C. Reverse logistics and the sectoral agreement of packaging industry in Brazil towards a transition to circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, n. October 2018, p. 104541, fev. 2020.
- HASAN, M. M. F. et al. A multi-scale framework for CO2 capture, utilization, and sequestration: CCUS and CCU. **Computers & Chemical Engineering**, v. 81, p. 2–21, 4 out. 2015.
- HOFMANN, F. Circular business models: Business approach as driver or obstructer of sustainability transitions? **Journal of Cleaner Production**, v. 224, p. 361–374, 2019.
- HSU, W. T.; DOMENECH, T.; MCDOWALL, W. Closing the loop on plastics in Europe: The role of data, information and knowledge. **Sustainable Production and Consumption**, v. 33, p. 942–951, 1 set. 2022.
- JÄGER-ROSCHKO, M.; PETERSEN, M. Advancing the circular economy through information sharing: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 369, p. 133210, 1 out. 2022.
- KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, n. April, p. 221–232, 2017.
- LEWANDOWSKI, M. Designing the business models for circular economy-towards the conceptual framework. **Sustainability (Switzerland)**, v. 8, n. 1, p. 1–28, 2016.
- LI, F. The digital transformation of business models in the creative industries: A holistic framework and emerging trends. **Technovation**, v. 92–93, n. November 2017, p. 102012, 2020.
- LINDER, M.; WILLIANDER, M. Circular Business Model Innovation: Inherent



Uncertainties. n. April 2022, 2015.

LONGONI, A.; CAGLIANO, R. Sustainable Innovativeness and the Triple Bottom Line: The Role of Organizational Time Perspective. **Journal of Business Ethics**, v. 151, n. 4, p. 1097–1120, 23 set. 2018.

LUCIJA, I.; VUKSIC', V. B.; SPREMIC', M. Management Review Mastering the Digital Transformation Process: Business Practices and Lessons Learn. **Technology Innovation Management Review**, v. 9, n. 12, p. 36–50, 2019.

MANNINEN, K. et al. Do circular economy business models capture intended environmental value propositions ? **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 413–422, 2018.

MATT, C.; HESS, T.; BENLIAN, A. Digital Transformation Strategies. **Business and Information Systems Engineering**, v. 57, n. 5, p. 339–343, 2015.

MEINDL, B. et al. The four smarts of Industry 4.0: Evolution of ten years of research and future perspectives. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 168, n. November 2020, 2021.

MERGEL, I.; EDELMANN, N.; HAUG, N. Defining digital transformation: Results from expert interviews. **Government Information Quarterly**, v. 36, n. 4, p. 101385, 1 out. 2019.

MILLAR, N.; MCLAUGHLIN, E.; BÖRGER, T. **The Circular Economy: Swings and Roundabouts? Ecological Economics**, 2019.

MOTTA, W. H.; ISSBERNER, L. R.; PRADO, P. Life cycle assessment and eco-innovations: What kind of convergence is possible? **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 1103–1114, 20 jun. 2018.

OKORIE, O. et al. Circular business models in high value manufacturing: Five industry cases to bridge theory and practice. 2021.

PENUELAS, J.; BALDOCCHI, D. Life and the fi ve biological laws . Lessons for global change models and sustainability. v. 38, n. December 2018, p. 11–14, 2019.

PRIETO-SANDOVAL, V.; JACA, C.; ORMAZABAL, M. Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 605–615, 2018.

RAJPUT, S.; SINGH, S. P. Industry 4.0 Model for circular economy and cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, p. 123853, 20 dez. 2020.

RANTA, V.; AARIKKA-STENROOS, L.; MÄKINEN, S. J. Creating value in the circular economy: A structured multiple-case analysis of business models. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, p. 988–1000, 2018.

RANTA, V.; AARIKKA-STENROOS, L.; VÄISÄNEN, J. M. Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy—Multiple case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 164, n. August 2020, 2021.

ROSA, P. et al. Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 6, p. 1662–1687, 2020.

RYTTER, M. Writing Against Integration: Danish Imaginaries of Culture, Race and Belonging. **Ethnos**, v. 84, n. 4, p. 678–697, 2019.

SHERWOOD, J. et al. Putting the Biophysical ( Back ) in Economics : A Taxonomic Review of Modeling the Earth - Bound Economy. 2020.



SHIM, J. et al. The Impact of CSR on Corporate Value of Restaurant Businesses Using Triple Bottom Line Theory. 2021.

SKAMAGKI, G. et al. Physiotherapy Theory and Practice The concept of integration in mixed methods research: a step-by-step guide using an example study in physiotherapy The concept of integration in mixed methods research: a step-by-step guide using an example study in physiotherapy. 2022.

TCVETKOV, P.; CHEREPOVITSYN, A.; FEDOSEEV, S. The Changing Role of CO<sub>2</sub> in the Transition to a Circular Economy: Review of Carbon Sequestration Projects. **Sustainability**, v. 11, n. 20, p. 5834, 21 out. 2019.

TURGALI, D. et al. Potential impact of global warming on wind power production in Central Asia. **Environmental Progress and Sustainable Energy**, v. 40, n. 4, p. 1–9, 2021.

URBINATI, A. et al. Creating and capturing value from Big Data: A multiple-case study analysis of provider companies. **Technovation**, v. 84–85, n. July 2018, p. 21–36, 2019.

VASKA, S. et al. The Digital Transformation of Business Model Innovation: A Structured Literature Review. **Frontiers in Psychology**, v. 11, n. January, 2021.

VELENTURF, A. P. M. et al. Circular economy and the matter of integrated resources. **Science of The Total Environment**, v. 689, p. 963–969, 1 nov. 2019.

VIAL, G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 28, n. 2, p. 118–144, 1 jun. 2019.

WHYTE, J.; DAVIES, A. **Reframing Systems Integration: A Process Perspective on Projects** **Project Management Journal**. 2021.

WONG, B. T. et al. Carbon balance of anaerobic granulation process: Carbon credit. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 5, p. 1734–1739, 2009.