



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E GESTÃO
DE POLÍTICAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO ECONÔMICA DE
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.

MONICA COSTA PIMENTEL ZAMPIERI

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E ECONOMIA CIRCULAR:
Uma análise econômica dos elos necessários.**

Brasília - DF

Agosto/2023.

MONICA COSTA PIMENTEL ZAMPIERI

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E ECONOMIA CIRCULAR:

Uma análise econômica dos elos necessários.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia, da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia e Gestão de Inovação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira

Brasília - DF

Agosto/2023.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E ECONOMIA CIRCULAR: Uma análise econômica dos elos necessários.

Monica Costa Pimentel Zampieri

Trabalho de conclusão de curso submetida ao Programa de Pós-graduação em Economia, da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Economia, na área de Concentração: Economia e Gestão de Inovação Tecnológica.

Aprovada pela Banca:

Prof. Dr. JORGE MADEIRA NOGUEIRA (ECO/FACE/UnB)
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. ANTONIO NASCIMENTO JUNIOR (ADM/FACE/UnB)
(Examinador Interno)

Profa. Dra. JOANA D ARC BARDELLA CASTRO (UEG)
(Examinadora Externa)

Profa. Dra. ELKE URBANAVICIUS COSTANTI (IEB)
(Examinadora Externa - Suplente)

AGRADECIMENTOS

A valorização do reconhecimento e da gratidão são elementos fundamentais em nossas vidas. Com isso em mente, acima de qualquer coisa, expresso minha sincera e eterna gratidão a Deus, pois sem suas bênçãos nada seria possível.

Meus sinceros agradecimentos, com muito carinho e admiração, vão para os professores que tive a honra de conhecer, cuja dedicação e esforço são um exemplo notável de comprometimento, em especial a todo o corpo docente do Programa de Pós-graduação em Economia do Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas (FACE). Em particular, agradeço ao meu orientador, o Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira, pelos ensinamentos, conselhos e paciência fundamentais que me guiaram nesta trajetória.

Aos meus colegas da turma (2/2018) do curso de Mestrado Profissional em Gestão Econômica de Inovação Tecnológica, formada por técnicos administrativos da UnB, agradeço sinceramente. Compartilhamos momentos preciosos de resiliência e união que nos mantiveram juntos até o fim.

Agradeço igualmente à Universidade de Brasília (UnB) e à FACE pela oportunidade, incentivo e valorização prestada aos técnicos administrativos selecionados para essa turma de Mestrado Profissional.

Estendo meus agradecimentos às minhas colegas de trabalho do Núcleo de Estudos em Saúde Pública (NESP), e, em especial, ao meu chefe, professor Dr. Cláudio Fortes Garcia Lorenzo, pelas valiosas dicas e apoio durante a conclusão deste trabalho.

As amigadas que nos apoiam incondicionalmente são fundamentais em nosso crescimento, seja oferecendo uma palavra de conforto ou nos apoiando em momentos difíceis. Por isso, agradeço também aos meus inúmeros amigos e amigas seletos, que sempre estiveram presentes para oferecer apoio. Sejam próximos ou distantes, a parceria e torcida sempre foram fundamentais para o meu crescimento. Cada um de vocês tem um lugar especial em meu coração. Agradeço a presença em minha vida, todo o carinho e tudo o que já fizeram por mim.

Por fim, não há exemplo maior de amor do que o da nossa família. Sendo assim, é impossível não agradecer imensamente à minha estimada família. Aos meus avós e pais, por transmitirem ensinamentos valiosos que me ajudaram a lutar pelos meus objetivos. Aos meus irmãos, pelos momentos de fraternidade vividos. Aos meus tios, tias, primos e primas, agradeço por todo o carinho, torcida e apoio que sempre me deram. Agradeço especialmente às minhas primas Flávia Pimentel Alves e Márcia Costa Ferreira, ao meu irmão Matheus Costa Miranda Lima, assim como ao meu marido Ênio Zampieri, pelo companheirismo, estímulo e paciência durante a leitura, sempre com disposição e empatia na ajuda com importantes comentários realizados a este trabalho. Aos meus filhos, Pedro Pimentel Zampieri e João Vitor Pimentel Zampieri, pelo amor incondicional, tolerância e compreensão nos momentos de ausência.

Com muita emoção finalizo esta etapa da minha vida, ciente de que devo muito a cada um que esteve presente em minha trajetória. Sei que sem o suporte e incentivo dessas pessoas não teria chegado até aqui. Mais uma vez, meu muito obrigada a todos.

À minha família que tanto amo e admiro, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste período, em especial ao meu marido Ênio Zampieri, sem o seu apoio não teria conseguido chegar até aqui. Ao meu irmão Matheus Costa Miranda Lima, fonte de inspiração, e às minhas avós: Adelaide Maria Rosette Costa, e Cândida Esther Rodrigues Pimentel, exemplos de fé, amor e resiliência.

RESUMO

A economia circular é baseada no conceito dos “3Rs” - reduzir, reutilizar e reciclar - e pode oferecer benefícios significativos às empresas que o adotam. Além de ser mais sustentável do que o modelo econômico linear, baseado em produzir, consumir e descartar, a implementação do modelo circular pode impulsionar a inovação e a competitividade. No entanto, a implementação da economia circular enfrenta desafios, incluindo inovações tecnológicas que precisam de soluções para que essa abordagem possa ser amplamente adotada. Ao responder à pergunta de pesquisa "os elos entre inovação tecnológica e economia circular são viáveis de uma perspectiva financeira/privada, ou eles são viáveis apenas de uma perspectiva econômica?", avalia-se que, apesar dos benefícios sociais, econômicos e ambientais da economia circular, os custos financeiros da transição para essa nova forma de atividade produtiva são superiores aos ganhos financeiros obtidos pelos agentes de mercado.

A partir de um levantamento bibliográfico e documental, foram identificados e analisados diversos estudos que apontaram a Europa e a Ásia - em especial a China - como grandes fomentadores na promoção da economia circular. Os Estados Unidos também são um país de destaque na implementação desse novo modelo econômico. Várias empresas multinacionais são pioneiras das práticas circulares e têm implementado medidas para incentivar a reutilização, reciclagem e redução de resíduos, além de fomentar a criação de negócios e empregos verdes. No Brasil, também há iniciativas para promover a economia circular em diferentes setores.

Esses exemplos demonstram que a temática proposta neste trabalho é relevante e atual, justificando-se a realização desta pesquisa. Diante disso, este trabalho objetiva uma análise dos elos econômicos necessários entre a inovação tecnológica e a economia circular, apresentando seus conceitos, bem como as mudanças técnicas em *expertises*, além de avaliar avanços e desafios, ressaltando casos de sucesso e fracasso. Numa visão prospectiva acerca dessa abordagem em escala global, também busca-se analisar a implementação da economia circular no Brasil, inclusive, na Universidade de Brasília.

Os estudos indicam que, apesar da implementação da economia circular ter um custo inicial significativo, ela pode trazer benefícios financeiros significativos a longo prazo. Além disso, pode abrir novas oportunidades de negócios, como a venda de serviços em vez de produtos e a criação de novos subprodutos e coprodutos.

O modelo Triple Helix considera a universidade como um agente indutor de relações entre empresas e governo para promover a produção de novos conhecimentos, tecnologias inovadoras e o desenvolvimento econômico. O ensino, o conhecimento e estudos na adoção de tecnologias limpas e processos produtivos mais eficientes são fundamentais para alcançar este objetivo.

Palavras-chaves: Inovação Tecnológica; Economia Circular; Análise Econômica.

ABSTRACT

The circular economy is based on the concept of the "3Rs" - reduce, reuse and recycle - and can offer significant benefits to the companies that adopt it. In addition to being more sustainable than the linear economic model, based on producing, consuming and discarding, the implementation of the circular model can boost innovation and competitiveness. However, the implementation of the circular economy faces challenges, including technological innovations that need solutions if this approach is to be widely adopted. When answering the research question "are the links between technological innovation and circular economy viable from a financial/private perspective or are they viable only from an economic perspective?", it is assessed that, despite the social, economic and environmental benefits of the circular economy, the financial costs of the transition to this new form of productive activity are higher than the financial gains obtained by market agents.

From a bibliographic and documentary survey, several studies were identified and analyzed that pointed to Europe and Asia - especially China - as major promoters in the promotion of the circular economy. The United States is also a prominent country in the implementation of this new economic model. Several multinational companies are pioneers of circular practices and have implemented measures to encourage reuse, recycling and waste reduction, as well as foster the creation of green businesses and jobs. In Brazil, there are also initiatives to promote the circular economy in different sectors.

These examples demonstrate that the theme proposed in this work is relevant and current, justifying the accomplishment of this research. Given this, this work aims at an analysis of the necessary economic links between technological innovation and the circular economy, presenting its concepts, as well as the technical changes in *expertise*, in addition to evaluating advances and challenges, highlighting cases of success and failure. In a prospective view of this approach on a global scale, we also seek to analyze the implementation of the circular economy in Brazil, including at the University of Brasilia. Studies indicate that while implementing the circular economy has a significant upfront cost, it can bring significant long-term financial benefits. In addition, it can open up new business opportunities, such as selling services instead of products and creating new by-products and co-products.

The Triple Helix model considers the university as an inducing agent of relations between companies and government to promote the production of new knowledge, innovative technologies and economic development. Teaching, knowledge and studies in the adoption of clean technologies and more efficient production processes are fundamental to achieve this goal.

Keywords: Technological Innovation; Circular Economy; Economic Analysis.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
2. ESTUDO SOBRE ECONOMIA CIRCULAR E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA... 13	
2.1. Inovação Tecnológica	13
2.2. Economia Circular.....	14
2.3. Elos entre Inovação Tecnológica e Economia Circular	21
3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA	26
4. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: APROFUNDANDO NOSSA REVISÃO.....	31
4.1. Economia da Inovação	31
4.2. Triple Helix e a Inovação	33
5. ECONOMIA CIRCULAR: APROFUNDANDO NOSSA REVISÃO.....	36
5.1. A Origem da Proposta	36
5.2. Difusão de Conceitos	39
6. MUDANÇA TÉCNICA EM EXPERTISES DE ECONOMIA CIRCULAR.....	46
6.1. Considerações Preliminares	46
7. AVANÇOS E DESAFIOS DA ECONOMIA CIRCULAR.....	53
7.1. Avanços: caminhos para casos de sucesso.....	53
7.2. Desafios: Prioridades Rumo a uma Economia Circular.....	55
7.3. Contribuições da Universidade	60
8. CASOS DE SUCESSO E FRACASSO EM ECONOMIA CIRCULAR	67
8.1. Casos de Sucesso.....	67
8.2. Casos de Fracasso.....	73
9. VISÃO PROSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR NO BRASIL NA UNB ..	76
9.1. Política Nacional de Economia Circular: muito pouco, muito cedo?	76
9.2. A Universidade na Era da Economia Circular	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

INTRODUÇÃO

A economia circular busca maximizar a utilização dos recursos naturais e minimizar o impacto ambiental e a produção de resíduos. Com os princípios dos "3 R's" - reduzir, reutilizar e reciclar - em contraposição ao modelo linear "pegar-fazer-descartar", esse modelo é uma estratégia importante para preservar os recursos naturais e minimizar os impactos ambientais. Além disso, a implementação desse modelo pode gerar empregos e crescimento econômico de forma sustentável. Com isso, a economia circular promoveria um desenvolvimento mais equilibrado e consciente, com benefícios para o meio ambiente e para a economia como um todo.

A preocupação com o aquecimento global e a preservação do meio ambiente tem crescido nos últimos anos, e a economia circular surge como uma solução econômica e sustentável. A reutilização de materiais e a redução do descarte excessivo não só ajudam a preservar o planeta, mas também podem trazer benefícios econômicos para as empresas. Ao adotar práticas circulares, as empresas podem reduzir seus custos de produção, criar oportunidades de negócios e melhorar sua imagem perante os consumidores que estão cada vez mais conscientes sobre questões ambientais. Conforme afirmam Gonçalves *et al.* (2029), esse modelo proporciona ganhos sociais, econômicos e ambientais, ao passo que o modelo linear se mostra limitado. Para o autor, garantir a sustentabilidade do sistema produtivo, é primordial que a reutilização, redução e reciclagem de materiais sejam priorizadas.

A adoção de um modelo de produção e consumo que priorize a reutilização, reciclagem e reparo de materiais pode trazer diversos benefícios para a economia e o meio ambiente, assim como reduzir a dependência de importação de matérias-primas escassas. Essa prática pode limitar o desperdício de recursos naturais, contribuindo para a conservação do planeta. A economia circular também pode estimular a eficiência energética e a redução de emissões de gases de efeito estufa, o que é essencial para combater as mudanças climáticas (Azevedo, 2015).

Para Gonçalves *et al.* (2019), a participação ativa do governo e de todos os agentes sociais é primordial para a efetivação da transição para um modelo circular. É imprescindível estabelecer parcerias entre instituições e empresas para despertar o interesse da sociedade e viabilizar a implementação de práticas circulares. É importante salientar que, de acordo com diversos estudos realizados pela Fundação Ellen MacArthur, a transição para um modelo circular apresenta tanto desafios quanto oportunidades para empresas e governos em todo o mundo. É notável que a transição para uma economia

circular é um tema atual e relevante, que vem sendo discutido em diversos setores e países (EMF, 2015). Segundo Luz *et al.* (2017), a adoção de práticas de economia circular pode trazer diversos benefícios para empresas que buscam promover a sustentabilidade e manter-se competitivas no mercado atual.

A implementação de uma Economia Circular, no entanto, enfrenta alguns desafios, inclusive de inovações tecnológicas, que precisam ser superados para que a economia circular possa ser amplamente adotada. Apesar desses obstáculos, a economia circular apresenta diversas vantagens, como a redução dos impactos ambientais, a geração de novas oportunidades de negócios e a promoção da sustentabilidade econômica. Portanto, é importante que empresas e governos adotem práticas mais sustentáveis e incentivem a transição para uma economia circular (Luz *et al.*, 2017).

Para Ramod *et al.* (2020), os benefícios econômicos a longo prazo podem ser significativos e contribuir para o sucesso e a competitividade das empresas no mercado. De acordo com o autor, a economia circular pode trazer benefícios como a redução dos custos de descarte, aumento da eficiência operacional, redução dos riscos regulatórios, diferenciação no mercado e aumento da resiliência empresarial. As empresas podem se beneficiar com a redução dos custos de produção, criação de novos mercados e oportunidades de negócios, maior eficiência energética, redução dos impactos ambientais e fortalecimento da imagem da empresa perante os consumidores e a sociedade em geral.

Algumas visões prospectivas da economia circular no Brasil incluem a redução do impacto ambiental causado pelo modelo linear de produção e consumo, o aumento da eficiência no uso de recursos naturais, a geração de novas oportunidades de negócios e a promoção da sustentabilidade econômica, social e ambiental. Entre as iniciativas do governo brasileiro para fomentar a economia circular, podemos destacar a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece diretrizes para a gestão de resíduos e incentiva a redução, o reuso e a reciclagem. Além disso, o governo tem investido em programas de educação ambiental e em incentivos fiscais para empresas que adotam práticas sustentáveis.

Os setores da economia brasileira que apresentam maior potencial para adoção da economia circular são aqueles que geram grande quantidade de resíduos e que têm alta demanda por recursos naturais, como o setor agrícola, de construção civil, de alimentos e bebidas, de papel e celulose, de plásticos, entre outros. A adoção de práticas circulares nesses setores pode trazer benefícios como a redução de custos, a melhoria da imagem da empresa perante os consumidores e a mitigação dos impactos ambientais.

De acordo com o relatório divulgado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2018) é importante destacar que a implementação da economia circular no Brasil é um tema relevante e atual, que requer uma abordagem cuidadosa e estratégica por parte das empresas e instituições envolvidas. Ressalta-se a importância de mudanças técnicas significativas para a implementação da economia circular, tanto na produção quanto na gestão.

Dentro desse contexto, este trabalho busca responder se "os elos entre inovação tecnológica e economia circular são viáveis de uma perspectiva financeira/privada ou apenas de uma perspectiva econômica?". Ao respondê-la, é interessante verificar se, apesar dos benefícios sociais, econômicos e ambientais da economia circular, os custos financeiros da transição para essa nova forma de atividade produtiva são superiores aos ganhos financeiros obtidos pelos agentes de mercado.

A resposta para essa pergunta é vital para a elaboração de estratégias eficazes que fomentem a sustentabilidade do planeta, assegurando, ao mesmo tempo, a viabilidade econômica das empresas e organizações. Assim, é importante que as empresas e organizações adotem práticas sustentáveis em suas operações, considerando a importância da reutilização de materiais e da reciclagem de resíduos. Porém, há necessidade em analisar as possibilidades oferecidas pela economia circular, identificando suas potencialidades e limitações.

Com a finalidade de aprofundar os estudos na área de Economia Circular, é necessário analisar cuidadosamente suas possibilidades e limitações. É necessário que indústria, universidade e governo - *Triple Helix*- trabalhem juntos para promover pesquisas e adotar políticas públicas que incentivem práticas mais responsáveis em relação ao meio ambiente e à sociedade. A implementação da economia circular depende, em grande parte, da inovação tecnológica. É vital adotar novas tecnologias e modelos de negócios mais sustentáveis para impulsionar o uso de tecnologias de reciclagem e reutilização de resíduos. Além disso, é necessário criar modelos de negócios baseados em aluguel, compartilhamento e remanufatura.

Para alcançar a economia circular, é preciso adotar tecnologias mais eficientes e sustentáveis na produção de bens e serviços, implementar sistemas de gestão de resíduos mais eficazes e adotar modelos de negócios circulares. Esse novo modelo tem como intenção desvincular o desenvolvimento econômico global do consumo de recursos finitos, contribuindo para um futuro mais sustentável (Stahel,2010).

Uma análise econômica dos elos entre inovação tecnológica e economia circular é indispensável para que as empresas e organizações possam identificar as potencialidades e limitações na adoção de práticas sustentáveis em suas operações, considerando a importância da reutilização de materiais e da reciclagem de resíduos. Essa análise permite identificar as possibilidades oferecidas pela economia circular, como a redução de custos e a geração de novas oportunidades de negócio, ao mesmo tempo em que também é necessário compreender suas limitações, como os desafios tecnológicos e a necessidade de investimentos iniciais.

Nesse sentido, a pesquisa bibliográfica e documental realizada neste trabalho tem como objetivo principal analisar se os custos financeiros da transição para a economia circular superam os ganhos financeiros obtidos pelos agentes de mercado. Além disso, serão identificadas mudanças técnicas necessárias para a implementação da economia circular, destacando os avanços e desafios enfrentados por empresas e instituições durante a transição para esse novo modelo, apresentando casos de sucesso e fracasso na implementação da economia circular. Também será realizada uma análise prospectiva da implementação da economia circular no Brasil, incluindo na Universidade de Brasília (UnB).

Ciente da necessidade de um esforço conjunto de empresas, governos, universidades e toda a sociedade civil, a fim de alcançar uma economia circular efetiva, que minimize o impacto ambiental e promova a justiça social, este estudo pode contribuir para futuras investigações e aprimoramento das práticas em prol de uma economia mais sustentável.

2. ESTUDO SOBRE ECONOMIA CIRCULAR E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

2.1. Inovação Tecnológica

Para estabelecer uma relação entre inovação tecnológica e economia circular, é necessário que haja normas e políticas públicas que estimulem a gestão estratégica dos recursos naturais, promovam a inovação e a competitividade do setor privado e incentivem a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico (CNI, s.d.).

No cenário atual de mercado, a inovação e os avanços tecnológicos acontecem em uma velocidade acelerada. Isso pode ser um grande desafio. Para garantir um ambiente propício ao crescimento de inovações significativas, é essencial manter as políticas atualizadas em relação à evolução da tecnologia. Para atender a essa necessidade, é essencial criar um fluxo de informações estruturado, que promova mecanismos de colaboração entre formuladores de políticas e empresas. Esse fluxo pode ajudar a identificar barreiras legislativas à inovação, oportunidades para melhorar a coerência das políticas e promover soluções de nível sistêmico. É imprescindível que haja uma constante análise e atualização das políticas para que possam acompanhar o ritmo das mudanças tecnológicas e incentivar o desenvolvimento do mercado (EMF, 2021).

Nesse sentido, Stahel (2016) afirma que o processo de mudança tecnológica é influenciado pela escolha de um modelo ou padrão de solução de problemas, que institui paradigmas e aponta um conjunto de tecnologias que irão avançar e reforçar. As opções e mudanças tecnológicas em cada paradigma são restritas e cumulativas, e o padrão de crescimento atual depende do caminho selecionado no passado. Já para Panigrahi *et al.* (2020), a adaptação das empresas às novas tecnologias é indispensável para manter uma posição competitiva no mercado. É imprescindível que as empresas identifiquem ameaças e oportunidades e invistam em inovação para acompanhar as rápidas mudanças e avanços tecnológicos. Nos setores interligados com a tecnologia, a inovação é ainda mais necessária para atender às necessidades de crescimento em um mercado competitivo e em constante mudança.

Para manter-se competitivas, segundo Au-Yong *et al.* (2020), as empresas devem se adaptar rapidamente às mudanças do mercado e investir em inovação. A inovação tecnológica permite que as elas se aproximem cada vez mais dos seus consumidores, aprimorando suas estratégias organizacionais e de marketing para responder às necessidades de crescimento em um mercado competitivo e em constante mudança. A história da Nokia é um exemplo de como a qualidade e a inovação percebida dos produtos são cruciais para o valor da marca. Por outro lado, muitas empresas mostram-se incapazes

de adaptar-se às novas tecnologias e inovações, como a Kodak, BIC e Smith Corona, que comercializavam produtos obsoletos e perderam espaço no mercado (Au-Yong *et al.*, 2020).

Fruto da inovação tecnológica, em um espaço de tempo relativamente curto, os produtos eletroeletrônicos tornaram-se parte essencial da nossa vida cotidiana, eles estão mudando a maneira como trabalhamos, o nosso tempo de lazer e até como nos relacionamos uns com os outros (EMF, 2015). Logo, a inovação tecnológica tem sido uma constante no mundo atual, trazendo mudanças significativas em diversos setores da economia.

Desde o surgimento do iPod em 2001 até a criação de óculos inteligentes em 2019, a tecnologia tem impactado a forma como vivemos e trabalhamos. É importante destacar que a inovação não é apenas uma questão de cifras bilionárias, mas sim de vantagem competitiva para as empresas. A tecnologia da informação tem um papel importante nesse processo, permitindo maior capacidade de trabalho e inovação. A inovação deve ser vista como algo que vem de dentro para fora e vice-versa, permitindo que a empresa aproveite os *insights* e *feedbacks* para criar formas mais eficientes de trabalhar e gerar diferenciação (Ártico, 2020).

Nesse contexto, a teoria de Dosi (2006), apresenta a competição como um mecanismo que estimula a inovação tecnológica e o desenvolvimento econômico. De acordo com essa teoria, empresas competem entre si para obter vantagens competitivas por meio da introdução de novos produtos e processos. Com isso, é possível inferir que a competição pode incentivar a inovação em direção a modelos de negócios mais sustentáveis e circulares, que priorizam a otimização no uso de recursos naturais e a redução do impacto ambiental. A inovação tecnológica pode ser um importante motor para a transição para uma economia circular, mas é importante destacar que a competição em si não é suficiente para garantir essa transição (Dosi, 2006).

2.2. Economia Circular

Segundo Daly (1996), a sustentabilidade ecológica refere-se à quantidade de energia ou matéria utilizada pelo sistema econômico para produzir e consumir bens e serviços, respeitando os limites estabelecidos pela capacidade de carga da poluição do meio ambiente e pela velocidade de renovação dos recursos naturais. Com o avanço tecnológico, é possível aumentar temporariamente o estoque de artefatos e pessoas, por meio de novas técnicas de produção que aumentem a vida útil ou a produtividade dos recursos naturais.

De acordo com Stahel (2016), a economia circular está intrinsecamente ligada ao conceito de sustentabilidade, pois busca o desenvolvimento econômico com a redução dos impactos ambientais. Esse modelo econômico tem como objetivo maximizar a utilização de recursos naturais, minimizando o desperdício e a poluição. Através da transformação do atual modelo linear de produção e consumo em um modelo mais eficiente e sustentável, a economia circular visa alcançar benefícios econômicos, sociais e ambientais, contribuindo para um futuro mais próspero e equilibrado.

Para o autor, uma das principais características da economia circular é colocar o ser humano como o elemento central, tornando as pessoas responsáveis pela gestão dos recursos durante todo o ciclo de vida dos materiais. Dessa forma, qualquer usuário pode se tornar um agente gerador de valor, prolongando a vida útil desses materiais. Essa abordagem simples, mas eficaz, otimiza o uso de recursos e reduz a poluição e o desperdício em todas as etapas do processo produtivo (Stahel, 2016).

A economia circular foca na valorização dos produtos, materiais e recursos, minimização e reconversão de resíduos e redução da emissão de gases. Para que a economia circular seja uma realidade, é necessário educar, monitorar o progresso e fornecer dados e informações aos decisores políticos para a formulação de políticas de apoio. A educação empreendedora e cidadã para a sustentabilidade e economia circular é crucial para o progresso desses novos paradigmas facilitadores do desenvolvimento sustentável e do aumento da empregabilidade (Pôrto *et al.*, 2019).

Para Pôrto *et al.* (2019), a sustentabilidade e a economia circular são paradigmas que impõem limitações à escala econômica para garantir a utilização e recuperação adequada dos recursos naturais, a criação de substitutos renováveis dos não renováveis e a redução da emissão de gases e resíduos.

O modelo de consumo "obter-consumir-usar-jogar fora" é considerado insustentável e novos conceitos, assim como a economia circular, surgem como alternativas. A educação é fundamental para mudar atitudes e hábitos consolidados, tornando as sociedades mais sustentáveis. Embora ainda não amplamente praticados, a economia circular e os objetivos de desenvolvimento sustentável são elementos fundamentais para garantir um futuro mais sustentável (Pôrto *et al.*, 2019).

Dessa forma, a economia circular não é apenas uma questão ambiental, mas também econômica e social. Ao adotar práticas mais sustentáveis, as empresas podem reduzir custos, aumentar a eficiência e promover a inovação, na busca de uma sustentabilidade ambiental em todos os seus processos (EMF,2017). Essa sustentabilidade

requer mudanças tecnológica em toda a cadeia de produção, como por exemplo, estabelecer programas para redução da emissão de gases do efeito estufa, consistindo em estabelecer um ciclo de produção contínuo, que preserve o capital natural, otimiza a produção e minimiza riscos sistêmicos, administrando estoques e fluxos renováveis (Geissdoerfer et al., 2017).

A exemplo, os benefícios das atividades de recondicionamento são destacados na utilização de artesãos qualificados e experientes que poderiam estar trabalhando em pequenas oficinas descentralizadas localizadas onde os bens precisam ser reparados. Trinta anos depois, as conclusões do pesquisador suíço, hoje reconhecido como um dos pais do conceito de economia circular, permanecem mais do que válidas (Azevedo, 2015).

Isso porque, a transformação de um modelo linear para o circular deve trazer inovações nos modelos de negócios, principalmente junto à proposição de valor, ao *design* e aos ciclos reversos, os quais geram integração, funcionalidade, restauração e regeneração das cadeias de valores. A transição de todo o sistema de negócios para a circularidade é suportada pelos facilitadores da economia circular, como políticas públicas, educação e tecnologias (CNI, 2019).

Na mesma linha escrevem Berardi e Dias (2018) em relatório publicado em 1981 com o título “Trabalhos para o amanhã, destaca o potencial para substituir a força de trabalho pela energia” ao analisar carros e edifícios em uma perspectiva micro e macroeconômica. Os resultados mostraram que cada extensão da vida útil do produto, em comparação com a manufatura, constitui uma substituição da força de trabalho por energia. Concluem que uma economia circular, em oposição à fabricação de novos bens, criaria empregos localmente e reduziria o consumo de recursos, as emissões de gases de efeito estufa e o desperdício.

Para Pomponi e Moncaster (2017), a principal inovação dentro da ideia de uma economia circular consiste em desassociar o esgotamento e o crescimento do consumo de recursos, permitindo, assim, que haja desenvolvimento econômico e rentabilidade cada vez maiores, sem que exista uma pressão crescente sobre o meio ambiente. A constante adaptação, regeneração, recriação e inovação em termos de práticas sustentáveis gera conceitos que agregam e congregam elementos que têm o potencial para produzir efeitos substantivos sobre a sustentabilidade (Sehnm; Pereira, 2019).

Nesse sentido, Haas *et al.* (2015) afirmam que a abordagem da economia circular é uma estratégia simples, porém convincente, capaz de otimizar o uso de recursos e reduzir a poluição e o desperdício em todas as etapas do processo produtivo. Por sua vez,

Anttonen (2018) mostra que, ao utilizar ferramentas de processamento de linguagem natural nas principais contribuições de cada esfera, é possível observar um espaço de consenso substancial, mas limitado. Esse consenso se concentra em materiais e produtos, e vê a economia circular como uma maneira de criar recursos, negócios e produtos a partir de resíduos.

Ainda na linha de uma economia circular como um modelo que visa maximizar o funcionamento do ecossistema e o bem-estar humano, Murray *et al.* (2017), destaca que esse modelo consiste em planejar, gerenciar recursos, compras, produção e reprocessamento de forma a otimizar tanto os processos quanto os resultados. O objetivo é garantir a sustentabilidade e a eficiência do sistema econômico, em harmonia com a natureza e com a sociedade.

De acordo com Andersen (2007), a economia circular é um sistema que utiliza energia renovável e permite que os materiais circulem em circuitos fechados, seguros e regenerativos. O autor destaca que a economia circular aborda as interligações das quatro funções econômicas do meio ambiente: ser um sistema essencial de suporte à vida, proporcionar qualidade de vida, ser base para o fornecimento de recursos e receber os descartes de materiais provenientes das atividades econômicas.

Segundo a Fundação Ellen MacArthur (2017), a adoção de um modelo de economia circular traz inúmeros benefícios para as empresas. Além de melhorar a reputação da marca e fidelizar clientes, esse modelo cria oportunidades de negócios. No entanto, essa transição apresenta desafios, como a necessidade de mudanças significativas nos processos de produção e nas cadeias de suprimentos, além da falta de métricas padronizadas para medir o progresso em direção à circularidade (EMF,2017).

Segundo Kirchherr *et al.* (2017), as ações adotadas pelas marcas dentro da economia circular têm um impacto significativo na sociedade, uma vez que a cadeia produtiva pode afetar o meio ambiente de forma ampla. A economia circular é um passo em direção a um processo produtivo mais sustentável, que prioriza o uso de recursos renováveis, o melhor aproveitamento de materiais e a redução do descarte de resíduos.

Por outro lado, os fabricantes há muito entenderam os motivos para usar os recursos de maneira inteligente, mas sua principal motivação não foi impulsionada por uma crescente conscientização sobre o esgotamento dos recursos. Até os anos 60, os problemas ambientais eram amplamente desconsiderados na tomada de decisões sociais, bem como nas teorias da economia. Todavia, a evidência histórica mostra que as indústrias, há muito

tempo, exploram diferentes maneiras de transformar resíduos em recursos e, portanto, experimentam uma economia circular (Leitão, 2015).

Para implementar com sucesso o sistema de economia circular, é imprescindível que as empresas estejam atentas a alguns fatores cruciais. De acordo com Ghisellini *et al.* (2016), é necessário fortalecer a educação e conscientização ambiental, uma vez que a economia linear é o sistema mais conhecido e adotado pelas empresas ao longo dos anos. A implementação do modelo circular requer a quebra de alguns paradigmas, por isso é importante iniciar o processo com o fortalecimento da conscientização ambiental e explicação sobre o que é a economia circular, bem como seus benefícios para a produção e para o meio ambiente. Essa mudança de *mindset*¹ pode fazer toda a diferença na adoção da economia circular pelas empresas.

Outro fator importante é criar projetos sustentáveis que englobam diferentes etapas da vida de um produto. Desenvolver projetos sustentáveis é um dos pilares do sistema circular. No setor da moda, por exemplo, a compra e venda de roupas usadas tem se tornado uma tendência entre os consumidores. As opções são diversas para diferentes tipos de negócios, mas todas seguem o propósito de reciclagem e reutilização de produtos (Kirchherr *et al.*, 2017).

Pensar em soluções a longo prazo também é um passo importante na implementação deste modelo econômico. Ao entender como funciona a economia circular, é possível perceber como a sustentabilidade é pensada desde o início do processo até o fim do ciclo de vida do produto. Além disso, as ações de hoje terão impactos nas próximas gerações, por isso é essencial pensar no presente e no futuro ao desenvolver as soluções circulares (Ghisellini *et al.*, 2016). Dar preferência aos insumos recicláveis e reutilizáveis é uma prática na economia circular. A base desse sistema é o uso de materiais recicláveis e renováveis, que possam ser reutilizados após o uso ou ao fim de seu ciclo de vida (Kirchherr *et al.*, 2017).

Sob outra perspectiva, para Saavedra *et al.* (2018), a economia circular representa uma opção viável para países, governos, universidades e sociedades, capaz de transformar os materiais lineares e semicirculares e os fluxos de energia em fluxos circulares, obtendo benefícios sustentáveis por meio do aproveitamento dos materiais destinados à produção, reduzindo o desperdício e o impacto ambiental.

¹ mentalidade que pode influenciar significativamente ações e resultados.

A economia circular é uma abordagem para promover o uso responsável e cíclico de recursos. Nos últimos anos, a economia circular foi endossada como uma política para minimizar os encargos para o meio ambiente e estimular a economia. É um conceito guarda-chuva e inclui a redução da entrada de material e a minimização da geração de resíduos para dissociar o crescimento econômico do uso de recursos naturais. Diversas nações estão adotando a economia circular em todo o mundo (Azevedo, 2015).

Na análise econômica interdisciplinar proposta por Boulding, descrita em seu livro *The Economy of Love and Fear: A Preface to Grants Economics*, publicado em 1973, o objetivo não é maximizar o rendimento, mas sim minimizá-lo. Para alcançar esse objetivo, ele propõe uma medida de sucesso baseada em fatores como a qualidade e a natureza do estoque total de capital, incluindo o estado físico e mental dos indivíduos. Em outras palavras, a medida de sucesso não é baseada apenas nos níveis de produção e consumo, mas sim em uma visão mais ampla e holística do bem-estar humano e da sustentabilidade do meio ambiente.

Essa abordagem representa uma mudança significativa na forma como a economia é tradicionalmente pensada e pode ter implicações importantes para o futuro do desenvolvimento econômico e social. (Leitão, 2015).

Conforme Geissdoerfer *et al.* (2017) afirmam, a economia circular é um sistema que visa a regeneração, com o objetivo de minimizar a entrada de recursos e o vazamento de resíduos, emissões e energia. Para atingir tal objetivo, é necessário adotar medidas como projeto, manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, reforma e reciclagem de longa duração. Essas práticas são fundamentais para promover a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais, estabelecendo um modelo econômico mais equilibrado e responsável com o meio ambiente.

O discurso em torno do desperdício zero e da economia circular tem sido amplamente defendido mundialmente por diversos atores-chave, como a Comissão Europeia, consultorias de gestão, ONGs, acadêmicos e empresas multinacionais. Nos últimos anos, essa temática tem se tornado cada vez mais relevante, especialmente diante das crises sociais e ambientais que estão associadas ao capitalismo de crescimento fora dos limites. Nesse contexto, a economia circular tem sido vista como uma das principais referências para reconstruir e reformar uma economia política de crescimento sustentável. No entanto, é importante destacar que essa tentativa de reforma tem sido marcada por uma estratégia “despolitizante”, o que pode comprometer os resultados almejados. (Valenzuela; Böhm, 2017).

Os elementos centrais da economia circular se relacionam ao manuseio circular direto de fluxos de materiais e energia - por exemplo, fechando loops, estendendo os ciclos de vida do produto e aumentando a intensidade de uso. Os elementos facilitadores da economia circular apoiam a implementação e aceitação da circularidade, removendo alguns desses obstáculos para os elementos essenciais - por exemplo, usar resíduos como um recurso é difícil de implementar devido à falta de conhecimento da quantidade e qualidade dos fluxos de resíduos, mas pode ser viabilizado por meio do uso de uma plataforma digital que expõe os fluxos de resíduos e suas características em uma determinada região (Leitão, 2015).

Em uma perspectiva de modelos econômicos de economia circular adotados em outros países, destaca-se o interesse crescente da comunidade científica da China, além do contínuo interesse por todos os países da União Europeia. O avanço desses países deve-se sobretudo ao pioneirismo nas políticas públicas. Desde 2008 a República Popular da China possui uma lei específica para a promoção da economia circular através do fortalecimento do gerenciamento de resíduos e metas de ampliação da utilização de recursos (Türkeli *et al.*, 2018).

A China foi a primeira a promulgar uma lei específica em 2008; uma grande parte da literatura relacionada com economia circular refere-se a este país. Além disso, a Alemanha e o Japão foram os pioneiros em promover a economia circular em políticas concretas. No final de 2015, a União Europeia (UE) aprovou um plano de ação para implementar a economia circular em todos estados membros (Leitão, 2015).

No entanto, aspectos da economia circular já estavam presentes em outras políticas da União Europeia, por exemplo, eficiência de recursos e legislação relacionada com resíduos desenvolvida desde os anos 70. Recentemente, a Comissão Europeia (COM) propôs uma estrutura de monitoramento da economia circular. Entre os consultores privados, a Fundação Ellen MacArthur (EMF) está nas raízes da formulação do conceito de economia circular. (Azevedo, 2015).

Segundo Mendoza *et al.* (2019), a Universidade de Manchester aprendeu várias lições valiosas durante o processo de implementação de sua estratégia de sustentabilidade. Algumas dessas lições incluem a importância de ter liderança forte e comprometida, a necessidade de envolver toda a comunidade universitária no processo, a importância de definir metas claras e mensuráveis, e a necessidade de trabalhar em colaboração com outras instituições e organizações.

Dessa forma, economia circular tem sido cada vez mais reconhecida como uma abordagem essencial para a gestão de recursos e redução de impactos ambientais. Nesse contexto, o Triple Helix tem se mostrado uma abordagem promissora para a construção de parcerias que visam a promoção da economia circular. Como destacam Anttonen *et al.* (2018), a colaboração entre empresas, governos e universidades é indispensável para a implementação de práticas sustentáveis e a criação de um ambiente econômico mais equilibrado.

É importante que as empresas e governos adotem medidas que promovam a sustentabilidade do planeta, e a inovação tecnológica pode ser uma ferramenta importante nesse processo. A transição para uma economia circular traz diversas oportunidades econômicas e benefícios ambientais. Ao adotar um modelo de produção e consumo que valoriza a reutilização, reciclagem e reparo de materiais, é possível reduzir a dependência de importação de matérias-primas escassas e limitar o desperdício de recursos naturais. Além disso, a economia circular promove a sustentabilidade ao estimular a eficiência energética, a redução de emissões de gases de efeito estufa e a conservação da biodiversidade (Luz *et al.*, 2017).

Por isso, a colaboração entre organizações e partes interessadas em todos os setores é essencial para a implementação desse modelo. Apesar dos desafios, segundo a Fundação Ellen MacArthur (2016), é crucial que as empresas considerem os benefícios da economia circular para promover a sustentabilidade e manter-se competitivas no mercado atual.

2.3. Elos entre Inovação Tecnológica e Economia Circular

A transição para um modelo mais sustentável depende da disponibilidade de recursos tecnológicos, conforme apontado por Kirchherr *et al.* (2017). Contudo, ainda há barreiras a serem superadas para a implementação desse modelo, o que pode explicar por que muitas empresas ainda não adotaram essa abordagem. É primordial que as capacidades técnicas sejam desenvolvidas para que essa mudança seja possível.

De acordo com Tura *et al.* (2019), as novas tecnologias não fornecem apenas soluções mais limpas para o futuro, mas também ajudam a evitar e resolver problemas causados pelas tecnologias atuais. A disponibilidade de recursos tecnológicos pode alavancar a transição para um modelo de economia circular ao otimizar o uso de recursos e desenvolver soluções que favoreçam a reutilização, remanufatura e a reciclagem, bem como contribuir no desenvolvimento de soluções de compartilhamento e desmaterialização dos produtos e serviços, conforme a Ellen MacArthur Foundation (2015).

Além disso, Tura *et al.* (2019) complementam que o papel da tecnologia também está intimamente ligado ao maior compartilhamento de informações, o que exige tecnologias aprimoradas de gerenciamento dessas informações. No entanto, ainda há barreiras tecnológicas a serem superadas, como a falta de informação, conhecimento e habilidades técnicas, tecnologias defasadas ou obsoletas, dificuldades em fornecer produtos remanufaturados de qualidade, projetos circulares limitados, poucos exemplos de demonstração em larga escala e a falta de dados sobre impactos.

Para Kirchherr *et al.* (2018), também há necessidade de investimento em tecnologias inovadoras e em capacitação técnica para superar essas barreiras e avançar na transição para um modelo mais sustentável. Além disso, fatores culturais também precisam ser considerados, afinal faz-se urgente que o perfil de consumo seja mais consciente a fim de evitar desperdícios de materiais e energia.

De acordo com Santos *et al.* (2004), a implementação de uma abordagem mais direta de monitoramento da economia circular enfrenta diversos desafios, como a falta de indicadores claros e padronizados, a falta de familiaridade das empresas com os conceitos e práticas da economia circular, a necessidade de mudança de mentalidade em relação ao consumo e à produção e a necessidade de investimentos significativos em tecnologia e infraestrutura. Os autores propõem uma abordagem mais direta para o monitoramento da economia circular, levando em conta as necessidades da sociedade como um todo e não apenas as demandas do mercado. Essa abordagem pode contribuir para a implementação de políticas mais eficazes de economia circular, garantindo maior aceitação e adesão da população e resultando em políticas mais sustentáveis e eficazes a longo prazo.

A importância da economia circular é reconhecida não apenas pelas grandes organizações, mas também por inúmeras empresas pequenas. Segundo a Ellen MacArthur Foundation (2015), "a economia circular oferece às empresas uma oportunidade de reduzir custos, aumentar a eficiência e criar novas fontes de receita".

De acordo com a EMF (2015) o empreendedorismo sustentável é uma questão crucial no contexto da educação formal, especialmente no ensino superior. É fundamental a conscientização sobre o conceito de economia circular por meio da inclusão desse modelo no processo de ensino-aprendizagem, de forma holística e com interações com o mundo real. Embora algumas empresas nem saibam que desenvolvam iniciativas de economia circular, é notável a preocupação crescente das empresas em adotar práticas sustentáveis. O autor cita que grandes empresas, como a Lojas Renner, Philips, Coca-Cola, Apple e

Unilever, já estão implementando essa filosofia em suas estratégias de negócios (Ártico, 2020).

No entanto, a implementação desse modelo também apresenta desafios, como a necessidade de mudanças significativas nos processos de produção e nas cadeias de suprimentos, além da falta de métricas padronizadas para medir o progresso em direção à circularidade. Além disso, a implementação da economia circular requer colaboração entre organizações e partes interessadas em todos os setores para criar sistemas que possam maximizar o uso de recursos e minimizar o desperdício (EMF, 2015).

Na União Europeia, além dos governos que incentivam a adoção de práticas que visam a economia circular, inúmeras empresas pequenas também reconhecem essa prática como uma possível maneira de reduzir os impactos ambientais e manter seus lucros. Um exemplo é a empresa holandesa Rigo, que está revolucionando a produção de tintas ao adotar práticas sustentáveis e locais. Os irmãos Toon e Michiel van Westerhoven dirigem a empresa, que fabrica tinta, óleo e verniz desde 1938. Eles usam linho cultivado localmente e moinhos de vento tradicionais para extrair o óleo, produzindo tintas que reduzem o impacto ambiental. Além disso, a empresa investe em pesquisa e desenvolvimento para encontrar soluções que permitam a recuperação e reutilização de materiais, reduzindo o consumo de recursos naturais (World Economic Forum, 2019).

No setor industrial brasileiro a economia circular tem ganhado cada vez mais espaço. Segundo pesquisa da Confederação Nacional da Indústria, foi revelado que a circularidade envolve ações que aumentam a vida útil de produtos e materiais, a partir de um uso mais eficiente de recursos naturais. A pesquisa apontou que 70% das pessoas entrevistadas não tinham ouvido falar sobre economia circular antes da pesquisa, embora a maior parte já desempenhasse práticas relacionadas ao tema em suas empresas. 88,2% avaliaram a economia circular como importante ou muito importante para a indústria brasileira. Foi revelado ainda que as práticas de economia circular podem ajudar na geração de empregos e na redução de custos operacionais das empresas, concluindo ainda que, uma ação coordenada entre governo, empresas e consumidores é necessária para a transição para a economia circular (CNI, 2019).

No Brasil, vários setores já possuem iniciativas de negócios circulares, como moda, construção civil e agricultura. Há várias oportunidades de novos modelos de negócios, com geração de investimento e emprego, nos setores de *design* e recuperação de materiais, como reciclagem, reuso e remanufatura. O segmento eletroeletrônico, construção civil, têxtil e confecções, plástico, TICs e agropecuária são citados como

potenciais para a transição para a economia circular. Além disso, essa transição permitirá que os setores da agropecuária e indústria brasileira atendam às legislações nacionais e internacionais, permitindo a comercialização de produtos em novos mercados e atração de investimentos (Brasil, MINIDR, 2021).

Para Cezane e Tiozzi (2021), o modelo Triplo Helix, termo de origem britânica, com o objetivo de unir as iniciativas das universidades, indústrias e governo a fim de retomar a economia em declínio existente na época, reconhece que a interação entre os setores público, privado e acadêmico pode gerar soluções mais criativas e eficazes para os desafios enfrentados pela sociedade.

Ao promover a colaboração entre esses setores, incentiva-se a troca de conhecimentos e experiências, além de estimular a criação de novas tecnologias e processos. Isso pode levar a uma maior competitividade e crescimento econômico em nível local, regional e nacional. No entanto, para que essa abordagem seja bem-sucedida, é necessário um ambiente propício à colaboração e à inovação. Isso envolve políticas públicas que incentivem a interação entre os setores, bem como uma cultura empresarial que valorize a inovação e a colaboração. É indispensável ressaltar que o comprometimento real e contínuo por parte dos setores público, privado e acadêmico é crucial para o sucesso dessa abordagem (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995).

Segundo Pôrto *et al.* (2019), o ensino superior tem a capacidade de promover a economia circular por meio de três etapas fundamentais. A primeira etapa é desenvolver percepções e conhecimentos sobre sistemas não lineares, complexos e dinâmicos. A segunda etapa envolve promover o conhecimento sobre como a economia circular pode ser entendida, considerando os diversos atores e o modo complexo de funcionamento dos sistemas vivos. Por fim, a terceira etapa é desenvolver modelos de análise que possam ser aplicados em diversas situações do mundo real, associando sistemas econômicos à aprendizagem.

Os educadores precisam responder às necessidades das pessoas e desenvolver processos formativos e de investigação dinâmicos e inovadores que induzam mudanças de atitude nos futuros profissionais, levando-os a encontrar soluções técnicas e viáveis do ponto de vista econômico, social e ambiental. É necessário que o ensino superior adapte seus planos curriculares para incluir a economia circular e uma abordagem holística na resolução de problemas. Assim, os futuros graduados estarão conscientes da importância da sustentabilidade para o sucesso empresarial. Transferir o conhecimento sobre economia circular e desenvolvimento sustentável para a sociedade é um desafio que se coloca

atualmente a todos os estudantes do ensino superior e às instituições de ensino superior que os graduam (Pôrto *et al.*, 2019).

A Fundação Ellen MacArthur (2021) disponibiliza recursos para auxiliar no desenvolvimento de cursos universitários voltados à economia circular. A colaboração entre universidades e empresas pode ocorrer de diversas formas para promover a economia circular, dentre elas destacam-se as parcerias estratégicas, projetos de extensão universitária e eventos de discussão. As universidades podem trabalhar em conjunto com as empresas e organizações para fomentar a economia circular por meio de parcerias estratégicas, nas quais as empresas fornecem recursos financeiros e técnicos para projetos de pesquisa e desenvolvimento relacionados à economia circular.

As universidades podem oferecer programas de treinamento e capacitação para funcionários das empresas e organizações interessados em aprender mais sobre a economia circular e suas aplicações práticas. Outra forma de colaboração é por meio de projetos de extensão universitária, nos quais os estudantes trabalham em conjunto com empresas e organizações para desenvolver soluções sustentáveis e inovadoras para problemas reais. Esses projetos podem envolver desde a criação de novos produtos e serviços até a implementação de processos mais eficientes e sustentáveis nas operações das empresas. (EMF, 2021).

3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

Com o objetivo de orientar este trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental utilizando o método exploratório, combinado a técnicas qualitativas e quantitativas.

O estudo buscou analisar a interação da economia circular com a inovação tecnológica, identificando mudanças técnicas em *expertises* da economia circular. Além disso, foram destacados avanços e desafios que empresas e instituições enfrentam ao realizar a transição para esse novo modelo, bem como demonstrados casos de sucesso e fracasso. Por fim, foi realizada uma visão prospectiva em escala global, incluindo a implementação da economia circular no Brasil e na UnB.

Buscando traçar possíveis caminhos para soluções que conciliem a adoção de práticas sustentáveis com a viabilidade financeira das organizações, é primordial compreender os desafios e oportunidades que se apresentam nesse contexto, a fim de abrir um caminho através de estudos e pesquisas em prol do desenvolvimento econômico sustentável e responsável.

A escolha desses métodos e procedimentos se justifica pelo fato de que a economia circular é uma abordagem promissora para a sustentabilidade empresarial, mas requer mudanças significativas na forma como as empresas operam.

Com a finalidade de se obter uma visão mais ampla e detalhada sobre o assunto, foram analisados diversos casos de implementação da economia circular em diferentes setores econômicos, tanto no Brasil quanto no mundo, inclusive a visão prospectiva na Universidade de Brasília (UnB).

A partir dessas análises, foi possível identificar as principais estratégias e dificuldades enfrentadas na adoção do modelo econômico circular.

Para isso, foi realizada uma revisão documental abrangendo livros, artigos, trabalhos acadêmicos, relatórios institucionais e documentos oficiais. A abordagem utilizada foi qualitativa, permitindo análises interpretativas dos materiais coletados com a intenção de obter informações e dados relevantes para a pesquisa.

A pesquisa identificou, por meio de estudos e documentos, tópicos predominantes sobre a circularidade nas três esferas: Indústria, Governo e Universidade - *Triple Hélix*-. As pesquisas exploratórias foram examinadas usando as plataformas *Google School*, *Repositório Institucional da UnB* e *Scopus*, utilizando as palavras-chaves: economia circular, inovação tecnológica e análises econômicas.

Com base na análise das publicações encontradas nas plataformas *Google School e Scopus* sobre o tema selecionado, optou-se pelo uso do método sistemático qualitativo para realizar a junção das informações.

Dessa forma, esse método se mostrou como um ponto de partida eficaz para a análise e interpretação dos dados obtidos, sendo permitido uma abordagem mais aprofundada e completa do tema, possibilitando uma conclusão mais embasada e fundamentada. A partir disso, foram realizados comentários com base em teóricos próximos ao assunto, utilizando resumos dos conhecimentos adquiridos por meio de livros, artigos, relatórios e estudos.

Na condução das buscas pelo site do *Google School* foram encontrados, dentre 42 estudos com relevância à temática pesquisada, diversos relatórios e estudos realizados por entidades não governamentais, em especial a *Ellen MacArthur Foundation - EMF*, uma instituição filantrópica de âmbito global, referência internacional sobre economia circular, inclusive, com trabalhos reconhecidos pelas Organizações das Nações Unidas - ONU. As buscas foram realizadas no período de 01/10/2022 a 29/06/2023.

Após realizar a pesquisa baseada por artigos e documentos, procedeu-se buscas manuais na internet, por meio de sites governamentais, organizações não governamentais - ONGs, instituições de ensino e empresas que adotaram a economia circular como forma de inovação.

No intuito de quantificar as publicações relacionadas ao tema deste trabalho na Universidade de Brasília, foram utilizadas abordagens metodológicas quantitativa e qualitativa baseadas no repositório institucional da UnB como mecanismo de busca.

A pesquisa foi realizada utilizando as palavras-chaves "economia circular", "inovação tecnológica" e "análises econômicas". No entanto, não foram encontradas publicações que contemplassem todos os temas abordados.

Diante disso, foi realizada uma busca utilizando apenas a palavra-chave "economia circular", que resultou em 12 publicações de autoria de pesquisadores, docentes e discentes da Universidade de Brasília.

Também foram encontradas informações e estudos sobre a implementação de práticas circulares no site da Universidade de Brasília, do Centro de Desenvolvimento Sustentável da instituição, criado em 1995, com objetivo promover a ética da sustentabilidade por meio do diálogo, construção de conhecimento e treinamento educacional, e do Parque Científico e Tecnológico da UnB - PCTec/UnB, criado em 2007,

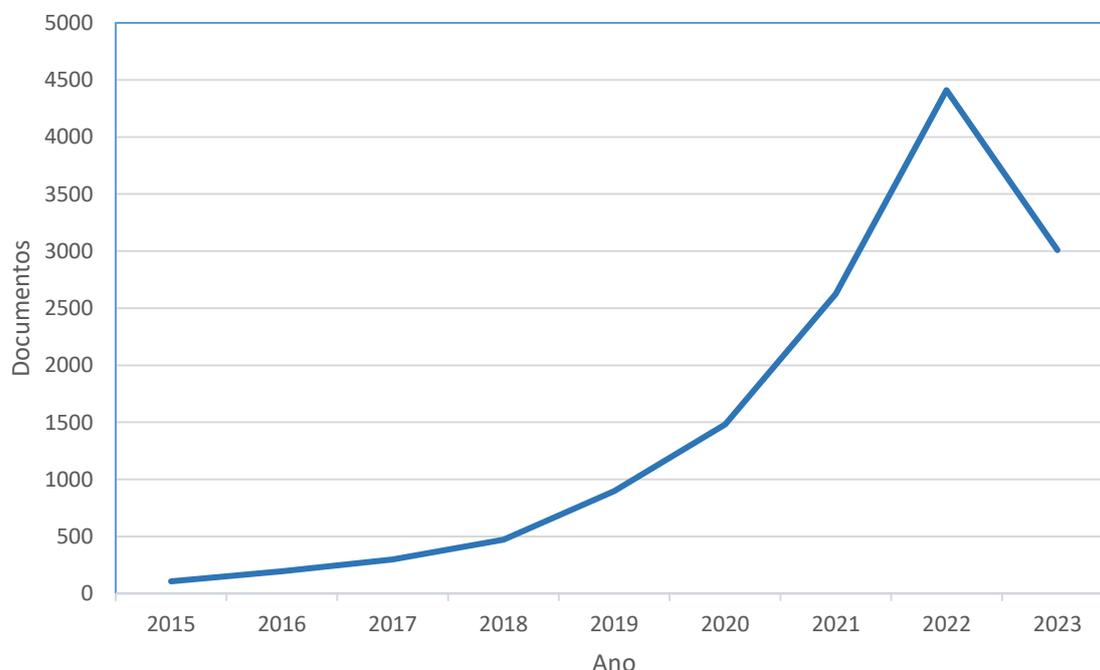
no intuito de promover a inovação criando elos entre empresas inovadoras e os pesquisadores da universidade.

Essas abordagens quali-quantitativas possibilitaram uma análise minuciosa, oferecendo informações relevantes sobre a prospecção da implementação de práticas, pesquisas e estudos do modelo circular no contexto da UnB. As buscas foram realizadas entre 03/03/2023 e 29/06/2023.

Posteriormente, foi realizada pesquisa no site do Periódicos Capes, lista de base *Scopus*. Tal escolha foi feita com o intuito de garantir a qualidade e confiabilidade dos dados coletados e por ser reconhecida como a maior base de dados de resumos e artigos científicos revisados por pares.

Realizou-se busca em todos os campos utilizando as palavras-chaves “*Circular Economy, Technological Innovation, Economic Analysis*”, Como resultado, foram encontrados 13.494² documentos publicados no período de 2015 a 2023. Este é um número significativo de publicações que demonstra o interesse e relevância do tema no cenário atual.

Figura 1: Pesquisa de todas publicações por ano
Palavras-chaves: Economia circular, inovação tecnológica, análises econômicas.



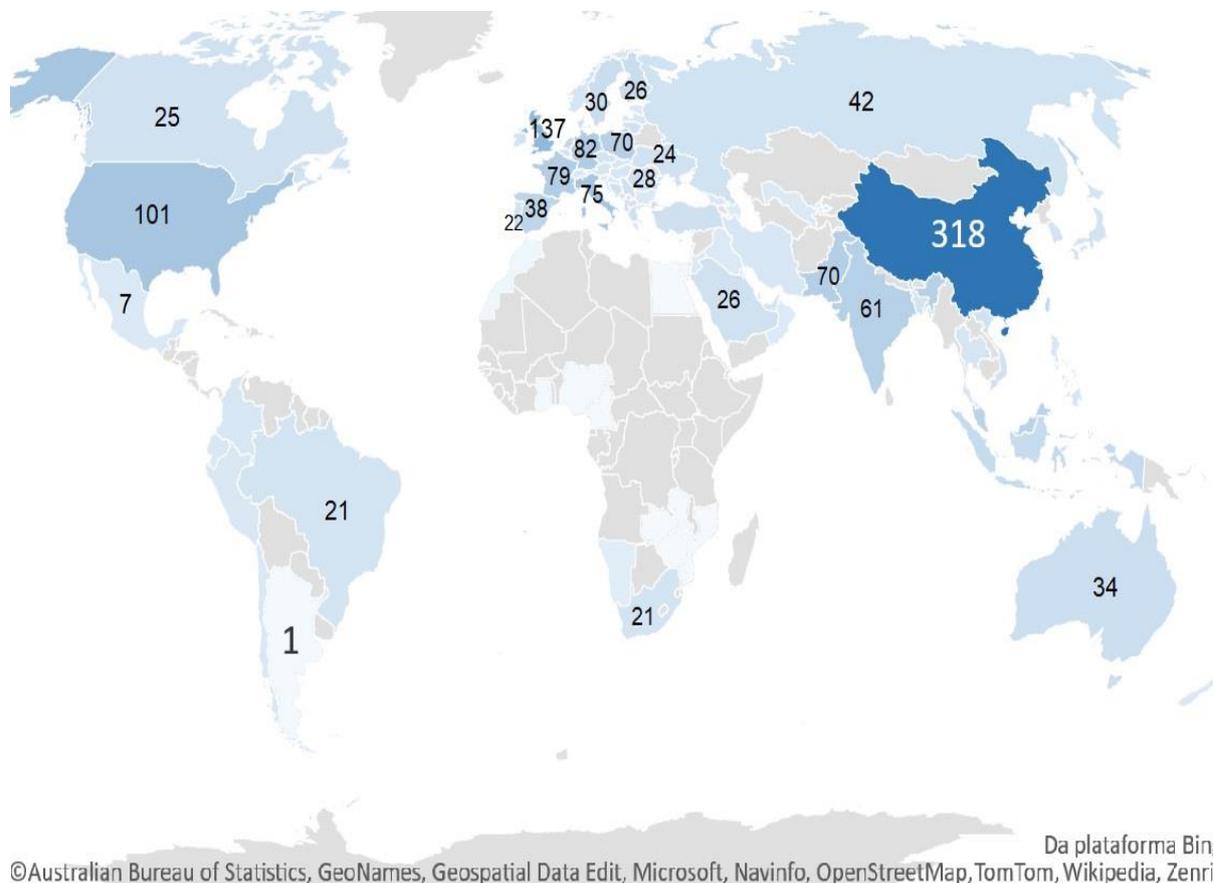
Fonte: SCOPUS.

² A crescente quantidade de publicações científicas sobre economia circular, principalmente durante a pandemia da COVID-19, indica a relevância do tema. Esse interesse pode ser explicado pela necessidade de encontrar soluções resilientes em tempos de crise.

Em seguida, foi realizada pesquisa com foco na *área temática*: Economia, Econometria e Finanças, apenas com artigos em *etapa final de publicação*, sendo selecionados 1.853 documentos. Após realizado filtro a fim de limitar a busca somente por *Artigos*, foram encontradas 1.525 publicações.

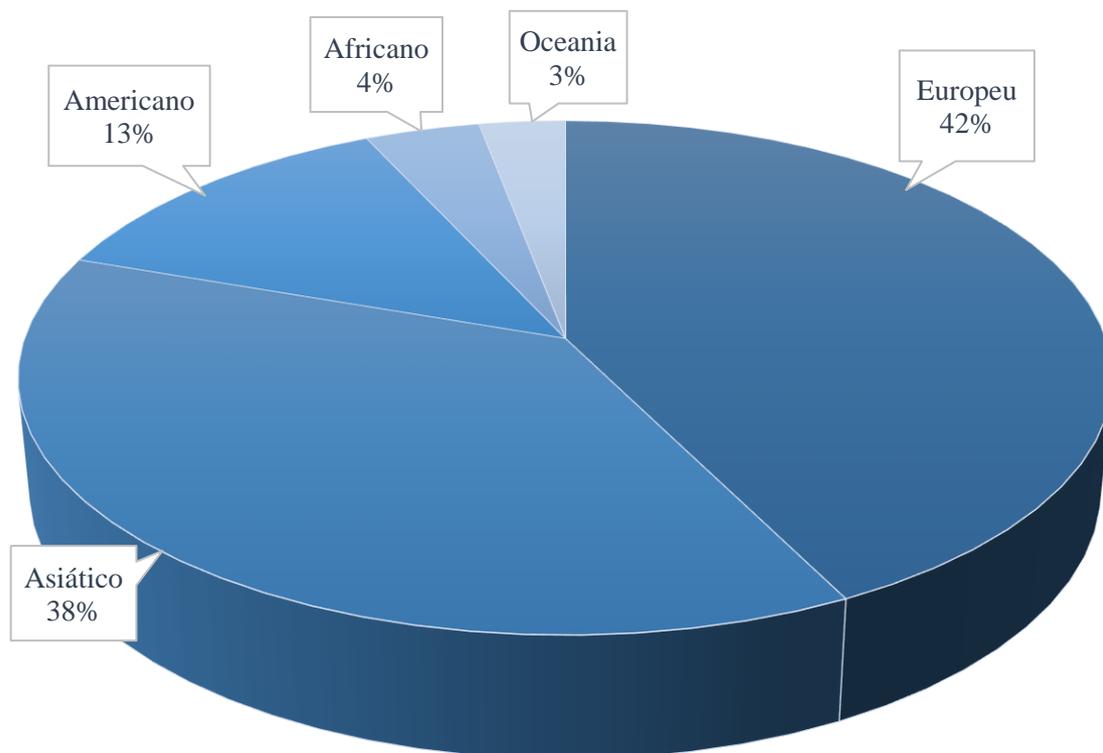
Diante deste resultado, foi observado que a China é um grande referencial de publicações sobre a temática, com 318 artigos,³ em seguida Reino Unido (137) e Estados Unidos (101). O Brasil, com 21 artigos, está entre os 20 países com maior número de publicações.

Figura 2: Pesquisa de Artigos por países.
Palavras-chaves: Economia circular, inovação tecnológica, análises econômicas.
Área temática: Economia, Econometria e Finanças.



Fonte: SCOPUS.

³ Os dados reforçam a ideia de que quanto maior a população em relação ao território, maior é a busca por estudos e práticas circulares a fim de atingir a sustentabilidade. A liderança dos países europeus e, alguns, asiáticos na promoção da economia circular, impulsionada pela pressão sobre os recursos naturais e a necessidade de soluções sustentáveis, pode ser explicada pela busca por resiliência em tempos de crise. Essa tendência é evidenciada pelo aumento do número de publicações sobre o tema.

Figura 3: Pesquisa de Artigos por continente.

4

Fonte: SCOPUS.

A fim de sintetizar melhor a pesquisa, foi realizada nova filtragem destes artigos já encontrados, com a palavra-chave “economia circular”, limitado a artigos com “acesso aberto”, filtrando pelo idioma “inglês”, restaram 108 artigos publicados de 2017 a 2023. Buscando maiores referências no assunto, foram descartados todos os artigos com menos de 10 citações, assim, restando 60 artigos que foram estudados a fim de subsidiar a elaboração deste trabalho. A busca foi realizada no dia 01/04/2023.

⁴ A abordagem na União Europeia de “responsabilidade estendida ao produtor” na gestão de resíduos sólidos é significativamente diferente da abordagem Americana, que se concentra no final do ciclo de vida do produto e no consumidor final. Essas especificidades despertaram o interesse dos pesquisadores ao longo dos anos.

4. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: APROFUNDANDO NOSSA REVISÃO

4.1. Economia da Inovação

No âmbito do capitalismo, a acumulação de capital baseada na concorrência é responsável pelo processo de crescimento e desenvolvimento econômico. Como apontado por Schumpeter (1982), a concorrência estimula a inovação e a criação de novas formas de produção, impulsionando a economia para frente. Considerando a relação direta entre inovação e atividade produtiva, é imprescindível compreender que o crescimento econômico passa a ter um caráter não linear. Isso se deve ao fato de que novos setores econômicos surgem e superam aqueles já estabelecidos, transformando a produção de bens e serviços. Essa teoria da "destruição criadora", proposta por Schumpeter em 1984, é indispensável para entender os mecanismos que impulsionam o desenvolvimento econômico.

O artigo de Dosi (1982) apresenta uma análise relevante sobre a evolução tecnológica, destacando duas abordagens principais: a *demand pull* e a *technology push*. De acordo com o autor, o processo de mudança tecnológica é condicionado pela escolha de um modelo ou padrão de solução de problemas, que institui paradigmas e aponta um conjunto de tecnologias que irão avançar e reforçar.

É essencial compreender a independência do avanço tecnológico em relação aos mecanismos de mercado, o que pode ser interpretado a partir dessas duas abordagens distintas. Na abordagem *demand pull*, o processo inovativo começa com a identificação das necessidades dos consumidores a serem supridas. Os produtores observam os preços relativos e inferem as dimensões da utilidade que têm maior peso. A economia circular prevê o reconhecimento das externalidades e incentiva a escolha de materiais e tecnologias sustentáveis. Já na abordagem *technology push*, valoriza-se os determinantes tecnológicos e apreende alguns fatos da geração de inovações. É possível observar uma correção existente entre *P&D* e inovações, bem como a ausência de correlação entre mercado e inovações e a incerteza no processo inovativo (Dosi, 1982).

Segundo Porter (1980), não há estratégia sem inovação. As empresas devem definir seus produtos e serviços de acordo com as necessidades dos consumidores e estar preparadas para adotar e se adaptar a mudanças constantes. A inovação tecnológica é fundamental para o sucesso das empresas, mas não é suficiente por si só. As empresas que possuem uma cultura de inovação são mais bem-sucedidas a longo prazo, pois conseguem se adaptar às mudanças do mercado e oferecer soluções que atendam às necessidades dos consumidores. Conforme destacado por Bessant *et al.* (2009). A percepção do mundo

empresarial em relação ao desenvolvimento de novas tecnologias é primordial para a sobrevivência e crescimento das empresas.

Como observado por Silveira (2007), implementar uma cultura de inovação não é fácil e exige comprometimento da liderança em estimular a criatividade e dar espaço para que os colaboradores proponham ideias inovadoras. É necessário também ter recursos e processos adequados para implementar essas ideias e transformá-las em produtos ou serviços bem-sucedidos no mercado. Segundo Au-Yong *et al* (2020), a adaptação às mudanças tecnológicas é essencial para a sobrevivência e crescimento das empresas. O estudo da evolução da Nokia ilustra a importância dessa adaptação, já que a empresa líder do mercado, Motorola, não conseguiu se adaptar às novas tecnologias nos anos 90, permitindo que a Nokia ultrapassasse sua quota de mercado em 1998, mantendo a liderança por cerca de 14 anos.

O avanço tecnológico constante exige que as empresas estejam sempre atentas às tendências do mercado e às necessidades dos consumidores. A inovação é vital para o sucesso duradouro das empresas e a falta dela pode levar à perda de competitividade e até mesmo ao fracasso. A mudança é constante e quem consegue criar inovações disruptivas poderá conseguir a fama, a glória e a fortuna que parecem “fazer correr” o ser humano da modernidade. Por isso, a estratégia empresarial é primordial para avaliar a posição de uma empresa no mercado e adaptar-se às mudanças. O caso da Nokia, que passou por diversas fases de sucesso e insucesso ao longo dos anos, mostrou que a falta de adaptação às novas tecnologias foi um fator determinante para a perda de sua liderança no mercado de telefonia móvel (Au-Yong *et al*, 2020).

A importância da inovação para o desenvolvimento econômico é inegável. Porém, entender o processo de evolução tecnológica vai além das demandas do mercado. Como afirmou Dosi (1982), é indispensável investir em pesquisa e desenvolvimento para impulsionar a inovação. No entanto, a inovação tecnológica não é suficiente por si só. É necessário que haja uma cultura organizacional voltada para a inovação e o *design*, capaz de aproveitar as oportunidades para trazer novos produtos ao mercado (Au-Yong *et al*, 2020).

O relatório "Inovação e Crescimento Econômico: Uma Revisão da Literatura" de Mazzucato e Tancioni (2012), destaca que a inovação pode aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos e serviços, reduzir custos e criar mercados. Existem vários tipos de inovação, incluindo tecnológica, organizacional, de marketing, de produto, de processo e social.

O setor público pode desempenhar um papel importante na promoção da inovação por meio de políticas públicas e colaboração com universidades e institutos de pesquisa. A inovação também pode contribuir para a criação de empregos, mas é importante garantir que os benefícios sejam distribuídos de forma justa. As empresas enfrentam desafios na promoção da inovação, como falta de recursos financeiros, talentos qualificados e resistência à mudança. No entanto, muitas empresas continuam a investir em inovação como forma de se manterem competitivas e impulsionarem o crescimento econômico (Mazzucato; Tancioni, 2012).

Para Daly (1996), o avanço tecnológico possibilita a variação do estoque de artefatos e pessoas, permitindo o crescimento temporário quando novas técnicas de produção aumentam a vida útil ou a produtividade dos recursos naturais. É imprescindível que as ações em prol da sustentabilidade sejam tomadas com seriedade e comprometimento, visando a proteção do meio ambiente e das gerações futuras.

No entanto, é importante destacar que essa dinâmica pode gerar impactos significativos nas estruturas produtivas e, conseqüentemente, na sociedade como um todo. Nesse sentido, é importante estar atento aos desafios e oportunidades que surgem nesse contexto, buscando sempre formas de promover um crescimento econômico sustentável e inclusivo. Para tanto, é necessário investir em políticas públicas que estimulem a inovação e o empreendedorismo, fomentando a criação de novos negócios e a diversificação da economia (Mazzucato; Tancioni, 2012).

4.2. Triple Helix e a Inovação

Nesse contexto, destaca-se o conceito de Triple Helix, um modelo de inovação que enfatiza a colaboração entre governo, indústria e universidade para impulsionar o desenvolvimento econômico e as inovações tecnológicas. Como afirmado por Etzkowitz e Leydesdorff (1995), a colaboração entre esses três setores pode resultar em inovações mais eficazes e duradouras. De acordo com Etzkowitz e Leydesdorff (2000) a inovação tecnológica é um fator crucial para o crescimento econômico. No entanto, é importante garantir que os benefícios sejam distribuídos de forma justa. Para isso, a colaboração entre governo, indústria e universidade é imprescindível para impulsionar a inovação e promover o desenvolvimento econômico.

O modelo Triple Helix incentiva a troca de conhecimentos entre setores e exige políticas públicas e comprometimento dos setores para obter sucesso. Para Mazzucato e Tancioni (2012), investimentos em políticas públicas que estimulem a inovação e o empreendedorismo são necessários para fomentar a criação de novos negócios e a

diversificação da economia. É importante destacar que a implementação dessas políticas requer um planejamento estratégico e uma visão de longo prazo por parte dos governos e das empresas envolvidas. O apoio do governo por meio de legislações e políticas públicas é indispensável para que as pesquisas e tecnologias desenvolvidas gerem efetivamente a inovação (Mazzucato; Tancioni, 2012).

De acordo com Cezane e Tiossi (2021), o modelo utiliza mecanismos que visam amenizar as falhas existentes nas universidades, indústrias e governos, transformando conhecimento em práticas voltadas para a economia e aprimorando as interações entre os três elementos. Com a aplicação do modelo Triple Helix na gestão da inovação, o desenvolvimento de políticas públicas orientadas para a ciência e tecnologia é mais efetivo e, quanto maior o envolvimento entre os três atores do modelo, melhor será o desenvolvimento socioeconômico do país.

No que diz a respeito do governo brasileiro, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, órgão responsável por coordenar as políticas de ciência, tecnologia e inovação no governo brasileiro, e tem como missão promover o conhecimento e a qualidade de vida no país. Para isso, o ministério tem implementado diversas políticas, como a criação dos fundos setoriais de Ciência e Tecnologia, a Lei de Inovação e a Lei do Bem (Brasil/MCTIC, 2019).

A Lei de Inovação tem como objetivo incentivar a pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, visando à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional do país (Brasil, 2004).

Já a Lei do Bem visa conceder incentivos fiscais às empresas que realizam pesquisa e desenvolvimento de inovação tecnológica, pois isso está diretamente relacionado ao crescimento do país (Brasil, 2005). Essas políticas têm sido fundamentais para o avanço da ciência, tecnologia e inovação no Brasil. O país tem se destacado internacionalmente em diversas áreas, como a produção de biocombustíveis, a exploração do pré-sal e o desenvolvimento de tecnologias para a agricultura.

Apesar desses esforços, o país ainda ocupa uma posição modesta no *Global Innovation Index*. A Lei da Inovação brasileira tem como objetivo incentivar a pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional do país (Cezane; Tiossi, 2021).

Para com Kemp e Soete (1992), a transição dos padrões tecnológicos de crescimento econômico tem sido um tema amplamente discutido nas últimas décadas. A

crescente presença de externalidades negativas demanda a criação de novos modelos de negócio capazes de superar desafios como regulações inadequadas e interesses estabelecidos. Nesse contexto, é fundamental que as políticas públicas acompanhem essas transformações e sejam capazes de promover um ambiente regulatório favorável à inovação e ao empreendedorismo, enquanto as empresas devem estar atentas às mudanças e se adaptar às novas demandas do mercado, buscando soluções inovadoras e sustentáveis.

De acordo com os autores, a regulação adequada requer a correta atribuição dos direitos de propriedade, através de mecanismos do tipo poluidor-pagador. Normas de emissões, padronização de produtos e proibições acabam induzindo o desenvolvimento de tecnologias que tratam dos danos ambientais já existentes, ao invés de tecnologias mais limpas. Medidas como o investimento em pesquisa e desenvolvimento, incentivos fiscais e programas de capacitação podem impulsionar o crescimento econômico de forma sustentável (Kemp; Soete, 1992).

5. ECONOMIA CIRCULAR: APROFUNDANDO NOSSA REVISÃO

5.1. A Origem da Proposta

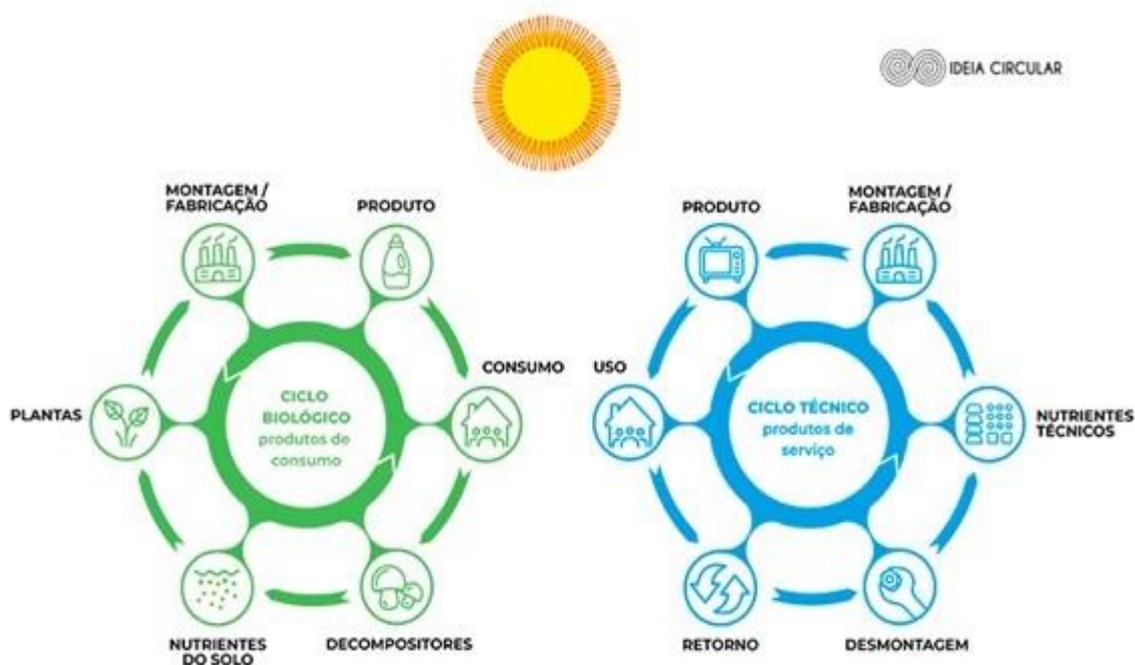
Durante a década de 1970, o arquiteto e economista suíço Walter Stahel introduziu o conceito de economia circular. Ele propôs um sistema *Cradle-to-Cradle* (do berço ao berço) em que as matérias-primas são processadas em um "circuito fechado" e os "resíduos" se tornam recursos. Isso é oposto ao modelo linear *Cradle-to-Grave* (do berço ao túmulo). Stahel identificou a necessidade de estender a vida útil do produto através de recuperação e reutilização, aspectos que são parte integrante da economia circular. A desmaterialização e os modelos de negócios alternativos, como a locação e a prestação de serviços, também são essenciais para a circularidade (Stahel, 1981).

Pearce e Turner (1990), também pioneiros na pesquisa sobre a economia circular, concluíram que esse novo modelo está diretamente relacionado ao conceito de sustentabilidade, pois busca o desenvolvimento econômico com a redução dos impactos ambientais. Para os autores, esse modelo econômico tem como objetivo maximizar a utilização de recursos naturais, minimizando o desperdício e a poluição, com a abordagem que visa a transformação do atual modelo linear de produção e consumo em um modelo mais eficiente e sustentável.

De acordo com Gejer e Tennenbaum (2017), o design do Berço ao Berço (*Cradle to Cradle*) propõe uma estrutura para a criação de produtos e processos industriais inspirados em métodos naturais, possibilitando a constituição de sistemas cíclicos de fluxos de materiais seguros e saudáveis para os seres humanos e para a biodiversidade.

Para as autoras, a economia circular é composta por dois ciclos industriais distintos: o ciclo biológico e o ciclo técnico. No ciclo biológico, os materiais são biodegradáveis ou obtidos a partir de matéria vegetal e retornam como nutrientes biológicos para o solo. Já no ciclo técnico, os materiais são considerados nutrientes técnicos e circulam em ciclos industriais fechados, principalmente aqueles que não são produzidos de forma contínua pela biosfera. A economia circular propõe que esses materiais alimentem continuamente a geração de novos produtos, diferenciando dois tipos de produtos: os produtos de consumo e os produtos de serviço. Os produtos de consumo são feitos com nutrientes biológicos e podem ser descartados diretamente ou passando por diversos usos consecutivos, enriquecendo a biosfera ao invés de contaminá-la. Já os produtos de serviço são feitos com nutrientes técnicos e desenhados desde o início para o reuso, pois seu valor para o usuário não está no produto em si, mas no serviço que ele proporciona (Gejer; Tennenbaum, 2017).

Figura 4: Economia circular: Ciclo Biológico e Ciclo Técnico.



Fonte: <https://ideiacircular.com/ciclo-tecnico-e-ciclo-biologico>

Segundo Gejer e Tennenbaum (2017), a economia circular propõe que as empresas fabricantes de produtos do ciclo técnico considerem migrar do modo atual de venda para um modelo de arrendamento (leasing), locação ou compartilhamento. Isso traz vantagens tanto na gestão circular de recursos e materiais quanto na fidelização do relacionamento com o cliente. Para o usuário, isso é interessante, uma vez que produtos sujeitos ao rápido avanço tecnológico já são projetados considerando suas futuras atualizações, e substituídos pelos últimos modelos sem que o cliente tenha que comprar um novo aparelho e preocupar-se com o descarte do antigo. A adoção dessa metodologia pode contribuir para a criação de sistemas cíclicos de fluxos de materiais seguros e saudáveis para os seres humanos e para a biodiversidade.

Antes mesmo da popularização do termo "economia circular" como uma tendência para empresas comprometidas com a sustentabilidade, já existiam documentos e textos que ilustravam detalhadamente a reutilização de subprodutos em diversos setores. Esses documentos foram organizados sob a perspectiva da economia circular, utilizando uma abordagem mais aprofundada e classificando, por vezes, o ciclo de vida do produto ou a análise quantitativa dos custos e benefícios decorrentes da implementação de uma economia circular. Alguns documentos também apresentavam estratégias de desenvolvimento ou estudos de caso (Leitão, 2015).

Embora o conceito de economia circular esteja em alta na agenda atual, ele está longe de ser um fenômeno recente. Um exemplo disso é a troca entre empresas em que os subprodutos de uma indústria se tornam insumos valiosos. Se essa abordagem centrada na reutilização de resíduos é uma característica forte da economia circular, esse tipo de intercâmbio entre empresas não é novo. A evidência histórica mostra que as indústrias há muito tempo exploram diferentes maneiras de transformar resíduos em recursos e experimentam uma economia circular (Leitão, 2015).

A economia circular é um modelo que visa dissociar o desenvolvimento econômico do consumo de recursos finitos, enfrentando desafios para induzir as inovações necessárias em prol da sustentabilidade. Embora tenha alcançado uma projeção internacional, a implementação desse modelo requer a participação ativa de diversos atores e a adoção de políticas públicas e processos de produção e consumo eficientes. (Ramos *et al.*, 2020).

De acordo com Berardi e Dias (2018), a economia circular é uma abordagem sustentável que pode impulsionar o desenvolvimento econômico sem prejudicar a preservação ambiental. O relatório publicado em 1981, intitulado "Trabalhos para o amanhã, o potencial para substituir a força de trabalho pela energia", destaca que cada extensão da vida útil do produto representa uma substituição da força de trabalho por energia. O relatório diz que economia circular propõe a reutilização e reciclagem de materiais, gerando novas oportunidades de negócios e reduzindo o consumo de recursos, as emissões de gases de efeito estufa e o desperdício, e enfatiza que empresas e governos considerem essa possibilidade e adotem medidas para incentivar a transição para uma economia circular, a fim de que os benefícios ambientais possam gerar uma economia mais resiliente a longo prazo (Berardi; Dias, 2018).

A economia circular tem se mostrado uma alternativa eficiente para enfrentar os desafios da crescente escassez de matérias-primas e da degradação do meio ambiente. Segundo Gonçalves *et al.* (2019), esse modelo proporciona ganhos sociais, econômicos e ambientais, ao passo que o modelo linear se mostra limitado. Para garantir a sustentabilidade do sistema produtivo, é primordial que a reutilização, redução e reciclagem de materiais sejam priorizadas.

No entanto, de acordo com os autores, para que a transição para um modelo circular seja efetivada, é essencial a participação efetiva do governo e de todos os agentes sociais. Parcerias entre instituições e empresas são importantes para despertar o interesse da sociedade e viabilizar a implementação de práticas circulares. É importante destacar que

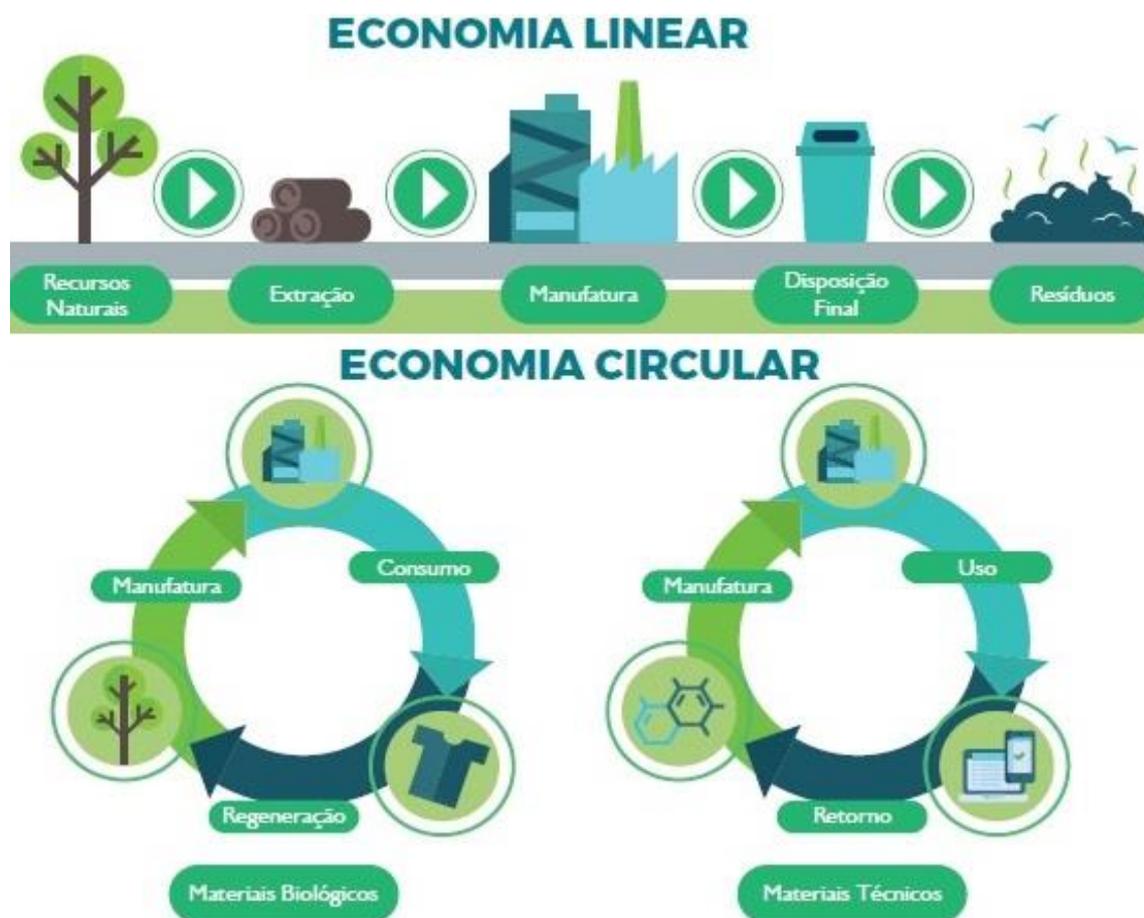
a transição apresenta desafios e oportunidades para empresas e governos em todo o mundo (Gonçalves *et al.*, 2019).

Segundo Haas *et al.* (2015), é uma estratégia que busca reduzir a entrada de materiais virgens e a produção de resíduos, fechando loops econômicos e ecológicos de fluxos de recursos. Tal abordagem é simples, porém convincente, e tem como objetivo promover uma gestão mais sustentável dos recursos naturais. É importante ressaltar que a adoção dessa estratégia pode trazer benefícios para a economia, meio ambiente e sociedade como um todo.

5.2. Difusão de Conceitos

O modelo circular busca-se romper com a linearidade do sistema produtivo atual. Princípios como a redução, reutilização e reciclagem de materiais são fundamentais para essa abordagem. Além disso, a economia circular conta com o apoio tanto do meio corporativo quanto governamental, uma vez que pode contribuir para a preservação dos recursos naturais e dissociar o desenvolvimento econômico global do consumo de recursos finitos. (Ramos *et al.*, 2020).

Figura 5: Modelos Linear X Circular.



Fonte: <https://marcioeconomiaverde.com/2019/10/15/cebds-e-a-economia-circular>

De acordo com Foster *et al.* (2016), a economia circular propõe uma mudança nos processos produtivos lineares, com o objetivo de minimizar a disposição de resíduos no ambiente e a extração de matéria-prima. O modelo de produção linear, que consiste em extrair, produzir e descartar, é substituído pela reutilização e reciclagem de materiais, transformando os outputs em inputs. Dessa forma, a economia circular busca o fechamento dos processos produtivos, reinserindo os resíduos no ciclo produtivo. É uma abordagem inovadora que visa a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente.

Para Blomsma e Brennan (2017), o conceito de economia circular é um tema interdisciplinar que tem suas raízes em diversas disciplinas. Tanto as instituições empresariais quanto o meio acadêmico utilizam diferentes interpretações e definições para se referir a este conceito. A economia circular é uma abordagem que busca criar um sistema econômico mais sustentável, onde os recursos são reutilizados e regenerados, minimizando o desperdício e reduzindo o impacto ambiental. Essa abordagem tem ganhado cada vez mais destaque em todo o mundo, pois é vista como uma solução para os desafios econômicos e ambientais que enfrentamos atualmente. É importante que empresas e governos adotem práticas de economia circular para garantir um futuro mais sustentável para todos.

A economia circular é uma estratégia que busca o reaproveitamento e a reincorporação de valor em produtos, com o objetivo de ir além da fase de utilização única. Para implementar essa abordagem, é possível utilizar diferentes tipos de Mapas de Fluxo de Valor (MFV), que auxiliam na criação e desenvolvimento da economia circular em empresas e instituições acadêmicas. Um dos MFVs mais utilizados é a Estrutura RESOLVE, desenvolvida pela Fundação EllenMacArthur, que apresenta seis arquétipos de inovações de modelos de negócio: Regenerar, Partilhar, Optimizar, Fazer Loop, Virtualizar e Trocar (Fontgalland, 2022).

Ao adotar os mecanismos dos ecossistemas naturais, baseados na economia circular, é possível promover uma reorganização coordenada dos sistemas de produção e consumo em circuitos fechados. Essa abordagem representa uma mudança significativa na forma como as empresas e instituições lidam com os recursos naturais e pode trazer benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a economia. Portanto, a economia circular é uma estratégia essencial para garantir a sustentabilidade e a eficiência dos sistemas produtivos em longo prazo (Fontgalland, 2022).

Segundo Sehnem e Pereira (2019), a constante adaptação, regeneração, recriação e inovação em práticas sustentáveis tem gerado conceitos para a economia circular. Esses conceitos possuem potencial para produzir efeitos substanciais sobre a sustentabilidade, tornando a adoção de práticas sustentáveis indispensável para garantir a preservação do meio ambiente e a continuidade das atividades econômicas.

A economia circular surge como uma alternativa viável e eficaz para promover a sustentabilidade em diversos setores da economia. É importante estar atento às oportunidades oferecidas por essa nova abordagem e buscar implementá-las de forma eficiente e eficaz (Sehnem; Pereira, 2019).

A conscientização sobre a importância da economia circular e da educação ambiental pode ser promovida por meio de campanhas educativas e programas de treinamento para empresas e indivíduos. E ainda, contanto com a colaboração entre diferentes setores, como empresas, governo e sociedade civil, pode ajudar a promover a adoção da economia circular (Rodrigues *et al.*, 2021).

Conforme Azevedo (2015), a conscientização ambiental na indústria evoluiu ao longo dos anos. Antes dos anos 60, os problemas ambientais eram amplamente ignorados na tomada de decisões sociais e econômicas. Somente décadas depois, os fabricantes reconheceram a necessidade de adotar sistemas de malha fechada com base em considerações ambientais. Isso ressalta a importância da conscientização ambiental e da adoção de práticas sustentáveis na indústria.

A adoção da economia circular é primordial para frear a sobreutilização dos recursos ambientais, que tem sido provocada pelo atual sistema de produção linear. Para isso, é preciso implementar inovações estruturadas em tecnologias limpas e empreendedorismo responsável. Apesar de ter ganhado projeção internacional e influenciar o ambiente seletivo de inovações, a economia circular ainda enfrenta algumas limitações que precisam ser mais bem avaliadas em relação ao seu conceito e aplicação (Ramos *et al.*, 2020).

A aplicação da economia circular apresenta diversos benefícios econômicos e ambientais, conforme mencionado por Ribeiro e Kruglianskas (2014). Dentre eles, destaca-se a redução de custos na indústria, impulsionando o crescimento econômico de forma sustentável. Além disso, essa abordagem contribui para a redução da extração de recursos naturais, essencial para a preservação do meio ambiente, e para a promoção da recuperação e reciclagem de materiais, reduzindo o desperdício e aumentando a vida útil dos produtos. Outro ponto relevante é que a economia circular maximiza os benefícios advindos dos

custos de extração de materiais, aumentando o número de ciclos de reuso e substituição das partes. É importante ressaltar que essa abordagem requer uma mudança de mentalidade e uma maior colaboração entre as empresas e a sociedade, visando a criação de um sistema mais eficiente e sustentável.

A transição para a economia circular pode gerar benefícios econômicos, ambientais e sociais, como a redução de desperdícios, a criação de novos modelos de negócios e a geração de empregos verdes⁵. Para isso, é fundamental que haja investimentos em pesquisa e desenvolvimento, incentivos fiscais e regulamentações que estimulem a adoção desse modelo (Ramos *et al.*, 2020).

Para Tiozzi e Simon (2021), a principal diferença entre economia linear e circular são os processos de cada um. No modelo linear, não há a reutilização de materiais, como acontece no sistema circular:

Quadro 1: Diferenças entre a economia linear e economia circular.

Economia Linear	Economia Circular
Baseada no modelo "extrair, transformar, descartar".	Baseada em um processo cíclico que busca aproveitar ao máximo os recursos.
Não há reutilização de materiais	Busca reutilizar e reciclar materiais ao fim de sua vida útil.
Matérias-primas são usadas uma vez e descartadas como lixo.	Preserva e otimiza o uso dos recursos naturais.
Gera grande quantidade de resíduos e poluição.	Minimiza os resíduos e a poluição.
Foco no lucro financeiro de curto prazo.	Foco na criação de valor sustentável a longo prazo.
Não considera a sustentabilidade ambiental e social.	Considera a sustentabilidade ambiental e social como um objetivo fundamental.

A transição para a Economia Circular enfrenta alguns desafios, como a falta de conhecimento e conscientização por parte da sociedade e das empresas, a falta de incentivos governamentais e a necessidade de mudanças nos modelos de negócios. No entanto, a economia circular é vista como uma solução para a sobreutilização dos recursos ambientais causada pelo sistema linear de produção (Tiozzi; Simon, 2021).

Para promover a economia circular, é necessário promover a educação e conscientização sobre o tema, criar incentivos governamentais para empresas que adotam práticas circulares, desenvolver novas tecnologias e modelos de negócios que considerem

⁵ O termo "emprego verde" foi criado em 2009, pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), para descrever trabalhos que ajudam a reduzir as emissões de carbono e a preservar o meio ambiente.

a sustentabilidade e promover a colaboração entre empresas e outras partes interessadas. Além disso, é importante destacar que a economia circular não é uma solução única para todos os problemas ambientais e sociais, mas sim uma das estratégias que podem contribuir para um desenvolvimento mais sustentável (Tiozzi; Simon, 2021).

Conforme divulgado pela organização *Circle Economy*, apoiada pela ONU Meio Ambiente, apenas 9% da economia global é circular. Essa informação é preocupante, uma vez que indica que menos de 10% dos 92,8 bilhões de toneladas de minerais, combustíveis fósseis, metais e biomassa utilizados anualmente em processos produtivos são reutilizados. Diante disso, é importante adotar práticas mais sustentáveis na produção e consumo, como a reciclagem e o reaproveitamento de materiais. Tais ferramentas são capazes de reduzir a pressão sobre os recursos naturais e mitigar os impactos ambientais. O relatório da *Circle Economy* é um alerta para a urgência de repensar os modelos econômicos atuais e buscar alternativas mais responsáveis e sustentáveis. Em 2019, o documento foi divulgado no Fórum Econômico Mundial, em Davos, ressaltando a importância dessas práticas para o cumprimento do Acordo de Paris e para o combate às mudanças climáticas. A transição para uma economia circular é um caminho promissor nesse sentido, capaz de conciliar desenvolvimento econômico com preservação ambiental e justiça social (PACE, 2019).

Para Ghisellini *et al.*, (2016), a economia circular não é apenas uma questão ambiental, mas também uma questão econômica e social. A adoção da economia circular pode criar oportunidades de negócios e empregos verdes, além de reduzir custos e aumentar a competitividade das empresas. Portanto, é indispensável que governos, empresas, organizações da sociedade civil e cidadãos trabalhem juntos para promover a transição para a economia circular. Isso requer políticas públicas adequadas, incentivos econômicos, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, além da conscientização e engajamento dos consumidores.

Valenzuela e Böhm (2017) destacam que o conceito de economia circular tem ganhado destaque na agenda global, especialmente na China e na Europa. Essas regiões têm sido pioneiras na implementação de políticas públicas que incentivam a adoção da economia circular por empresas e cidadãos. Desde 2008, a República Popular da China possui uma lei específica para promover a economia circular, enquanto a União Europeia lançou em 2015 o "Pacote da economia circular", com o objetivo de estabelecer metas para a gestão de resíduos sólidos até 2030.

Muitos governos na região da América Latina e Caribe têm adotado políticas circulares, como roteiros e estratégias nacionais, políticas de gestão de resíduos, responsabilidade compartilhada do produtor, metas de eficiência de recursos e reciclagem, políticas fiscais e de produtos. Alguns países já implementaram medidas concretas, como a proibição de sacolas plásticas e a introdução de incentivos fiscais para reciclagem. (Schröder *et al.*, 2020).

No Brasil, os primeiros passos para a instituição da economia circular se deram por meio da promulgação da Lei 12.305/2010, que implementou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010). Ela possui um conjunto de objetivos, em relação ao desenvolvimento sustentável e aplicação da economia circular, que o de estabelecer instrumentos, diretrizes e ações para gerenciamento integrados dos resíduos, tais como, reduzir, reutilizar e reciclar, de forma a estimular adoção de padrões de produção consumo sustentáveis (Assunção, 2021).

Segundo a Ellen MacArthur Foundation (2017), existem três princípios bases do modelo, que são essenciais para entender como funciona a economia circular: preservação e melhoria do capital natural, estímulo da efetividade do sistema para produzir resultados positivos a todos os interessados e redução do desperdício a partir da restauração e do melhor aproveitamento de rendimento dos recursos naturais.

A economia circular envolve as seguintes etapas no processo de fabricação: extração, transformação, consumo do produto, manutenção e reparo da mercadoria usada, reutilização do produto completo ou parte dos materiais e reciclagem ou tratamento dos materiais para descarte correto. Essas etapas são adicionadas às etapas iniciais da economia tradicional linear, com foco no uso de recursos renováveis ou reciclados, bem como no reaproveitamento de materiais. Ao adotar essa abordagem, as empresas podem observar benefícios como melhor aproveitamento dos recursos naturais, eliminação de desperdícios na produção, melhoria no ESG (*Environmental, Social and Governance*, ou Ambiental, Social e Governança, em português) e imagem das marcas, oportunidade de gerar novos negócios, aumento da eficiência operacional, redução dos impactos ambientais e redução nos custos de produção (EMF, 2017).

Em contraste com outros conceitos abrangentes, a economia circular articula (mais claramente) a capacidade de estender a vida produtiva dos recursos como meio de criar valor e reduzir a destruição de valor. Isso, apesar do fato de que ela engloba conceitos pré-existentes que também são abrangidos por outros conceitos abrangentes. O papel da

reciclagem, por exemplo, é o de uma estratégia principalmente voltada para reduzir o aterro sanitário e não para fornecer segurança de recursos (Blomsma; Brennanno, 2017).

Anttonen (2018) destaca que o conceito de economia circular é percebido nas esferas institucionais de indústria, governo e universidade. Para entender as diferentes perspectivas sobre a economia circular, é utilizado o modelo de Triple Hélice de sistemas de inovação.

Sobre o modelo, foram aplicadas ferramentas de processamento de linguagem natural para as principais contribuições de cada esfera, e constatou-se que, embora haja algumas diferenças na forma como a economia circular é conceituada, há também um espaço de consenso substancial, mas limitado. As esferas da indústria e do governo também destacam oportunidades de negócios globais, enquanto a esfera universitária se concentra em questões de produção e meio ambiente, resíduos e conhecimento (Anttonen, 2018).

Portanto, a economia circular tem sido apontada como a solução para o colapso do sistema linear de produção e a sobreutilização dos recursos ambientais. Para alcançar essa mudança, é necessário investir em tecnologias limpas e empreendedorismo responsável (EMF, 2015).

Dessa forma, a economia circular surge como uma alternativa para resolver problemas ambientais, econômicos e sociais causados pela exploração indevida de recursos naturais e pela busca incessante de resultados econômicos, isto porque a economia circular apoia-se em quatro dimensões: ecológica, econômica, social e cultural (Ramos *et al.*, 2020).

6. MUDANÇA TÉCNICA EM EXPERTISES DE ECONOMIA CIRCULAR

6.1. Considerações Preliminares

A economia circular pode ser um modelo econômico sustentável que visa reduzir a produção de resíduos e o consumo de recursos naturais, por meio da reutilização, reciclagem e regeneração de materiais e produtos. Trata-se de uma abordagem necessária para o desenvolvimento sustentável, pois promove a eficiência no uso dos recursos e a redução dos impactos ambientais (Ribeiro & Kruglianskas, 2014).

Figura 6: Processo para implementação da economia circular.



Fonte: <https://www.moneytimes.com.br/economia-circular-por-que-importa-e-onde-nos-levara>

As mudanças técnicas em *expertise*⁶ de economia circular são fundamentais para a implementação desse modelo econômico. Elas se referem a avanços tecnológicos e inovações que são aplicados na redução, reutilização e reciclagem de materiais, visando a sustentabilidade ambiental e econômica. Algumas das principais mudanças técnicas na economia circular incluem o *design* para a circularidade, a reciclagem avançada, a economia compartilhada, a produção limpa e a logística reversa. A economia circular tem sido objeto de intensas discussões em diversos setores da sociedade, especialmente quando

⁶ Termo que se refere ao conhecimento especializado e habilidades em uma área específica.

se trata do projeto (*design*⁷) de produtos. Nesse sentido, representantes da comunidade de projetistas têm afirmado que "resíduos são falhas do projeto", uma vez que grande parte dos impactos ambientais de ciclo de vida de um produto são definidos na sua concepção (RSA, 2014).

O *design* para a circularidade é uma técnica que consiste em projetar produtos para serem reutilizáveis, recicláveis ou compostáveis, reduzindo a quantidade de resíduos gerados. Já a reciclagem avançada envolve o desenvolvimento de novas tecnologias para reciclar materiais que antes eram considerados não recicláveis, como plásticos mistos e têxteis. A economia compartilhada é um modelo de negócios baseado no compartilhamento de produtos e serviços, reduzindo a necessidade de comprar novos produtos. A produção limpa consiste na otimização dos processos de produção para minimizar o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos. Por fim, a logística reversa é um sistema criado para garantir que produtos no final de sua vida útil sejam coletados e encaminhados para reciclagem ou reutilização (Ártico, 2020).

De acordo Ramos *et al.* (2020), para que as empresas possam implementar essas mudanças técnicas em suas operações, é necessário que elas tenham profissionais capacitados em *expertise* de economia circular. Esses profissionais serão responsáveis por identificar as oportunidades de negócios e implementar as práticas sustentáveis em todas as áreas da empresa. Além disso, eles também serão responsáveis por monitorar e avaliar os resultados dessas práticas, garantindo que elas estejam gerando os benefícios esperados.

Dessa forma, é importante que os projetistas considerem a economia circular como uma abordagem essencial no desenvolvimento de novos produtos e serviços. Isso implica em repensar todo o processo produtivo, desde a seleção das matérias-primas até o *design* do produto. Além disso, é importante considerar também a possibilidade de reutilização e reciclagem dos materiais utilizados, buscando sempre a máxima eficiência e redução dos impactos ambientais (RSA, 2014).

A aplicação do conceito de economia circular para Berardi e Dias (2018) possibilita a adoção de novas alternativas operacionais nos modelos de negócio, como a desmaterialização e a utilização de inovações tecnológicas ou leasing de equipamentos para reduzir a entrada de materiais e recursos sem prejudicar o desempenho da operação. Para as autoras, esse modelo de negócio deve priorizar o *design* do produto e do processo, levando em consideração a melhor forma de manutenção, qualidade, durabilidade e

⁷ Processo criativo de planejamento e desenvolvimento de soluções para problemas ou necessidades específicas.

modularização para permitir reparos ou substituições para atualização tecnológica. O objetivo é que o bem possa ser utilizado por um longo prazo, reutilizado e, por fim, remanufaturado. A reciclagem deve ser realizada no final do ciclo produtivo, agregando novos recursos e energia para desmontagem e reprocessamento. É recomendável manter os recursos em seu próprio ciclo produtivo, ou seja, em um ciclo fechado (Berardi; Dias, 2018).

Para Berardi e Dias (2018), existem muitas ferramentas empregadas nos processos de gestão para conduzir, medir e monitorar o desempenho e o impacto da cadeia de valor, como análise de ciclo de vida, logística reversa e produção mais limpa. No entanto, a aproximação com a economia circular exige um modelo mais ambicioso do que apenas aumentar a reciclagem ou reduzir o desperdício. É preciso estender a cobertura da cadeia de valor, do uso do produto e dos participantes do processo: fornecedores, fabricantes, distribuidores e comerciantes. Variáveis importantes são inovação, tecnologias e parcerias estratégicas.

A servitização (sistema-produto-serviço) é outro aspecto que muitas indústrias vêm introduzindo em suas operações. Um exemplo de abordagem colaborativa é o projeto SusCity, adotado em Lisboa, Portugal, que integra instituições públicas e privadas com o objetivo de criar sistemas urbanos em mobilidade e energia. O projeto se concentra no desenvolvimento e integração de novas ferramentas e serviços para promover a eficiência dos recursos urbanos, com impactos ambientais mínimos, contribuindo simultaneamente para promover o desenvolvimento econômico e preservação dos níveis reais de fiabilidade. O SusCity é um exemplo de como a colaboração entre diferentes setores pode impulsionar a inovação tecnológica e a transição para uma economia mais circular e sustentável (Berardi; Dias, 2018).

De acordo com Ramos *et al.* (2020), a economia circular se baseia na redução, reutilização e reciclagem de materiais para minimizar o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos. A abordagem *demand pull*, que parte do pressuposto de que as inovações tecnológicas são impulsionadas pelas demandas dos consumidores, e a abordagem *technology push*, que entende que os condicionantes técnicos são mais importantes para o direcionamento/indução das inovações e mudanças, são fundamentais para a evolução tecnológica. Ambas as abordagens são importantes para a economia circular, pois permitem que a tecnologia evolua de forma sustentável e eficiente. (Ramos *et al.*, 2020).

Existem cinco modelos de negócios subjacentes que geram melhorias na produtividade dos recursos na economia circular:

- I. suprimentos circulares,
- II. recuperação de recursos,
- III. extensão da vida útil do produto,
- IV. plataformas de compartilhamento e
- V. produto como serviço.

Esses modelos de negócios são possíveis graças ao suporte de novas tecnologias inovadoras, especialmente as digitais. O *design* de cadeias de valor que incorporam modelos de negócios circulares é uma nova fronteira que revoluciona os níveis de serviço e flexibilidade, em que os mundos físico e digital se fundem e os produtos começam a fluir entre usuários, mercados e ciclos de vida a custos de transação muito baixos (Ramakrishna *et al.*, 2020).

Para Anttonen (2018), a inovação é elementar para o sucesso da economia circular. E uma das abordagens mais promissoras é o modelo de Triple Hélice, que reconhece a importância da colaboração entre as esferas institucionais de indústria, governo e universidade.

De acordo com o autor, o modelo Triple Hélice, tem como objetivo alcançar um desenvolvimento econômico e social aprimorado em uma escala sistêmica por meio da colaboração entre diferentes setores da sociedade. Essa abordagem valoriza a cooperação entre as esferas governamentais, empresariais e acadêmicas, promovendo mudanças e inovações sistêmicas na economia circular (Anttonen, 2018).

Um exemplo prático de como a abordagem Triple Hélice pode ser aplicada é a padronização dos sistemas de coleta seletiva. Essa medida, proposta por Ribeiro e Kruglianskas (2014), contribui para a redução de custos e ampliação do incentivo à participação cidadã, oferecendo sistemas mais simples, claros e consistentes com a infraestrutura disponível.

Segundo os autores, a padronização dos sistemas de coleta seletiva é fundamental para melhorar a qualidade da reciclagem, uma vez que a forma como os materiais são coletados e separados influencia diretamente na qualidade do material reciclado e seu valor agregado. A destinação da fração orgânica também deve ser estratégica, levando em consideração as necessidades locais e as possibilidades de mercado, podendo ser transformada em adubo ou biogás. A implementação de soluções circulares e a padronização dos sistemas de coleta seletiva exigem conhecimentos técnicos

em áreas como gestão de resíduos, engenharia ambiental, economia circular e políticas públicas, além de habilidades de negociação e colaboração entre as esferas governamentais, empresariais e acadêmicas (Ribeiro; Kruglianskas, 2014).

Teixeira (2022) destaca que outro aspecto da economia circular refere-se a sua relação com a Indústria 4.0⁸, duas abordagens que buscam uma produção mais sustentável e eficiente. A economia circular propõe a redução do desperdício e a reutilização de materiais, enquanto a Indústria 4.0 busca a automação e a digitalização dos processos produtivos.

Para o autor, a digitalização dos processos produtivos pode ajudar a tornar a economia circular mais eficiente, pois sensores podem ser usados para monitorar o uso de recursos e identificar oportunidades de redução de desperdício. Além disso, a Indústria 4.0 pode permitir a criação de novos modelos de negócios baseados na economia circular, como a venda de produtos como serviços. É necessário conhecimento em tecnologias como *IoT*⁹ e inteligência artificial para criar sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis. A *IoT* pode ser utilizada para monitorar o desempenho de equipamentos e identificar oportunidades de manutenção preventiva, reduzindo o consumo de energia e prolongando a vida útil dos equipamentos (Teixeira, 2022).

Conforme apontado por Ramakrishna *et al.* (2020), a economia circular e a indústria 4.0 estão estreitamente ligadas. Enquanto a economia circular se baseia em conceitos que buscam reduzir, reutilizar, reciclar, redesenhar, remanufaturar, recuperar e prolongar a vida útil dos produtos, as tecnologias digitais, como plataformas digitais, telecomunicações e análises, permitem conexões em tempo real entre usuários, máquinas e sistemas de gerenciamento.

Essas conexões melhoram a visibilidade e o controle remoto de ativos, sendo essenciais para modelos de negócios circulares, além disso, as tecnologias de engenharia, como *design* modular, robótica e ciências da vida e dos materiais, permitem a fabricação de novos produtos a partir de recursos regenerados e o processamento real de bens e materiais. As tecnologias híbridas, que combinam aspectos digitais e de engenharia, são cruciais para suportar modelos de negócios circulares, como suprimentos circulares, recuperação de recursos e extensão da vida útil do produto. Isso requer uma mudança na *expertise* necessária para a implementação dessas tecnologias que desempenham um papel crucial no suporte a modelos de negócios circulares (Ramakrishna *et al.*, 2020).

⁸ Evolução industrial que visa integrar tecnologias avançadas a fim de criar fábricas inteligentes e conectadas.

⁹ IoT em inglês significa “Internet of Things”, traduzindo para o português chamamos de Internet das Coisas.

A Fundação Ellen MacArthur (2017) destaca que o *design* é fundamental para a circularidade e que os produtos devem ser projetados levando em consideração a possibilidade de reutilização, recuperação e reciclagem desde o início, contribuindo para a redução do impacto ambiental e otimização dos processos produtivos.

Além do *design* para a circularidade, as empresas precisam desenvolver outras habilidades específicas, como a economia compartilhada e a reciclagem avançada. Isso requer mudanças em *expertise*, como investir em mudanças técnicas que possam contribuir para a gestão eficiente dos recursos e para a adoção de tecnologias limpas (EMF, 2017).

A gestão eficiente dos recursos é um dos pilares da economia circular. Isso significa que as empresas precisam buscar formas de reduzir o consumo de matérias-primas e energia, além de adotar práticas que permitam o reaproveitamento dos resíduos gerados nos processos produtivos. A adoção de tecnologias limpas também é fundamental para reduzir o impacto ambiental das atividades empresariais. Outra mudança técnica importante é a economia compartilhada, que consiste em compartilhar recursos e serviços em vez de possuí-los individualmente. Essa prática pode ser aplicada em diversos setores, como transporte, moradia e equipamentos eletrônicos. (Pomponi; Moncaster, 2017).

Para Ranta *et al.* (2018), apesar dos desafios que a implementação do modelo de negócios circular pode apresentar, as empresas que adotaram essa abordagem obtiveram benefícios significativos, como a redução de custos e o aumento da eficiência.

Conforme EMF (2012), a mudança técnica em práticas empresariais é uma estratégia fundamental na transição para uma economia mais circular e sustentável.

Quadro 2: Áreas de *expertise* relacionadas à mudança técnica em práticas de economia circular.

Áreas de Expertise	Descrição
Design Sustentável	Envolve o desenvolvimento de produtos e serviços com foco na redução de resíduos, uso eficiente de recursos e ciclo de vida prolongado.
Gestão de Resíduos	Inclui a implementação de sistemas eficientes de coleta, separação, reciclagem e reutilização de resíduos, visando minimizar o descarte em aterros sanitários.
Eficiência Energética	Consiste em adotar tecnologias e práticas que reduzam o consumo de energia, como otimização de processos, uso de fontes renováveis e recuperação de energia.

Logística Reversa	Trata da organização do retorno de produtos e materiais ao ciclo produtivo, garantindo sua recuperação e reintegração na economia circular.
Tecnologias de Reciclagem	Envolve o desenvolvimento e implementação de tecnologias avançadas para a reciclagem de materiais, como plásticos, metais e vidros.
Economia de Compartilhamento	Refere-se a modelos de negócios baseados no compartilhamento de recursos, como aluguel, leasing e plataformas colaborativas.

Ao adotar essas áreas de expertise em suas operações, as empresas podem se beneficiar da transição para uma economia circular mais sustentável e eficiente (EMF, 2012).

Importantes lições foram aprendidas com as experiências das empresas, como a importância da colaboração, da inovação, da transparência, da mudança cultural e da medição e avaliação dos resultados. A implementação do modelo de negócios circular é uma oportunidade valiosa para as empresas que buscam sustentabilidade e eficiência econômica. A *expertise* em economia circular é importante para as empresas que desejam se tornar mais sustentáveis e reduzir seu impacto ambiental. É necessário implementar mudanças técnicas em todas as áreas da empresa para adotar esse modelo econômico. O *design* para a circularidade, a economia compartilhada e a reciclagem avançada são algumas das principais atualizações de habilidades necessárias para o sucesso da economia circular (Ranta *et al.*, 2018).

7. AVANÇOS E DESAFIOS DA ECONOMIA CIRCULAR

7.1. Avanços: caminhos para casos de sucesso

A economia circular tem apresentado sucessos significativos na redução da extração de recursos naturais, diminuição da poluição e desperdício de materiais, como destaca a União Europeia (2023). Além disso, a implementação do modelo de economia circular tem contribuído para a redução na emissão dos gases de efeito estufa por meio da redução do desperdício, reaproveitamento de insumos e diminuição do lixo EMF (2015).

Além de analisar as potencialidades oferecidas pela economia circular, é importante identificar suas limitações e desafios, conforme aponta a pesquisa de Kirchherr *et al.* (2018). De acordo com os autores, é importante considerar os desafios e oportunidades específicos para diferentes setores e regiões, bem como as implicações sociais e econômicas da transição para um modelo circular.

Segundo estudos de Murray *et al.* (2017), a economia circular é uma abordagem que busca a maximização da eficiência no uso dos recursos naturais, ao mesmo tempo em que minimiza a geração de resíduos e a extração de novos recursos. A implementação do modelo de economia circular contribui para a redução na emissão dos gases de efeito estufa por meio da redução do desperdício, reaproveitamento de insumos e diminuição do lixo. Além disso, a economia circular transforma o ambiente seletivo de novas tecnologias em favor de trajetórias favoráveis aos recursos naturais.

De acordo com a pesquisa de Geissdoerfer *et al.* (2017), a implementação da economia circular pode levar a uma mudança significativa no setor industrial, com a adoção de práticas mais sustentáveis e o desenvolvimento de novos modelos de negócios. Os modelos de negócios circulares são estratégias importantes para a sustentabilidade e economia circular, visando recursos mais eficientes e mínima geração de resíduos. Para serem bem-sucedidos, é necessário considerar fatores como colaboração, inovação, flexibilidade, transparência e liderança. As metas de reciclagem e redução de resíduos podem ser estabelecidas, bem como incentivos fiscais, além de regulamentações para garantir a reciclagem e produção de produtos duráveis com menor impacto ambiental (Stahel, 2016).

Ao reutilizar e reciclar produtos, é possível retardar o uso dos recursos naturais, reduzir a perturbação das paisagens e dos habitats, além de limitar a perda de biodiversidade. Além disso, a economia circular contribui para a redução da emissão anual total de gases com efeito de estufa. Segundo dados da Agência Europeia do Ambiente, os

processos industriais e a utilização de produtos são responsáveis por uma parcela significativa das emissões de gases com efeito de estufa (COM, 2020).

A economia circular vem ganhando destaque no cenário mundial por ser uma solução eficaz para dois dos maiores problemas ambientais enfrentados atualmente: a emissão de gases de efeito estufa e o descarte inadequado de plásticos. De acordo com a Fundação Ellen MacArthur, a implementação desse modelo contribui diretamente para a redução da emissão desses gases, através da diminuição do desperdício, reutilização de insumos e redução do lixo (EMF, 2015).

No entanto, a economia circular vai além das ações de gestão de resíduos e reciclagem. Segundo a Confederação Nacional da Indústria, ela abrange desde o redesenho de processos, produtos e modelos de negócio, até a otimização da utilização de recursos. Dessa forma, é possível aumentar a eficiência produtiva e reduzir o consumo de matérias-primas, gerando benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a economia (CNI, s.d.).

Conforme o relatório, publicado em 1981 com o título “Trabalhos para o amanhã, o potencial para substituir a força de trabalho pela energia”, analisou carros e edifícios de uma perspectiva micro e macroeconômica. Os resultados mostraram que cada extensão da vida útil do produto, em comparação com a manufatura, constitui uma substituição da força de trabalho por energia. Concluiu que uma economia circular, em oposição à fabricação de novos bens, criaria empregos localmente e reduziria o consumo de recursos, as emissões de gases de efeito estufa e o desperdício (Berardi; Dias, 2018).

Os benefícios das atividades de condicionamento são destacados, pois exigem a utilização de artesãos qualificados e experientes que poderiam estar trabalhando em pequenas oficinas descentralizadas localizadas onde os bens precisam ser reparados, resolvendo também o problema do desemprego. Trinta anos depois, as conclusões do pesquisador suíço, hoje reconhecido como um dos pais do conceito de economia circular, permanecem mais do que válidas (Azevedo, 2015).

Se os fabricantes há muito entenderam os motivos para usar os recursos de maneira inteligente, sua principal motivação não foi impulsionada por uma crescente conscientização sobre o esgotamento dos recursos. Até os anos 60, os problemas ambientais eram amplamente desconsiderados na tomada de decisões sociais, bem como nas teorias da economia. A evidência histórica mostra que as indústrias há muito tempo exploram diferentes maneiras de transformar resíduos em recursos e, portanto, experimentam uma economia circular (Leitão, 2015).

Estudos como da Confederação Nacional da indústria (2020) apontam que a colaboração entre governo, indústria e academia pode levar a soluções inovadoras que promovam a redução do desperdício e o reaproveitamento de recursos. Dessa forma, o modelo Triple Helix pode contribuir significativamente para avanços na implementação da economia circular com incentivos de colaboração entre universidades, empresas e governo para promover a inovação e o desenvolvimento sustentável (CNI, 2020).

Cezane e Tioffi (2021) destacam o modelo Triple Helix, que visa unir universidade, empresa e governo para fomentar a inovação e retomar a economia em declínio. Essa abordagem pode ser adaptada às necessidades específicas de cada região, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social de forma sustentável. O modelo estimula as interações intersetoriais, que são importantes para a economia circular. A abordagem participativa pode aumentar o comprometimento das partes interessadas, aumentando a probabilidade de sucesso a longo prazo.

7.2. Desafios: Prioridades Rumo a uma Economia Circular

Empresas e organizações podem enfrentar várias barreiras ao implementar mudanças técnicas em suas práticas de economia circular. De acordo com a Fundação Ellen Mac Arthur (2012), essas barreiras podem dificultar a adoção da economia circular, mas com o tempo e o apoio adequado, muitas empresas estão encontrando maneiras de superá-las e colher os benefícios dessa abordagem sustentável.

Nesse contexto, uma abordagem participativa é importante para o desenvolvimento de uma estratégia de economia circular, pois permite que as partes interessadas contribuam com suas perspectivas e conhecimentos específicos, aumentando a probabilidade de sucesso na implementação da estratégia. Significa afirmar que a participação das partes interessadas também pode ajudar a identificar oportunidades e lacunas para a implementação da economia circular, bem como as barreiras e desafios que precisam ser superados (Mendonza *et al.*, 2019).

Quadro 3: Desafios e soluções na implementação da economia circular.

Desafios	Soluções
Custo da implementação de novas tecnologias e processos.	Buscar financiamento externo, utilizar tecnologias de baixo custo ou implementar mudanças gradualmente.
Falta de conhecimento sobre economia circular.	Investir em treinamento e educação para funcionários, buscar parcerias com especialistas, participar de eventos sobre o assunto.

Falta de incentivos financeiros ou regulatórios.	Trabalhar com governos e outras instituições para criar incentivos, destacar os benefícios financeiros e de reputação da economia circular.
Dificuldades logísticas na implementação.	Realizar análises detalhadas da cadeia de suprimentos, trabalhar com fornecedores e parceiros, investir em tecnologias que facilitem a logística reversa.
Resistência à mudança.	Desenvolver uma estratégia clara de comunicação, envolver os funcionários no processo de implementação, buscar o apoio de líderes e tomadores de decisão.
Necessidade de repensar a forma como produzimos e consumimos.	Redesenho de processos, produtos e modelos de negócio.
Barreiras culturais e econômicas que dificultam a adoção de práticas mais sustentáveis.	Novas diretrizes políticas, medidas legais e regulatórias.
Redução da geração de resíduos.	Reciclagem e reutilização de materiais.
Aumento do reaproveitamento de materiais.	Criação de novos modelos de negócios baseados em serviços.
Adoção de tecnologias mais eficientes e limpas.	Investir em inovações tecnológicas.

Gawel (2019) destaca que o Fórum Econômico Mundial delineou quatro prioridades para avançar em direção a uma economia mais circular. A liderança é a primeira prioridade, pois é crucial desafiar o status quo e construir o momentum. A segunda prioridade é aproveitar o potencial da Quarta Revolução Industrial, que pode transformar positivamente em direção à economia circular. A terceira prioridade é impulsionar mais circularidade nas cadeias de valor de materiais, especialmente para plásticos, eletrônicos e sistemas alimentares. A quarta prioridade é a colaboração, pois ainda temos um longo caminho a percorrer.

Para o autor, a Quarta Revolução Industrial pode ser aproveitada para transformar positivamente em direção à economia circular por meio do potencial da tecnologia e inovações na cadeia de valor de materiais, especialmente para eletrônicos e plásticos. O Fórum Econômico Mundial abordou a colaboração como uma das quatro prioridades para avançar em direção a uma economia mais circular. A plataforma do Fórum para Acelerar a economia circular celebra a liderança e desafia os líderes a moldar ações práticas, compromissos e colaborações. Além disso, o Fórum está trabalhando em parceria com o Instituto de Recursos Mundiais e outros parceiros para escalar a liderança, aproveitar o potencial de inovação e mudar os fluxos globais de materiais longe de modelos lineares (Gawel, 2019).

E assim, surge como uma alternativa ao modelo industrial atual, que é linear e causa problemas ambientais, econômicos e sociais. A economia circular propõe um sistema fechado que considera a relação entre o uso de recursos e resíduos, buscando preservar a natureza e contribuir para um desenvolvimento sustentável. No entanto, a implementação desse modelo de economia ainda enfrenta alguns desafios (Ramos *et al.*, 2020).

Um dos principais desafios para a implementação da economia circular é a mudança de mentalidade. A mudança de mentalidade é um dos principais desafios para a implementação da economia circular, pois exige uma nova forma de pensar sobre o consumo e a produção". É necessário que empresas e consumidores adotem práticas mais sustentáveis, como a redução do consumo de recursos naturais e a reciclagem de materiais. Nesse contexto, também é essencial que os profissionais que atuam na área estejam atualizados em relação às novas técnicas e estratégias que surgem constantemente (Stahel, 2016).

Desprende-se que um dos principais desafios para a implementação da economia circular é a falta de participação de todas as partes interessadas, em particular, do governo. Os cidadãos e as empresas são importantes para impulsionar a implementação da economia circular, mas muitos deles ainda não têm conhecimento suficiente sobre o assunto, nisso as universidades ajudariam na divulgação com o incentivo às pesquisas. Outro desafio é o alto custo da implementação da economia circular para as empresas (Qu *et al.*, 2021).

A China se destacou como pioneira na adoção de medidas relacionadas à economia circular, com a implementação da Lei de Promoção da economia circular em 2009. A Proibição de Importação de Resíduos, em 2018, teve um impacto significativo em nível global, direcionando o fluxo de resíduos para outros países em desenvolvimento e gerando questionamentos sobre as práticas de reciclagem adotadas pelo mundo desenvolvido. Suas estratégias e políticas têm influenciado o mundo todo, e os países que estão começando a adotar esse modelo podem se beneficiar do intercâmbio de conhecimentos e melhores práticas, transferências de tecnologia e apoio financeiro dos pioneiros (Türkeli *et al.*, 2018).

Portanto, observa-se um crescente interesse pela economia circular em outras partes da Ásia, impulsionado principalmente por iniciativas do setor privado que adotam princípios de circularidade ou modelos de negócios circulares. Esse avanço é particularmente relevante em uma região caracterizada por um rápido crescimento econômico e urbanização crescente, uma vez que a economia circular pode contribuir para

o desenvolvimento sustentável, minimizando o impacto ambiental do crescimento e aproveitando as oportunidades econômicas oferecidas por esse modelo (Saavedra *et al.* (2018).

Assim como a China, os países da Europa têm demonstrado pioneirismo na transição para a economia circular com políticas como o Pacto Verde Europeu e mais de 60 estratégias e roteiros de circularidade a nível regional, nacional e local. (Saavedra *et al.* (2018). Com a finalidade de alcançar uma economia mais sustentável na União Europeia, em março de 2020, a Comissão Europeia apresentou o Plano de Ação para a Economia Circular, que visa transformar a forma como a União Europeia produz e consome. A iniciativa busca promover a sustentabilidade e reduzir o desperdício, criando um ciclo fechado de produção e consumo (Schröder *et al.*, 2020).

Com o objetivo de tornar a Europa mais limpa e competitiva, de acordo com a Comissão Europeia (COM,2020), o plano de ação abrange diversas áreas, como:

- Política de produtos sustentáveis: O plano inclui propostas legislativas para promover produtos sustentáveis e empoderar os consumidores na transição verde. Isso inclui a implementação de medidas que incentivem a produção e o consumo de produtos com menor impacto ambiental.
- Cadeias de valor de produtos-chave: O plano prevê a implementação de iniciativas para promover a circularidade em setores-chave, como eletrônicos, plásticos e veículos. Isso inclui ações como a introdução de sistemas de certificação, soluções de carregadores comuns e sistemas de recompensa para dispositivos antigos.
- Redução de resíduos: O plano estabelece metas de redução de resíduos específicos e propõe medidas para prevenir o desperdício. Isso inclui a implementação de critérios obrigatórios de compras públicas verdes, a promoção da substituição de embalagens descartáveis por produtos reutilizáveis e a revisão das regras sobre veículos no final da vida útil.
- Apoio à transição para a economia circular: O plano prevê a implementação de políticas de coesão, iniciativas urbanas e fundos de transição justa para apoiar a transição para a economia circular. Isso inclui o apoio à formação de habilidades, a promoção da economia social e o uso de fundos para apoiar projetos relacionados à economia circular.
- Ações transversais: O plano inclui ações para melhorar a medição, modelagem e ferramentas de políticas relacionadas à economia circular e mudanças climáticas. Isso inclui a implementação de um Framework de Monitoramento da Economia

Circular e a criação de um quadro regulatório para a certificação de remoção de carbono.

- Esforços globais: A Comissão Europeia pretende liderar esforços globais para promover a economia circular. Isso inclui a busca por um acordo global sobre plásticos e discussões sobre a gestão de recursos naturais em nível internacional.
- Política de produtos sustentáveis: O plano inclui propostas legislativas para promover produtos sustentáveis e empoderar os consumidores na transição verde. Isso inclui a implementação de medidas que incentivem a produção e o consumo de produtos com menor impacto ambiental.

A Comissão Europeia também lidera esforços globais para promover a economia circular, buscando alcançar um acordo global sobre plásticos e discutir a gestão de recursos naturais (COM,2022).

Para acelerar essa transição, o Parlamento Europeu (2023), lançou medidas para promover produtos sustentáveis e capacitar os consumidores para a transição verde, com o objetivo de acelerar a transição para uma economia circular. Em novembro do mesmo ano, foram propostas novas regras em toda a União Europeia para embalagens, visando melhorar a concepção das embalagens e promover a reutilização e reciclagem. A transição para plásticos biológicos, biodegradáveis e compostáveis também é exigida, e a implementação da economia circular pode trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais para a região, além de contribuir para o cumprimento dos objetivos do Acordo de Paris ¹⁰e da Agenda 2030 da ONU¹¹. (EU, 2023).

A economia circular é uma abordagem crucial para o desenvolvimento sustentável na América Latina e Caribe (ALC), e a pandemia de COVID-19 destacou a necessidade de adotar um modelo mais resiliente e inclusivo. A Indústria 4.0 é fundamental para a transição para a economia circular na região, e os governos devem apoiar a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para garantir valor acrescentado e sustentabilidade. A boa governança e o reforço institucional são essenciais para uma transição bem-sucedida e inclusiva na região. O financiamento da economia circular na ALC precisa atrair

¹⁰ Acordo global discutido por 195 países para reduzir os efeitos do aquecimento global, adotado durante a Conferência das Partes (COP 21) em Paris, em 2015.

¹¹ Criada durante a Cúpula das Nações Unidas em 2015, na sede da ONU em Nova York, sendo estabelecida como um plano de ação global para o desenvolvimento sustentável, visando alcançar 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e 169 metas a fim de equilibrar as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental.

investimentos nacionais e estrangeiros em áreas como mineração, gestão de resíduos e reciclagem e bioeconomia (Schröder et al., 2020).

Políticas fiscais são indispensáveis para o sucesso da economia circular, oferecendo suporte macroeconômico às indústrias que desejam adotar o modelo. Incentivos fiscais podem ser oferecidos, como impostos sobre materiais virgens ou isenções fiscais de tecnologias limpas, assim como a remoção de subsídios a recursos virgens. É crucial avaliar e eliminar possíveis barreiras fiscais, como a dupla tributação do material reciclado no Brasil, para incentivar o uso de materiais reciclados em vez de materiais virgens (Schröder et al., 2020).

Para os autores, as políticas orçamentárias também são importantes para complementar outras medidas políticas que visam apoiar a economia circular, como a proibição de sacolas plásticas em Antígua e Barbuda, no Caribe, acompanhada por isenções fiscais para a importação de sacolas reutilizáveis em 2016. No Peru, uma alocação anual de impostos incrementais para sacolas plásticas de uso único foi implementada em 2018 (Schröder et al., 2020).

Outros desafios para a implementação da economia circular são a falta de infraestrutura adequada. De acordo com o relatório "Economia Circular no Brasil: Oportunidades e Desafios" (Brasil, 2019), a reciclagem de materiais requer uma rede de coleta e tratamento de resíduos sólidos, que muitas vezes é inexistente ou insuficiente. A falta de infraestrutura adequada é considerada um dos principais obstáculos para a implementação da economia circular no país.

Além disso, a falta de conscientização da população também se torna um problema. Muitas pessoas não compreendem a importância da reciclagem e do consumo consciente, o que dificulta a adoção de práticas mais sustentáveis. O relatório ressalta que a educação ambiental desempenha um papel essencial na conscientização da população sobre a importância da economia circular e na promoção de práticas mais sustentáveis. (Brasil, 2019).

7.3. Contribuições da Universidade

No campo acadêmico, importante estudo de caso sobre os esforços da Universidade de Manchester, no Reino Unido, com o objetivo de implementar um modelo de economia circular (Mendonza *et al.*, 2019). A universidade é uma das maiores empregadoras de Greater Manchester e é responsável por impactos ambientais significativos. O estudo de caso explorou as políticas, estratégias e planos de ação de sustentabilidade da universidade e envolveu uma abordagem participativa para *co-criar*

uma visão para identificar oportunidades e lacunas para a sua implementação no campus (Mendonza *et al.*, 2019).

A esfera universitária concentra-se principalmente em questões de produção e meio ambiente, resíduos e conhecimento. Há um espaço de consenso substancial que pode levar a mudanças e inovações sistêmicas na economia circular por meio de um consenso suficiente entre as esferas institucionais, que balizam os motivos de sucesso e fracasso das instituições ou empresas no uso da economia circular (Anttonen, 2018).

A adoção de modelos de negócios circulares pode trazer benefícios tanto para as empresas quanto para a sociedade como um todo, uma vez que esses modelos contribuem para a preservação do meio ambiente, reduzem os custos operacionais das empresas e criam oportunidades de negócios, podendo contribuir para o desenvolvimento econômico, criando empregos e estimulando a inovação (Ártico, 2020).

Segundo Qu *et al.* (2021), a China tem sido um importante exemplo de avanço do uso da economia circular, com destaque para o papel das universidades na promoção dessa transição. Foi realizada uma revisão abrangente das atividades relacionadas à economia circular no nível universitário, resultando em um quadro teórico para atividades universitárias relacionadas à economia circular com base em atributos de ativos universitários.

Os autores destacaram a importância da conscientização e do comportamento em relação à economia circular por meio de uma educação eficaz. Os atributos de ativos universitários relacionados à economia circular incluem: status sem fins lucrativos, inovação tecnológica, educação, propagação e uso eficiente de recursos. As universidades têm como objetivo principal benefícios sociais e serviços públicos, possuem grandes equipes de pesquisa, especialistas, estudiosos e estudantes de pós-graduação, são bases significativas para cultivar talentos, têm grande influência social na disseminação de cultura e valores e seus ativos são orientados pelo uso eficiente de recursos (Qu *et al.*, 2021).

As tecnologias disruptivas da indústria 4.0 podem ajudar na transição para a economia circular. Segundo Ramakrishna *et al.* (2020), a *IoT* permite a coleta de dados em tempo real de sensores que monitoram recursos em cadeias de suprimentos e processos de produção, o que pode ser usado para tomar decisões mais inteligentes sobre o consumo de recursos e como projetar sistemas.

Já a Inteligência Artificial (IA) pode ser utilizada em soluções avançadas de robótica e automação que facilitam a classificação e gerenciamento automático de resíduos

sólidos. Além disso, a IA também pode ser aplicada em tecnologias automotivas avançadas, como veículos autônomos, que têm o potencial de alterar fundamentalmente como nos movemos e como projetamos nossos espaços de vida (Ramakrishna *et al.*, 2020).

A economia circular tem benefícios, mas sua adoção é lenta devido a quatro obstáculos principais: política, regulamentação, cultura e tecnologia. A regulamentação atual é usada principalmente para reciclagem, recuperação de energia e gestão de resíduos, com políticas menos rigorosas para o desenvolvimento ecológico, consumo e reutilização. Os consumidores são acostumados com o modelo de usar e descartar, mas precisam adquirir novas formas de agir. A falta de mecanismos tecnológicos adequados é outro obstáculo. A economia circular pode ser aplicada em diferentes escalas, mas a capacidade de adotar práticas circulares depende do contexto mais amplo, incluindo infraestrutura e custos comparativos (MAPFRE, 2020).

Embora a economia circular tenha sido amplamente discutida por governos e especialistas devido aos seus benefícios para o meio ambiente e a economia, sua adoção tem sido lenta devido a quatro principais obstáculos: política, regulamentação, cultura e tecnologia (Kumar *et al.*, 2019).

A implementação da economia circular requer aprimoramento, aperfeiçoamento e a implementação de novas *expertises* para que os modelos de fracassos sejam superados. É necessário que as empresas estejam dispostas a investir em novas tecnologias e metodologias para alcançar o sucesso nessa transição. Além disso, é importante que haja uma mudança cultural, com a conscientização sobre a importância da sustentabilidade e da economia circular (COM, 2014).

Para começar a superar esses desafios, segundo Qu *et al.* (2021), é importante promover a conscientização e o comportamento em relação à economia circular por meio da educação. As universidades podem desempenhar um papel primordial na educação e no treinamento de talentos em economia circular.

No entanto, a cultura organizacional é um dos principais entraves à implementação da econômica circular e a falta de estudos na área contribui para o baixo interesse da sociedade. As empresas costumam estar mais ligadas à responsabilidade social e à imagem ambiental do que à adoção de práticas circulares. Outras barreiras identificadas incluem os preços das matérias-primas, os elevados custos de investimento inicial e a falta de fontes de financiamento. A capacidade tecnológica também é um pré-requisito para a transição para uma economia circular, mas a falta de dados e projetos de larga escala dificultam a adoção dessas práticas. É necessário fomentar incentivos e fontes de

financiamento para a implementação dessas atividades, a fim de ultrapassar essas barreiras e avançar em direção a uma economia mais circular (Kirchherr *et al.*, 2021).

Outro desafio é a dificuldade na separação dos diferentes tipos de plástico, uma vez que cada um possui características e propriedades específicas. Essa separação requer tecnologias avançadas e mão de obra especializada. A falta de infraestrutura adequada também é um desafio para a reciclagem de plástico, pois são necessários equipamentos e instalações específicas para a realização do processo. A falta de investimentos nessa área pode limitar a capacidade de reciclagem e afetar a qualidade do material produzido. Além disso, o baixo valor agregado do plástico reciclado em relação ao plástico virgem pode afetar a viabilidade econômica da reciclagem. (Santos *et al.*, 2004).

A reciclagem de plástico é uma prática amplamente utilizada na economia circular, mas é importante destacar que a qualidade do plástico reciclado pode ser inferior à do plástico virgem, o que limita sua aplicabilidade em produtos de alta qualidade. Esse fator pode dificultar a efetividade da economia circular e criar desafios para a adoção da prática em determinadas indústrias. Dentre os desafios enfrentados na reciclagem de plástico, é possível citar a contaminação, que pode ocorrer por meio de outros materiais, como resíduos orgânicos, metais e outros tipos de plástico. Essa contaminação pode afetar a qualidade do material reciclado e limitar sua aplicabilidade (Sukiennki *et al.*, 2021).

A disposição dos resíduos sólidos urbanos apresenta desafios relacionados à instalação adequada, espaço físico ocupado e proliferação de doenças. Nos países desenvolvidos, como a Europa, o espaço físico para alocação de rejeitos é limitado, o que obriga o transporte de resíduos por longas distâncias até sua destinação final. Nos EUA, a maioria dos aterros sanitários existentes atingiu sua capacidade máxima e não atende aos critérios de segurança exigidos. (Ribeiro; Kruglianskas, 2014).

Todas as atividades de reciclagem devem passar pelos procedimentos de resíduos exigidos, o que fornece um controle significativo sobre as matérias-primas, mas também dificulta o trabalho de desenvolver a simbiose econômica. No entanto, existem projetos em andamento para criar uma estratégia baseada em uma estratégia principal para implementar a economia circular nas empresas polonesas. (Sukiennik *et al.*, 2021).

De acordo com representantes da comunidade de projetistas, "resíduos são falhas do projeto", o que significa que a consideração da economia circular no projeto de produtos é fundamental. Isso ocorre porque cerca de 80% dos fatores que determinam os impactos ambientais do ciclo de vida de um produto são definidos em sua concepção. Portanto, é importante que os projetistas levem em conta a economia circular ao criar

produtos para reduzir a produção de resíduos e minimizar os impactos ambientais (RSA, 2014).

De acordo com um estudo da Fundação Ellen MacArthur (2021), a economia circular é um dos objetivos universais das políticas atuais. Nesse sentido, a reutilização das baterias de veículos elétricos tem sido um tema importante para inovadores e formuladores de políticas em todo o mundo. As baterias de íons de lítio, por exemplo, podem ser reutilizadas para armazenar energia eólica e solar, reduzindo a extração de matérias-primas e as emissões indiretas de CO₂. No entanto, a falta de clareza sobre como a atual estrutura legislativa se aplica a essas novas tecnologias pode impedir a concretização de algumas inovações.

A adoção da economia circular tem enfrentado obstáculos significativos, incluindo política, regulamentação, cultura e tecnologia, de acordo com Kumar *et al.* (2019). Para superar esses desafios, é necessário aprimorar e implementar novas *expertise*, bem como investir em tecnologias e metodologias inovadoras. Além disso, uma mudança cultural é indispensável, com a conscientização sobre a importância da sustentabilidade e da economia circular (COM, 2014).

Para enfrentar esses desafios, Qu *et al.* (2021) destacam a importância da conscientização e do comportamento em relação à economia circular por meio da educação. As universidades desempenham um papel essencial na educação e no treinamento de talentos em economia circular.

Para lidar com essas barreiras, os acordos de inovação têm sido uma nova forma de colaboração público-privada. Na Europa, o acordo de inovação "Da e-Mobilidade à reciclagem: o círculo virtuoso do veículo elétrico" reúne inovadores da indústria automotiva, autoridades públicas holandesas e francesas e a Comissão Europeia para identificar as barreiras regulatórias ao reuso das baterias de veículos elétricos, como dispositivos de armazenamento de energia e propor soluções. Essa colaboração é essencial para acompanhar o ritmo acelerado das inovações e garantir um ambiente e uma estrutura legal propícios para que as inovações relevantes possam evoluir. (EMF, 2021).

É importante ressaltar que o sucesso da economia circular depende não apenas da iniciativa das empresas, mas também da aceitação e adoção dos consumidores. Portanto, é necessário que as empresas sejam transparentes e educativas em relação aos seus processos e produtos para que os consumidores possam entender os benefícios da economia circular e se engajem nessa iniciativa. Para superar os obstáculos da política e regulamentação, é necessário que os governos criem políticas públicas que incentivem as

empresas a adotarem a economia circular. Isso pode ser feito por meio de incentivos fiscais, subsídios e regulamentações que favoreçam a produção sustentável (Geissdoerfer. *et al.*, 2017).

De acordo com Kirchherr *et al* (2018), a adoção da economia circular não é uma tarefa fácil e rápida, e não resulta em lucros imediatos. Isso explica o motivo de muitas empresas ainda não terem adotado esse modelo.

Implementar a economia circular requer um esforço complexo e de longo prazo, que depende de fatores como a cultura hesitante da empresa, a disposição limitada para colaborar na cadeia de valor, a falta de conscientização e interesse do consumidor, além de operar em um sistema linear. A aquisição circular é uma opção limitada, mas pode fornecer importantes lições para outras empresas interessadas em adotar nos seus negócios uma forma econômica de sustentabilidade. Para os autores, é vital considerar a infraestrutura necessária para a coleta e reciclagem de materiais, bem como a criação de uma cadeia de suprimentos circular que permita a obtenção de matérias-primas recicladas de qualidade. Além disso, é necessário conscientizar os consumidores sobre a importância da economia circular e da reciclagem, a fim de garantir a demanda pelos produtos oferecidos pela empresa (Kirchherr *et al*, 2018).

Tura *et al.* (2019) afirmam que a implementação da economia circular pode enfrentar diversas barreiras, como as institucionais e estruturais, que estão profundamente enraizadas nas políticas industriais que favorecem modelos lineares. Para a criação de leis e incentivos favoráveis à economia circular, a conscientização governamental é fundamental.

Os autores destacam que a falta de tecnologia, informação e conhecimento pode dificultar a adoção de modelos de negócios circulares, assim como a ausência de uma rede de contatos e parceiros adequados na cadeia de suprimentos. Além disso, a falta de flexibilidade e inovação pode representar desafios à implementação da economia circular no âmbito organizacional. Apesar das críticas e barreiras, os autores acreditam que o modelo da economia circular ainda se mostra valioso, tendo em vista a problemática do modelo vigente e os crescentes impactos ambientais negativos (Tura *et al.*, 2019).

Sob a ótica governamental, a economia circular estabelece mecanismos e ferramentas para a melhoria de vida das comunidades locais, tais como a padronização dos sistemas de coleta seletiva. Por outro lado, a implementação efetiva da economia circular nos municípios brasileiros ainda é um grande desafio, principalmente pela necessidade de

mudanças radicais na forma como consumimos e produzimos as coisas (Ribeiro; Kruglianskas, 2014).

A economia circular oferece oportunidades de economia de custos, redução de desperdícios e economia energética, além de possibilitar a criação de valor diferenciada, crescimento de negócios e aumento do lucro. Ainda que não haja uma padronização internacional reconhecida em relação ao desempenho da circularidade, a colaboração de todos os tipos de partes interessadas é necessária para remodelar com êxito a economia atual (PACE, 2019).

Em relação à tecnologia, é essencial que as empresas invistam em pesquisa e desenvolvimento para criar soluções mais eficientes e inovadoras para a economia circular. Isso pode ser feito por meio de parcerias com startups e universidades que possuem *expertise* em tecnologias sustentáveis (Mendoza *et al.*, 2019).

Ranta *et al.* (2018) destacam que a implementação da economia circular ainda é um desafio para muitas empresas. A falta de infraestrutura adequada para a coleta e reciclagem de materiais, a dificuldade na criação de uma cadeia de suprimentos circular e a falta de conscientização dos consumidores são alguns dos principais obstáculos enfrentados pelas empresas que desejam adotar esse modelo.

De acordo com os autores, uma lição importante é a necessidade de incentivos governamentais e políticas públicas que estimulem a adoção da economia circular por empresas e consumidores. Essas medidas podem ajudar a superar os desafios enfrentados pelas instituições e tornar a economia circular uma realidade viável e sustentável no futuro. É importante que as empresas sejam proativas na implementação da economia circular, buscando soluções criativas e inovadoras para superar os obstáculos e tornar seus negócios mais sustentáveis (Ranta *et al.*, 2018).

8. CASOS DE SUCESSO E FRACASSO EM ECONOMIA CIRCULAR

8.1. Casos de Sucesso

Em relação aos casos de sucesso e fracasso em economia circular, é importante destacar que esse é um modelo econômico relativamente novo e ainda em desenvolvimento. Algumas empresas que adotam estratégias dentro da economia circular são amplamente conhecidas por suas iniciativas sustentáveis (Rodrigues, *et al.*, 2021).

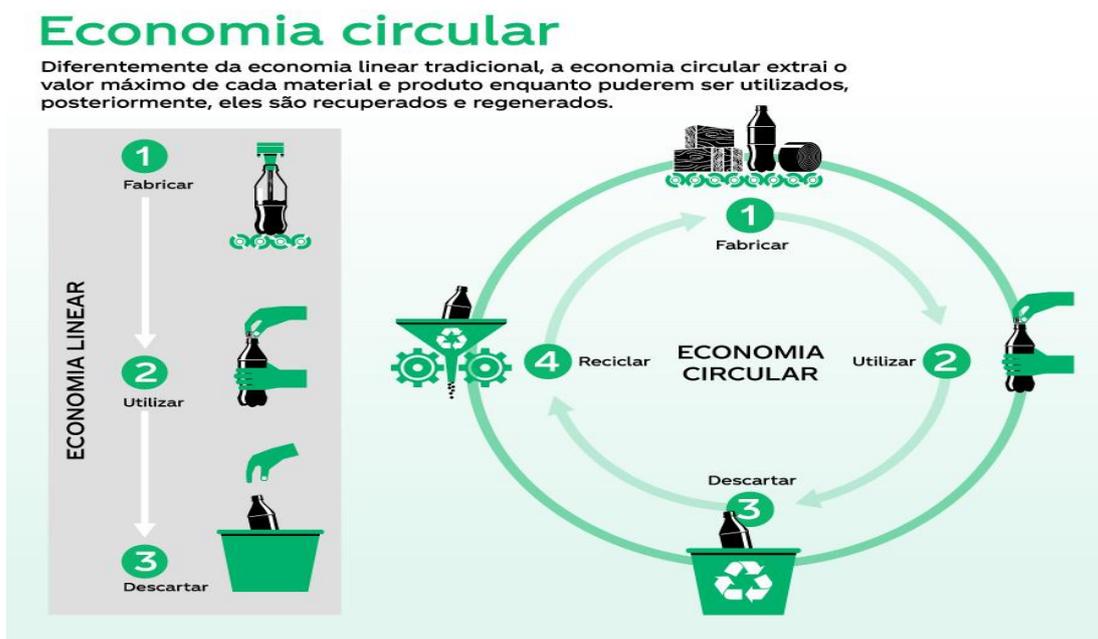
A Coca-Cola é um exemplo de empresa que tem se dedicado à economia circular. Em 2018, a empresa investiu mais de US\$ 425 milhões em infraestrutura para reutilização e unificação do *design* de suas embalagens, visando substituir suas garrafas descartáveis por garrafas reutilizáveis. Atualmente, 27% das embalagens que a empresa coloca no mercado são reutilizadas. Os clientes pagam um depósito indireto ao comprar refrigerante em uma garrafa reutilizada e recebem um desconto na próxima compra quando devolvem a garrafa vazia. As garrafas são higienizadas e engarrafadas após o uso, e esse modelo substituiu 200 milhões de embalagens de uso único por ano (Iritani, 2019).

Dentre as iniciativas da empresa, também se destacam o aumento do uso de materiais reciclados em suas embalagens. Além disso, a Coca-Cola tem incentivado a coleta seletiva de resíduos, em parceria com cooperativas de reciclagem, e implementado sistemas de logística reversa para garantir que suas embalagens sejam coletadas e recicladas após o uso pelo consumidor (Coca-Cola, 2021).

A Coca-Cola (2021), tem se unido a iniciativas lideradas por organizações como WWF, Ellen MacArthur Foundation e agências das Nações Unidas para acelerar a transição para uma economia circular de plástico. O desafio de reduzir drasticamente o desperdício de embalagens deve ser enfrentado localmente, trabalhando em conjunto com as comunidades.

Para que a economia circular funcione, é necessário promover a gestão de resíduos, mas também são necessárias ações em três frentes: *design*, coleta e parcerias. O objetivo principal desse novo conceito é manter os recursos em uso pelo maior tempo possível, redesenhar a produção para minimizar sua disposição, usá-los da maneira mais eficiente possível e regenerar os materiais em todo o seu ciclo de vida útil. A empresa está envolvida em operações locais de coleta em mais de 35 mercados ao redor do mundo, acumulando mais de 40 anos de experiência nesses sistemas. Por exemplo, no Brasil, atualmente são apoiadas 221 cooperativas de reciclagem em 132 cidades de 23 estados. Em 2020, aproximadamente R\$ 5 milhões foram investidos em um auxílio emergencial para catadores, no momento da pandemia de Covid-19 (Coca-Cola, 2021).

Figura 7: Práticas circulares nos processos da Coca-Cola.



fonte: <https://www.cocacolabrazil.com.br/historias/sustentabilidade/adeus--economia-linear--bem-vinda--economia-circular>.

Alavancar a economia circular é um compromisso assumido pela Coca-Cola globalmente em 2018, com o objetivo de dar o destino correto para o equivalente a 100% das embalagens que coloca no mercado até 2030. Esse é um dos passos rumo ao Mundo Sem Resíduos, que inclui outras metas importantes, como tornar recicláveis 100% das embalagens utilizadas pela empresa em todo o mundo até 2025 e incorporar pelo menos 50% de material reciclado nas embalagens PET (Coca-Cola, 2021).

Figura 8: Metas da Coca-Cola para circularidade.

Metas para um Mundo sem Resíduos

Garantir o destino correto (coletar, reaproveitar ou reciclar) para o equivalente a **100% das embalagens que a companhia coloca no mercado, até 2030.**

Incorporação de **50% de material reciclado nas embalagens PET utilizadas** pela Coca-Cola Company no mundo até 2025.

Novo objetivo: **reduzir o uso de plástico virgem derivado de fontes não renováveis** em 3 milhões de toneladas métricas acumuladas nos próximos cinco anos.



NOSSOS AVANÇOS

AMÉRICA LATINA



Em 2020, as embalagens retornáveis representaram 27% das vendas da Coca-Cola América Latina.



São oferecidas garrafas feitas de PET 100% reciclado em cerca de 30 mercados em todo o mundo, seis na América Latina.

MUNDO



Em 2020, o equivalente a 60% de todas as embalagens que a Coca-Cola Company colocou no mercado mundial foram coletadas e recicladas.



Atualmente, mais de 90% das embalagens da Coca-Cola Company são recicláveis.



Há 22% de material reciclado nas embalagens da companhia.



Em mais de 20 mercados, as retornáveis representam metade ou mais das vendas, e, em mais de 40 países, elas representam 25%.

fonte: <https://www.cocacolabrazil.com.br/historias/sustentabilidade/adeus--economia-linear--bem-vinda--economia-circular>.

Já a Nespresso criou uma solução para a reutilização completa dos produtos, em que o alumínio das cápsulas é reciclado e o pó de café é transformado em adubo (Nespresso, 2021).

A Renault Group tem aplicado princípios de economia circular há mais de dez anos, com o objetivo de preservar os ecossistemas para as futuras gerações. A empresa tem focado na redução do uso de materiais virgens e no desenvolvimento de soluções técnicas e industriais para coleta, reutilização, renovação e reciclagem de peças e materiais. A empresa possui dois centros de especialização em economia circular, The Future is NEUTRAL e The Refactory, que buscam soluções de reciclagem e inovação em serviços de economia circular. A empresa tem dado uma segunda vida às baterias de veículos elétricos para armazenar energias renováveis e fornecer energia para edifícios, em vez de descartá-las e reciclá-las (Renault, 2023).

Figura 9: Circularidade no Grupo Renault.



Fonte: <https://www.renaultgroup.com/en/our-commitments/environment-circular-economy>

De acordo com Iritani (2019), o grupo Renault tem se destacado no uso de estratégias de economia circular em suas operações, o que tem gerado benefícios significativos para a empresa e para o meio ambiente.

Por meio da aplicação do ciclo fechado em algumas de suas fábricas, a Renault tem conseguido utilizar materiais reciclados em seus veículos e reduzir o descarte de resíduos em aterros, minimizando assim os impactos ambientais. Além disso, a montadora tem investido no design de seus carros para torná-los mais recicláveis e fáceis de serem reaproveitados, o que tem contribuído para a redução das emissões de gases de efeito estufa. A Renault também tem buscado desenvolver novos materiais em parceria com

outras empresas, como fabricantes da indústria têxtil, com o objetivo de fortalecer ainda mais sua estratégia de economia circular. Todas essas iniciativas fazem parte de um esforço maior da Renault para se tornar uma montadora e líder em economia circular (Iritani, 2019).

Para alcançar esse objetivo, a empresa tem adotado uma abordagem bem definida, com alinhamento estratégico com seus parceiros e desenvolvimento de uma base sólida. Os benefícios desse modelo de negócio vão além da redução do descarte de resíduos em aterros. A recuperação de valor para a marca e seus parceiros a partir da circularidade e o fortalecimento do posicionamento da marca no mercado são alguns dos principais ganhos dessa iniciativa. As características chave dessa inovação incluem o *design* do produto, o desenvolvimento colaborativo com parceiros, a tecnologia de reciclagem e a linha de remanufatura, conforme destacado por Iritani (2019).

A BMW é outra empresa europeia que adotou a economia circular em sua produção de automóveis, visando utilizar materiais reciclados e renováveis em seus carros, além de implementar processos de produção mais eficientes e de reciclagem de resíduos. Essas iniciativas contribuem significativamente para a redução do impacto ambiental da produção de automóveis e para o desenvolvimento de uma sociedade mais sustentável (BMW Group, 2021).

A Philips, por exemplo, empresa do ramo tecnológico, tem se destacado nesse contexto. A empresa criou uma comunidade circular de prática com especialistas, casos e aprendizagem para garantir que a economia circular seja integral em todas as fases da cadeia de valor. Além disso, a Philips adotou a economia circular em sua produção de lâmpadas, oferecendo "iluminação como um serviço", em que os clientes pagam por horas de luz em vez de comprar as próprias lâmpadas. A Philips então recupera as lâmpadas antigas, as recondiciona e as usa para fabricar novas lâmpadas, reduzindo a quantidade de resíduos gerados e reduzindo o impacto ambiental (EMF, 2023).

A empresa finlandesa Enevo constrói e instala sensores que coletam e analisam dados de lixeiras, permitindo que os sistemas da Enevo otimizem rotas de coleta de caminhões. Isso resulta em economia de custos para as empresas de gerenciamento de resíduos (Ramakrishna *et al.*, 2020).

A Ambievo é uma empresa que merece destaque, por sua atuação na recuperação de solos contaminados com hidrocarbonetos. Através da economia circular, a empresa consegue recuperar esses solos e transformá-los em recursos úteis para outras atividades produtivas (Ambievo, 2021).

Outra empresa que tem se destacado nesse contexto é a Schneider Electric, presente em 190 países, com mais de 200 fábricas e milhares de colaboradores. A empresa tem investido em soluções sustentáveis para seus processos produtivos e busca constantemente reduzir seu impacto ambiental (Schneider Electric, 2021).

Na indústria aeronáutica, a Lufthansa, empresa aérea alemã, desenvolveu um processo de reciclagem e remanufatura de suas próprias aeronaves desativadas. A subsidiária americana da Lufthansa, Lufthansa Technik Component Services (LTCS), é responsável pelo trabalho de reciclagem. O processo consiste em retirar todos os componentes reutilizáveis da aeronave e testá-los antes de retorná-los à Alemanha. De acordo com o gerente de projetos da empresa, as peças reutilizadas são tão seguras e de qualidade tão boa quanto as novas, já que precisam atender aos mesmos requisitos de certificação e testes funcionais. A remanufatura e reciclagem permitem que peças valiosas sejam reutilizadas na frota existente, estendendo a vida útil de peças e materiais. Essas práticas reduzem os impactos ambientais e recuperam o valor de materiais e produtos. A Lufthansa Technik recicla aproximadamente 92% de um avião desativado, mantendo seu compromisso com práticas sustentáveis e inovadoras (Iritani, 2019).

Dentre diversos casos de sucesso, a Hewlett-Packard - HP (2021), empresa norte-americana conhecida por sua fabricação de computadores, impressoras e outros produtos eletrônicos, publicou recentemente seu 21º Relatório de Impacto Sustentável, destacando suas metas de ação climática, direitos humanos e equidade digital.

O relatório revela que as iniciativas de impacto sustentável da empresa ajudaram a gerar mais de US\$ 3,5 bilhões em novas vendas no exercício social de 2021, um aumento significativo em relação ao ano anterior. Além disso, a HP atingiu uma redução de 39% na intensidade das emissões de CO₂e durante o uso de produtos até 2021, em relação a 2015, ultrapassando sua meta de redução de 30% até 2025. A empresa tem trabalhado na circularidade, buscando se tornar uma empresa de ciclo fechado e contribuindo para a restauração da Floresta Amazônica (HP, 2021).

Iritani (2019), destaca a parceria da HP com a Flex e Sintronic para desenvolver uma cadeia reversa para cartuchos e equipamentos eletrônicos em geral. Essa iniciativa é a primeira em logística reversa de eletroeletrônicos do Brasil e a Sintronic é responsável por reciclar e desenvolver soluções com foco na circularidade, além de apoiar todo o sistema de logística reversa.

A comunicação entre os parceiros facilita o processo de circularidade e permite a troca de experiências para melhorias no design do produto. A HP também possui outros

programas, como o HP Planet Partners, que possui mais de 400 pontos de coleta de cartuchos utilizados no Brasil que seguem para a reciclagem. A estratégia de circularidade reduz o descarte de resíduos em aterro, reduzindo os impactos ambientais, reduz o consumo de materiais virgens, estende a vida útil dos materiais e peças, entre outros benefícios. A inovação da HP inclui diversas características-chave, como o design para manufatura reversa, pesquisa e desenvolvimento orientado a circularidade, parcerias para logística reversa e produto como serviço (Iritani, 2029).

De acordo com Ártico, (2020), a Apple tem sido uma forte defensora de políticas circulares há muitos anos e tem tomado medidas concretas em todo o mundo para apoiar a transição justa. A empresa tem participado de discussões bilaterais com diversos países, como China, Japão, Vietnã, Coreia do Sul e Estados Unidos, para defender políticas que permitam uma economia circular e ações ousadas sobre o clima. Além disso, a Apple tem se posicionado contra a subsídio de combustíveis fósseis e a favor da integração mais rápida de energias renováveis na rede elétrica.

A apple é empresa líder na produção de dispositivos eletrônicos, investe em práticas circulares para seus produtos, especialmente os iphones. A empresa utiliza materiais reciclados e renováveis na produção desses dispositivos, como alumínio de origem responsável e plástico reciclado nos componentes internos. Além disso, a Apple possui um programa de reciclagem para seus clientes entregarem seus iphones antigos para serem reciclados. A empresa também busca parcerias com fornecedores e fabricantes para promover a circularidade em toda a sua cadeia de suprimentos, incentivando o reparo e a reutilização dos dispositivos para prolongar sua vida útil e reduzir a necessidade de extração de recursos naturais para produzir novos dispositivos.

De acordo com informações publicadas no site oficial da Apple (2023), a empresa está investindo em inovações de reciclagem para melhorar a recuperação de materiais e reduzir o impacto ambiental, seguindo uma abordagem que inclui quatro pilares: Sourcing, Production, Efficiency e Recovery.

O objetivo é criar produtos que façam uso de cadeias de suprimentos circulares que não dependam de recursos minerados, atendendo aos requisitos rigorosos de qualidade, durabilidade e desempenho. A empresa busca fontes responsáveis de materiais, sejam eles primários, reciclados ou renováveis, além de utilizar esses materiais de forma mais eficiente (APPLE, 2023).

De acordo com Reis e Fernandes (2021), foi identificado um exemplo de adoção de modelos baseados em economia circular no setor calçadista localizado na região

sul do Brasil. Duas empresas fabricam calçados remanufaturados e foram analisadas quanto à viabilidade econômica da implementação da economia circular nesse setor. A empresa "A" utiliza 300kg de resíduos sólidos por mês para produzir mil pares de calçados, enquanto a empresa "B" utiliza 250m² de couro de outras indústrias para produzir mil pares de calçados por mês.

Ambas as empresas têm sua produção terceirizada e utilizam resíduos sólidos provenientes do descarte de produção de terceiros. Os desafios mencionados pelas empresas foram a manutenção do fornecedor de resíduos e a padronização das cores do couro. Os benefícios apresentados pelas empresas foram a redução de custos no setor de economia das empresas e a contribuição para o meio ambiente, sendo que apenas uma das empresas mencionou este ponto. A empresa "B" destina os resíduos gerados pela produção de calçados remanufaturados, enquanto a empresa "A" planeja reduzir a geração de resíduos desde a etapa do *design* destinando seus resíduos de borracha para usinagem, seguindo os conceitos da economia circular. No entanto, a falta de fornecedores de resíduos é um desafio para a manutenção do processo de produção baseado em economia circular (Reis, Fernandes, 2021).

8.2. Casos de Fracasso

De acordo com Murray *et al.* (2015), a adoção da economia circular é indispensável para as empresas garantirem um futuro sustentável e próspero para o planeta. Para isso, é necessário que as empresas repensem completamente o *design* de seus produtos, tornando-os mais recicláveis e sustentáveis, conforme mencionado por Ranta *et al.* (2018).

Conforme Tura *et al.*, (2019), um dos principais desafios enfrentados pelas empresas na implementação da economia circular é garantir que seus produtos sejam projetados de maneira a facilitar a reciclagem e a reutilização.

De acordo com Panigrahi *et al.* (2020), um exemplo de caso de fracasso seria o da empresa de tecnologia Nokia, que enfrentou dificuldades em acompanhar a evolução tecnológica, tanto com falta de expertises em seu sistema operacional quanto na reciclagem de celulares com baterias não removíveis, quando lançou um celular com bateria não removível, que houve dificuldade na reciclagem do aparelho, gerando impacto ambiental negativo. A bateria não removível tornou mais difícil o processo de reciclagem do aparelho, pois é necessário desmontá-lo para retirar a bateria, o que aumenta o risco de danos aos componentes eletrônicos e reduz a eficiência da reciclagem.

Figura 10: Fracasso em inovação tecnológica e economia circular da Nokia.



Fonte: <https://ndimensionz.com/2016/12/06/the-downfall-of-nokia-what-went-wrong>

Porém, de acordo com Lattacherr *et al.* (2020), o fracasso pode ser uma oportunidade para o sucesso. De acordo com os autores, empreendedores não temem o fracasso, mas sim, veem como uma oportunidade de aprendizado e de correção de rota, estando dispostos a pensar fora da caixa e apostar em ideias disruptivas. Nesse pensamento, é importante destacar que a economia circular é um modelo relativamente novo e ainda em desenvolvimento, e que o fracasso pode ser uma oportunidade de aprendizado e correção de rota.

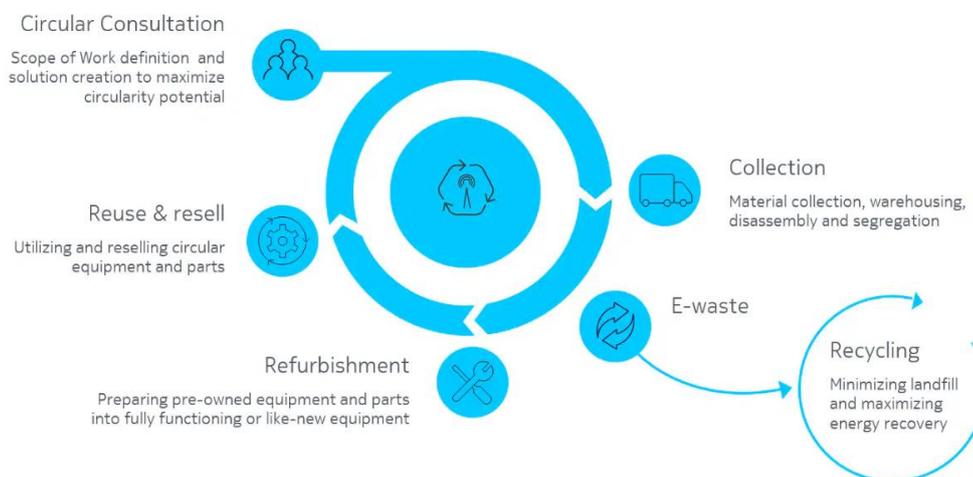
A Nokia, após enfrentar desafios e perder a liderança no mercado de celulares, passou por uma reformulação, incluindo uma mudança em sua identidade visual. Posteriormente, a empresa foi adquirida pela Microsoft, com o objetivo de investir em inovações tecnológicas e reciclagem, visando melhorar a recuperação de materiais e reduzir o impacto ambiental de seus produtos (Panigrahi *et al.*, 2020).

De acordo com informações no site da Nokia (2023), a empresa continua realizando estudos e realizando progressos na adoção de práticas circulares e tem estabelecido objetivos bem definidos para melhorar ainda mais. Vem se dedicando à criação de produtos duráveis e com longa vida útil, além de oferecer serviços de reparo e recondição para prolongar ainda mais a vida útil dos dispositivos.

A empresa está comprometida em diminuir o impacto ambiental em suas operações, fabricação e cadeias de abastecimento. Para isso, a Nokia procura soluções sustentáveis para expandir suas redes e diminuir o lixo eletrônico. A empresa oferece serviços de recuperação de ativos, remodelação, teste e validação de equipamentos de rede desmontados para reutilização, produtos e peças circulares, reutilização e reciclagem. Essas soluções trazem benefícios como redução de custos, desempenho melhorado, resolução rápida de problemas de rede e tranquilidade. Além disso, a Nokia se comprometeu a reduzir

suas emissões de gases de efeito estufa em 50% até 2030 e desenvolveu soluções para aplicar princípios circulares durante toda a vida útil de seus produtos.

Figura 11: Serviços circulares da Nokia.



A evolução da rede pode ser desafiadora

Quando chega a hora de atualizar ou substituir uma rede existente, os operadores podem encontrar dificuldades para otimizar a solução final para garantir que haja a menor quantidade de desperdício e a maior reutilização de produtos e materiais. É preciso tempo e conhecimento para planejar e projetar o processo da melhor forma. Muitos produtos podem ser reutilizados e revendidos, mas nem sempre o operador está melhor posicionado para avaliar a viabilidade dos produtos usados e qual é o mercado para eles. Em termos de materiais reciclados, o mercado está em constante fluxo tornando a reciclagem de equipamentos por vezes complexa.

Produtos e Serviços Circulares podem ajudar

Na Nokia, estamos focados em atingir as metas ESG de nossos clientes. Nossas soluções Circular 3R ajudam os operadores a obter reduções na extração de matérias-primas virgens, diminuir suas emissões de CO2e e limitar o lixo eletrônico. Os Produtos e Serviços Circulares proporcionam múltiplos benefícios:

Redução de custos

- Maior ROI por meio de um planejamento de rede mais preciso
- Geração de caixa a partir da venda de equipamentos antigos, compensando o custo de novos equipamentos e redução da necessidade de armazenagem para estoques obsoletos
- Descarte econômico de todos os resíduos eletrônicos de acordo com padrões internacionalmente reconhecidos de segurança e proteção ambiental

Desempenho melhorado

- Melhor desempenho da rede por meio de otimização automatizada
- Operações mais eficientes e melhor uso dos recursos

Proativo e responsivo

- Resolução rápida de problemas de rede
- Evitar degradações de serviço antes que elas ocorram

Tranquilidade

- Acesso a produtos de emergência e paliativos e peças sobressalentes que não estão disponíveis no mercado principal
- Garantia fornecida em equipamentos reconicionados

Fonte: <https://www.nokia.com/networks/services/circular-products-and-services/#circular-services>

9. VISÃO PROSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR NO BRASIL NA UNB

9.1. Política Nacional de Economia Circular: muito pouco, muito cedo?

A economia circular vem ganhando espaço no mundo e já possui iniciativas no Brasil. Essa nova proposta busca repensar a forma como os produtos são desenhados, produzidos e comercializados, a fim de garantir o uso inteligente e reutilização dos recursos naturais (CNI, s.d.). A Política Nacional de Economia Circular pode se tornar realidade no Brasil com a aprovação do Projeto de Lei nº 1874, de 2022, em tramitação no Congresso Nacional. Proposta pela Comissão de Meio Ambiente do Senado Federal, a iniciativa tem como objetivo reduzir o impacto ambiental das atividades econômicas e incentivar a inovação e o desenvolvimento tecnológico (Brasil, 2022).

A economia circular busca encaminhar desperdícios de uma cadeia produtiva a outra, onde servirão como insumos de qualidade, e estendendo ao máximo a vida útil dos recursos naturais, recuperando, reutilizando e reciclando materiais.

No contexto brasileiro, a transição para uma economia circular apresenta-se como uma oportunidade ímpar de fomentar a inovação e a criação de valor no país. Com um cenário atrativo para a exploração de oportunidades em diversos setores econômicos, a aplicação do modelo circular pode ser um importante catalisador do desenvolvimento conjunto dos capitais econômico, social e natural (CNI 2018).

No Brasil, há exemplos de *design* modular e integração de serviços compartilhados em ofertas imobiliárias que geram eficiência tanto na construção quanto no transporte. Apesar disso, ainda há muito a ser feito para se adaptar completamente à economia circular e superar os desafios específicos enfrentados pelos países em desenvolvimento (Schröder *et al.*, 2020).

Segundo a Fundação Ellen MacArthur, o Brasil possui um enorme potencial na implementação da economia circular em diferentes setores, como o agronegócio, a indústria de transformação e o setor de serviços. A adoção dessas práticas pode gerar grandes benefícios para o país, tanto em termos econômicos quanto ambientais. A cooperação entre empresas, governos e consumidores também é essencial, mas muitas vezes não ocorre. Faz-se necessário políticas públicas que incentivem e apoiem essa mudança. É essencial que os governos federal, estadual e municipal adotem medidas que promovam a economia circular, mesmo que os custos financeiros das mudanças tecnológicas possam ser superiores aos ganhos financeiros obtidos pelos agentes de mercado (EMF, 2017).

O posicionamento pela aprovação do projeto de lei 1874/2022, adotado pelo relator da matéria na Comissão de Assuntos Econômicos (CAE) do Senado, representa um importante passo para o Brasil na transição para um modelo econômico mais sustentável e responsável com o meio ambiente.

A proposta, que institui a Política Nacional de Economia Circular, busca aprimorar o aproveitamento dos recursos naturais por meio da redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia. Elaborada após debates com especialistas e representantes da sociedade civil, a iniciativa é fundamental para o desenvolvimento sustentável do país. Após aprovação na CAE, o projeto segue para votação no Plenário do Senado, e caso seja aprovado, trará benefícios significativos para a preservação do meio ambiente e a promoção da sustentabilidade em nosso país (Brasil, 2023).

O Brasil tem avançado em direção a um modelo econômico mais sustentável, apesar dos desafios. Além de possuir um grande potencial para se tornar referência em inovação e geração de valores econômico, ambiental e social. Esse modelo promove a regeneração e restauração do capital natural, gerando impactos sociais e econômicos positivos. O país tem diferenciais estratégicos, como biodiversidade, diversidade sociocultural, cultura de inovação e empreendedorismo, que podem ser explorados para desenvolver as condições de inovação para o crescimento dos Sistemas de Negócios Circulares. No entanto, para alcançar esse potencial, é preciso enfrentar os desafios da cultura linear, investindo em educação e conhecimento tanto nas indústrias quanto na sociedade. Além disso, é necessário apoio e investimentos governamentais para incentivar o desenvolvimento desses sistemas (CNI, 2020).

A Confederação Nacional da Indústria afirma que a economia circular traz muitas oportunidades para a sociedade, incluindo comunidades, cidades e regiões, bem como para a economia brasileira, que engloba os setores agropecuário, industrial e de serviços. Esse modelo de negócio permite agregar e recuperar valor de forma mais resiliente e sustentável, ultrapassando o âmbito e o foco das ações de gestão de resíduos e reciclagem. A implementação da economia circular enfrenta diversos desafios que precisam ser superados como a falta de políticas públicas e investimentos adequados em infraestrutura e tecnologia. Além disso, muitas empresas e consumidores ainda não estão conscientes dos benefícios desse modelo e resistem à mudança (CNI, 2018).

O Brasil está em um momento crucial para o desenvolvimento de um novo modelo econômico que traga prosperidade aos cidadãos e seja sustentável a longo prazo. A aplicação dos princípios da economia circular pode gerar benefícios ao PIB e ao nível

de emprego, além de aumentar a resiliência socioeconômica. O setor agrícola e de EEE brasileiro estão avançando na adoção de práticas da economia circular, mas ainda há barreiras para a obtenção de escala. Apesar dos desafios, a economia circular apresenta oportunidades significativas para o país, como a redução do desperdício, aumento da eficiência de recursos e criação de novos empregos (EMF, 2017).

Conforme o estudo do Centro Brasileiro de Relações Internacionais, baseado nas experiências da União Europeia, China e Chile, as principais agendas relacionadas à transição para uma economia circular incluem a adoção do princípio da responsabilidade estendida do produtor, implementação gradual dos sistemas circulares com priorização de produtos e adoção de metas quantificáveis, fomento ao *design* de produtos sustentáveis e promoção do uso de tecnologias digitais para rastreamento e mapeamento de recursos. Para alcançar uma economia circular, é importante reduzir o uso de embalagens, aplicar instrumentos econômicos como a tributação ambiental, promover a Indústria 4.0, incentivar a integração de critérios de sustentabilidade nas estratégias de negócios, promover a simbiose industrial e novos modelos de negócios, promover cidades e regiões verdes e fontes de energia limpas, criar plataformas de intercâmbios de boas práticas entre empreendedores e adotar políticas de compras públicas sustentáveis (CEBRI, 2020).

Segundo Santos *et al.* (2004), a redução na fonte, reutilização e reciclagem são meios utilizados para preservar recursos naturais, reduzir o consumo de energia, conscientizar a população e evitar que a capacidade dos aterros sanitários seja esgotada. Essas iniciativas são especialmente importantes para os plásticos, pois contribuem para minimizar sua imagem de vilão ambiental causada por sua poluição nos grandes centros e sua taxa de crescimento expressiva nos aterros sanitários.

As políticas públicas são diretrizes elaboradas para o enfrentamento de um problema público (Secchi, 2010). Ao adotar a economia circular, o Brasil pode reduzir significativamente a quantidade de resíduos que são enviados para os aterros sanitários e lixões, diminuindo os impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde pública. Além disso, essa abordagem pode gerar novas oportunidades de negócios e empregos, impulsionando a economia do país.

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse na economia circular no Brasil e a legislação tem avançado para acompanhar as demandas desse modelo econômico. Em 2010, por meio da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece diretrizes para a gestão adequada dos resíduos sólidos e promove a responsabilidade compartilhada entre os diferentes atores

envolvidos nesse processo (Brasil, 2010). Mais recentemente, por intermédio da Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, foi instituída a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, que tem como objetivo incentivar a conservação e a recuperação dos ecossistemas por meio do pagamento aos proprietários rurais que realizam ações de preservação ambiental (Brasil, 2020).

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações também tem demonstrado interesse na economia circular. Em 2021, o ministério realizou o evento de lançamento dos resultados do projeto “Assistência Técnica CTCN/UNIDO – Roadmap de economia circular”, que identificou oportunidades para a implementação da economia circular no Brasil e propôs soluções para os desafios existentes nesse processo (Brasil; MCTI, 2021).

De acordo com a Nota Técnica nº 8/2021/CGPI/DDRU/SMDRU-MDRA, do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, a transição para a economia circular permitirá que os setores da agropecuária e indústria brasileira atendam às legislações e normas nacionais e internacionais, gerando benefícios socioeconômicos e ambientais. A Rota da Economia Circular (REC) foi estruturada em 2019 com o objetivo de criar alternativas sustentáveis de gestão e encaminhamento produtivo de resíduos, promovendo a inclusão produtiva e o desenvolvimento regional (Brasil, MDR, 2021).

Segundo dados produzido pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2020), hoje, o volume de lixo produzido é alto, mas a destinação correta dos resíduos recicláveis ainda é baixa em algumas regiões do país. Anualmente, desde 2003, o país gerou mais de 80 milhões de toneladas de lixo em 2022. No Norte do país, apenas 36,6% do lixo reciclável produzido teve destinação correta. No Nordeste, o índice foi de 37,2%, enquanto no Sudeste foi de 74,3%.

Segundo o artigo publicado pelo Sebrae Minas (2017), para lidar com o problema do lixo eletrônico, é importante que órgãos governamentais ligados à regulamentação de produtos eletrônicos criem soluções eficazes. A Anatel, Agência Nacional de Telecomunicações, vem trabalhando em um projeto desde 2008, que tem como objetivo não apenas descartar corretamente os equipamentos eletrônicos, mas também selecionar aqueles que estão em bom estado e prolongar sua vida útil. Ela recolhe diversos tipos de equipamentos eletrônicos, como pilhas, baterias, celulares, eletroeletrônicos, eletrodomésticos, televisores e brinquedos eletrônicos, que passam por coleta, armazenamento, triagem, montagem ou desmontagem, reciclagem, reutilização ou prolongamento da vida útil e destinação correta (Inovação Sebrae Minas, 2017).

Essas iniciativas demonstram o compromisso do governo brasileiro em promover a economia circular e contribuir para um futuro mais sustentável. Com a implementação de políticas e programas que incentivem a adoção desse modelo econômico, é possível reduzir os impactos ambientais negativos e promover o desenvolvimento econômico de forma mais equilibrada e justa. Além disso, a economia circular também tem se mostrado uma oportunidade para as empresas desenvolverem novos modelos de negócios e produtos (EMF, 2017).

O Instituto Ellen MacArthur lançou no Brasil o programa CE100, voltado para organizações que buscam oportunidades no mercado brasileiro. O objetivo do programa é buscar, por meio da colaboração do próprio instituto e de empresas, governos ou instituições, uma transição viável para o desenvolvimento mais sustentável (EMF, 2015).

No mesmo sentido, em 2017, a partir do CE100 houve outra publicação sobre o tema, intitulado como “Economia circular no Brasil: uma abordagem exploratória inicial”. Nesse estudo são apresentadas ações e propostas sobre a economia circular implementadas no país com vistas à adoção de abordagens regenerativas a conscientização dos consumidores, quanto a importância da conservação e preservação do meio ambiente (Assunção, 2021).

O relatório, desenvolvido em parceria com o programa CE100 Brasil por Banks e Parkin, identificou importantes oportunidades dentro do setor da agroindústria e de ativos da biodiversidade, que podem ajudar a acelerar a transição para o modelo de economia circular no Brasil. O estudo apresenta a análise de cada setor e detalha as oportunidades de negócios circulares existentes e futuras para cada um (EMF, 2017). Entre as oportunidades identificadas estão a maior disponibilização de recursos financeiros para aumentar em número e escala os modelos de negócio regenerativos, a disseminação de conhecimentos para os produtores rurais, pequenos e grandes proprietários, esclarecendo os benefícios das abordagens regenerativas, o incentivo à conexão dos centros urbanos para aplicar esforços no sentido de recuperar e valorizar o lixo orgânico urbano, fechando o ciclo de matéria ao retorná-la ao solo e a aplicação de recursos nos setores de biointeligência. (EMF, 2019).

Entre esses benefícios, destacam-se a redução da volatilidade no preço das matérias-primas, diminuindo os riscos de fornecimento; a criação de novas relações com os clientes e a adoção de modelos tecnológicos e inovadores de negócio; a melhoria da competitividade das instituições de ensino; e a contribuição para a preservação do capital natural, com a redução da emissão de poluentes e resíduos. (Fontgalland, 2022).

Segundo a Fundação Ellen MacArthur, algumas empresas têm investido em produtos duráveis e reparáveis, que podem ser reutilizados diversas vezes ao longo de sua vida útil. Um dos exemplos citados é a empresa Bosch no Brasil, visando um escopo mais amplo, engloba desde o redesenho de processos, produtos e modelos de negócio até a otimização da utilização de recursos. A Fundação Ellen MacArthur também destaca o potencial do Brasil para a exploração das oportunidades que a economia circular poderia trazer para a construção do capital econômico, social e natural. Por princípio, uma economia circular é restaurativa e regenerativa (EMF, 2020).

De acordo com informações no site oficial da Flex (2019), empresa especializada na venda de componentes eletroeletrônicos, desde 2013 a multinacional tem uma frente de negócios no Brasil com foco na recuperação de resíduos eletrônicos. O centro de inovação Sintronics, localizado em Sorocaba (SP), é responsável por desmontar, descaracterizar e separar diversos tipos de eletroeletrônicos de acordo com suas propriedades. A empresa consegue reinserir 70% dos resíduos em cadeias produtivas, sendo que uma parte retorna para a própria Flex e outra vai para diferentes cadeias. O restante dos resíduos é triturado, derretido e granulado antes de ser reinserido na cadeia sem a necessidade de novas extrações. Em 2018, o Sintronics ganhou o certificado Zero Waste por um processo de eliminação de 100% dos resíduos eletrônicos da HP, sua principal cliente, incluindo a recuperação de cartuchos de impressora (FLEX, 2019).

9.2. A Universidade na Era da Economia Circular

Ohde *et al.* (2018) afirmam que a Universidade de São Paulo (USP) criou o Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR) para lidar com a preocupação em relação ao descarte adequado de resíduos eletroeletrônicos. O CEDIR é um exemplo prático de economia circular, pois busca reduzir o desperdício de recursos e proteger o meio ambiente através da recuperação e reutilização de equipamentos de informática. O CEDIR coleta equipamentos de informática usados, como computadores, monitores e impressoras, e os recondiciona para serem revendidos ou doados a instituições de caridade. Essa iniciativa evita que esses equipamentos sejam descartados em aterros sanitários, onde poderiam causar danos ambientais. Desde sua criação em 2010, o CEDIR tem gerado empregos e incentivado a inovação, pois demanda mão de obra para o recondicionamento dos equipamentos e requer novas tecnologias e processos para prolongar sua vida útil. Em 2013, o centro recebia em média 6,6 toneladas por mês e atualmente recebe cerca de 3 toneladas por mês em função das ações de redução de gastos da USP (Ohde *et al.*, 2018).

A transição para uma economia circular exige a colaboração de diversos setores da sociedade. Empresas, governos e sociedade civil precisam se unir para promover mudanças significativas em todo o sistema econômico e social. Nesse sentido, a educação e a conscientização ambiental são fundamentais para garantir que a economia circular se torne uma realidade. As universidades têm um papel importante nesse processo, pois podem conscientizar e capacitar estudantes e a comunidade acadêmica sobre os princípios da economia circular. Além disso, as instituições de ensino podem incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias e soluções inovadoras que promovam a transição para um modelo mais circular. (Geissdoerfer *et al.*, 2017).

De acordo com Sukiennik *et al.* (2021), a adoção desse modelo pode trazer impactos positivos tanto para a economia quanto para o meio ambiente, e as instituições de ensino superior têm um papel importante nesse processo. Elas podem desempenhar um papel importante na promoção da economia circular. As universidades devem incentivar a pesquisa e a criação de soluções que contribuam para a redução do impacto ambiental e para a melhoria da qualidade de vida da comunidade acadêmica e da sociedade em geral. Além disso, a implementação da economia circular pode estimular a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis (Sukiennik, *et al.*, 2021).

A Universidade de Manchester, no Reino Unido, tem sido um exemplo de como envolver sua comunidade universitária no processo de implementação da estratégia de sustentabilidade. Por meio de consultas públicas, grupos de trabalho e fóruns de discussão, a universidade conseguiu incentivar a participação ativa na implementação da estratégia. Além disso, a instituição também implementou programas de treinamento e capacitação para funcionários e estudantes, aumentando a conscientização sobre questões de sustentabilidade. A metodologia aplicada na instituição inglesa pode ser aplicada a outras organizações que buscam desenvolver uma estratégia de economia circular por meio de uma abordagem participativa. É importante que as universidades sejam pioneiras em ações sustentáveis, contribuindo para um futuro mais consciente e responsável (Mendoza *et al.*, 2019).

No contexto da Universidade de Brasília (UnB), a instituição pode aprender com as lições vividas pela Universidade de Manchester e explorar políticas, estratégias e planos de ação de sustentabilidade, envolvendo uma abordagem participativa para co-criar uma visão para identificar oportunidades e lacunas para sua implementação no campus. (UnB, s.d.).

O Núcleo de Estudos Estratégicos do Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares da UnB, promoveu um Colóquio sobre "Educação, Trabalho e economia circular". O evento contou com a presença do renomado Professor Dr. José Maria Carvalho Ferreira, do Centro de Investigação em Sociologia Económica e das Organizações do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade de Lisboa. O Colóquio foi baseado no livro "Economia Circular e Sustentabilidade", organizado pelo Professor Dr. José Maria Carvalho Ferreira e publicado pela Clássica Editora em 2021. O livro serviu como orientação para parte dos debates realizados no Colóquio (UnB/CEAM, 2021).

A Universidade de Brasília tem se destacado na reciclagem de resíduos sólidos em seus Campi, graças à iniciativa do Programa Coleta Seletiva Solidária, que busca implantar uma metodologia educativa e definir em conjunto com as cooperativas como se dará a coleta de resíduos sólidos recicláveis em cada campus da universidade. Em parceria com a Central de Reciclagem do Varjão, a universidade tem obtido resultados significativos na reciclagem de metal, papel e plástico, contribuindo para o meio ambiente e melhorando a qualidade de vida dos catadores apoiados por meio desse processo (UnBNotícias, 2016).

A política de reciclagem adotada pela universidade é realizada em três categorias: orgânico, recicláveis e rejeitos, e a cooperativa realiza a triagem dos materiais recicláveis. Para facilitar o descarte adequado, a UnB disponibiliza 30 contêineres verdes destinados aos resíduos secos e 42 cinzas para rejeitos e lixo orgânico. Cada uma das faculdades da UnB possui uma quantidade específica de contêineres, planejados com base em estudos técnicos realizados pela Secretaria de Meio Ambiente da UnB (Sema), garantindo a eficiência do sistema de reciclagem (UnBNotícias, 2023)

A reciclagem de resíduos sólidos é uma ação fundamental para reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado. A UnB, por meio do seu programa de reciclagem, vem desempenhando um papel importante na conscientização da comunidade acadêmica sobre a importância dessa prática. Além de gerar renda para as catadoras, a iniciativa contribui para o meio ambiente, já que os materiais recicláveis são separados do lixo comum e destinados à reciclagem. A parte didática é de responsabilidade do Núcleo da Sustentabilidade, enquanto a parte administrativa é da Prefeitura do Campus. As cooperativas são escolhidas por edital de chamada pública e assinatura de termo de compromisso (UnBNotícias, 2016).

Contudo, a iniciativa da UnB não se limita à simples coleta seletiva, mas busca constantemente aumentar a quantidade de resíduos reciclados, contribuindo para uma

gestão ambiental mais sustentável. Os resultados alcançados até o momento demonstram o compromisso da instituição com a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento de práticas ecoeficientes. A Universidade de Brasília aumentou em 68,2% a reciclagem de resíduos sólidos nos últimos seis meses de 2022, em comparação ao ano de 2019 (anterior à pandemia de covid-19). A Secretaria de Meio Ambiente da UnB implementou ações que incentivaram a adesão do público ao descarte correto de lixo, resultando em 25,4 toneladas de metal, papel e plástico recolhidos nesse período. A coleta seletiva e a retirada das lixeiras convencionais também colaboraram para evitar a proliferação de vetores de doenças e a presença de animais nos espaços internos da instituição. (UnBNotícias, 2023).

Além disso, o Parque Científico e Tecnológico da Universidade de Brasília, órgão complementar da UnB, que visa promover a inovação e a conexão entre empresas inovadoras e pesquisadores da universidade, contribui para a transformação do Distrito Federal em um dos grandes centros econômicos do país e polo gerador de alta tecnologia (UnB/PCTec, 2019a). Em parceria com a Secretaria de Desenvolvimento Regional e Urbano do Governo do Distrito Federal, o PCTec da UnB, realizou a 1ª Oficina de Planejamento Estratégico da Rota da Economia Circular do Polo RIDE-DF, visando à redução dos resíduos gerados pelas indústrias e à promoção da sustentabilidade na região. O evento reuniu representantes do Governo Federal, universidades, empresas públicas. Foram abordados os assuntos referentes à Política Nacional de Saneamento e de Resíduos Sólidos; aos desafios do serviço de limpeza urbana; à redução de desperdício de alimentos; à economia circular na indústria brasileira; e à construção civil sem resíduos. (UnB/PCTec, 2019b).

Ainda, de acordo com informações divulgadas no site do PCTec (2023), a Universidade de Brasília oferece uma ferramenta denominada "UnB Pesquisa", baseada em um modelo de inovação tecnológica desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais. Esta ferramenta permite realizar buscas por pesquisadores e suas especialidades de forma simples e rápida.

Por meio do lançamento de nomes ou palavras-chave na plataforma, é possível identificar pesquisadores e mensurar a quantidade de pesquisas realizadas sobre um tema específico. O objetivo da ferramenta é facilitar o acesso público a informações sobre ciência, tecnologia e inovação produzidas pela UnB. De acordo com dados obtidos em uma pesquisa realizada em 05/06/2023, utilizando a palavra-chave "economia circular", constatou-se que ela foi abordada 89 vezes por 16 professores da universidade. (UnB/PCTec, 2023).

Figura 12: Resultados da plataforma PESQUISAR.UnB sobre economia circular.

Última atualização do sistema: 05.06.2023

HOME | INDICADORES | CONTATO | SOBRE

Universidade de Brasília

Procurar

Palavra-chave: ECONOMIA CIRCULAR utilizada 89 vezes por 16 professores

Utilizada por 16 professores Por ordem de relevância (total: 16)

Patricia Guarnieri

Fabricio Oliveira Leitão Sanderson Cesar Macedo Barbalho Grace Ferreira Ghesti

Josivania Silva Farias Andrea Cristina dos Santos Joao Nildo de Souza Vianna Karim Marini Thomé Maria Amélia de Paula Dias Marlon Vinícius Brisola Thiago Montenegro Góes

Elmar Pinheiro do Nascimento Evaldo Cesar Cavalcante Rodrigues Helena Araújo Costa Jose Augusto Leitão Drummond José Márcio Carvalho

Palavras-chave relacionadas

Palavra-chave relacionada é aquela que foi utilizada juntamente com "economia circular"

Alimentos Orgânicos Ações ReSOLVE Biocombustíveis Bioenergia Brasil Circular Economy Coco verde Custos logísticos

Desenvolvimento de novos produtos Design Design Computacional Desperdício de alimentos Ecossistemas circulares Ecossistemas de Inovação Embalagens

Embalagens em geral Governança Indústria 4.0 Inovação Institucionalização Meios de Hospedagem Methodi Ordinatio Plásticos de uso único

Resíduos Sólidos Suinocultura Sustainability Sustentabilidade Teoria institucional acordo setorial agronegócios bio óleo building information modeling

cadeia agroalimentar cadeia de suprimentos ciclos biológicos constructivist market studies cosméticos custos de transação cânhamo economia circular

ecossistemas de negócios ecozinha embalagens sustentáveis estrutura resolve food waste gerenciamento da cadeia de suprimentos isomorfismo

logística reversa methodi ordinatio moda circular potencial sustentável reaproveitamento de resíduos resíduos resíduos eletroeletrônicos soja e milho

tomates orgânicos

Fonte: http://www.pesquisar.unb.br/palavra_chave/economia-circular.

De acordo com a Biblioteca Central da Universidade de Brasília (UnB/BCE), o Repositório Institucional da UnB (RIUnB) é uma importante fonte de inovação para acompanhar os resultados dos estudos realizados na instituição, que tem como objetivo gerenciar e disseminar a produção científica dos professores, pesquisadores, discentes da pós-graduação stricto sensu e técnicos administrativos da UnB em formato digital, permitindo fácil acesso e maior visibilidade da produção científica da UnB.

Com a finalidade de verificar a produção científica sobre o tema da economia circular, foi realizada pesquisa manual no repositório institucional da Universidade de Brasília, a fim de entender como a economia circular pode ser aplicada em diferentes setores e como as organizações podem se adaptar a esse novo modelo de produção. Foram produzidos por pesquisadores docentes e discentes da Universidade de Brasília, 12 estudos, publicados, sendo destes, 05 dissertações, 04 teses de doutorado e 03 artigos, (UnB/BCE, 2023). Elas estão resumidas no quadro a seguir:

Quadro 4: Pesquisa manual da produção científica sobre “economia circular” realizada no repositório institucional da Universidade de Brasília (UnB/BCE, 2023).

Referência	Principais Características	Tipo de Publicação
Chagas (2020)	Discute a importância da utilização eficiente dos recursos naturais pela indústria têxtil, que consome uma grande quantidade de energia globalmente e contribui para o aumento da temperatura. A tese apresentada tem como objetivo analisar as perspectivas da indústria têxtil do estado do Ceará em um contexto de Economia Circular, com o intuito de propor ações que tornem as relações mais circulares e sustentáveis. A pesquisa realizada demonstra que é possível adotar políticas públicas e estratégias que evitem o desperdício e o impacto negativo ao meio ambiente, além de incentivar a participação da sociedade na execução e fiscalização de ações sustentáveis.	Tese de Doutorado (Desenvolvimento Sustentável)
Streit (2022)	Diz que a economia circular é uma oportunidade de negócios que visa maximizar a utilidade dos produtos e seus componentes, por meio de práticas de redução, reutilização, reciclagem e ampliação da vida útil dos materiais. A tese analisa a institucionalização da economia circular de embalagens no Brasil, com a realização de uma revisão integrativa de literatura e entrevistas com 53 stakeholders de diversos setores. Os resultados apontam para a fase inicial de institucionalização da economia circular de embalagens no Brasil, com problemas relacionados ao descarte em lixões, baixos índices de reciclagem e pouca inclusão socioprodutiva do catador. A tese é uma contribuição para a academia e gestores, com recomendações de ações estratégicas e operacionais para construir um sistema sustentável de gestão de resíduos de embalagens.	Tese de Doutorado (Administração)
Cruz (2021)	Apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre a contribuição do Building Information Modelling (BIM) para o desenvolvimento da Economia Circular no ambiente construído, como sendo uma abordagem que busca a utilização de recursos de forma mais eficiente, com redução de desperdícios, reutilização e reciclagem de materiais, além de promover a regeneração de ecossistemas. A revisão aponta que o BIM pode contribuir para a transição circular por meio do suporte às análises circulares, da adaptação computacional, da gestão de bancos de materiais e da viabilização de plataformas de integração da cadeia produtiva do ambiente construído. Porém, ainda existem limitações a serem enfrentadas, principalmente no que se refere à interoperabilidade e à qualidade dos modelos digitais.	Artigo (Cadernos de Arquitetura e Urbanismo)
Faria <i>et al.</i> , (2021)	Analisa a literatura existente sobre o processo de simbiose industrial (SI) e propõe um quadro teórico e analítico comparativo das configurações sociais, econômicas e institucionais da SI. O estudo usou a estrutura analítica institucional (IAD) para analisar os casos de três parques industriais: o distrito industrial de Kalundborg, na Dinamarca; o distrito industrial de Ulsan, na Coreia do Sul; e o distrito industrial de Kwinana, na Austrália. Os resultados indicam que	Artigo (Revista: Sustainability)

	<p>a diversidade de indústrias, a viabilidade econômica das trocas, questões ambientais críticas como impulsionadoras de práticas mais sustentáveis, acordos bilaterais como precursor da SI, engajamento coletivo, confiança, estratégias de comunicação e compartilhamento de informações, um quadro regulatório alinhado em níveis nacional, regional e local, congruência entre ações governamentais e empresariais para criar um ambiente cooperativo e uma estrutura de governança que envolve o governo local, empresas, instituições de P&D e uma entidade coordenadora ou o "champion" são elementos fundamentais em qualquer processo de SI.</p>	
Lacerda (2021)	<p>Discute o custo da logística reversa dos resíduos do coco verde e seus impactos para a economia circular. O estudo destaca a importância da economia circular para a preservação do meio ambiente e para a sustentabilidade das empresas. Além disso, a dissertação aponta a necessidade de aprimorar a gestão da logística reversa dos resíduos do coco verde para a efetivação da economia circular.</p>	Dissertação de Mestrado (Agronegócios)
Pereira (2020)	<p>Propõe repensar a forma como fazemos as coisas, a fim de favorecer a produção e o consumo de forma sustentável. O autor destaca a importância de uma mudança de paradigma, que envolve não apenas as empresas, mas também os consumidores e a sociedade em geral. A dissertação aborda questões relacionadas à economia circular, <i>design</i>, sustentabilidade e consumo consciente, apresentando exemplos de práticas e projetos que podem contribuir para uma transformação positiva.</p>	Dissertação de Mestrado (<i>Design</i>)
Faria (2022)	<p>Analisa o comportamento das organizações em relação ao modelo circular de produção, com base na Simbiose Industrial. A pesquisa destaca a importância da adoção do modelo circular de produção e da implementação de práticas de Simbiose Industrial para a construção de um futuro mais sustentável. A autora busca compreender como o conceito de ecossistema industrial pode ser aplicado na realidade brasileira, a partir de um estudo de caso em uma empresa de reciclagem de alumínio. A pesquisa destaca a importância da cooperação entre empresas para otimização do uso de recursos e minimização de resíduos, e aponta para a necessidade de mudanças estruturais nas organizações para a construção de um futuro mais sustentável.</p>	Tese de Doutorado (Desenvolvimento Sustentável)
Caiado (2020)	<p>Destaca a Economia Circular como uma alternativa viável para combater o consumo e produção insustentáveis e reduzir o desperdício, reutilizar materiais e recuperar resíduos. A pesquisa apresenta um estudo de caso em uma empresa de reciclagem de plásticos, que demonstra os benefícios da Economia Circular em termos ambientais, econômicos e sociais. A intervenção governamental é necessária para enfrentar as falhas do mercado por meio de políticas públicas, como a implementação dos princípios do poluidor-pagador. A Economia Circular pode ser uma solução para mitigar os impactos ambientais negativos decorrentes da produção e consumo excessivo, além de gerar oportunidades de negócios e empregos.</p>	Dissertação de Mestrado (Gestão Econômica do Meio Ambiente)

Paula <i>et al.</i> (2021)	Avaliaram o uso de um composto de resíduos de cozinha produzido em pilhas estáticas como estimulante do crescimento da alface e seu efeito residual na fertilidade do solo. O processo foi eficiente na eliminação de <i>E. coli</i> e o composto apresentou características químicas adequadas para o aproveitamento agrícola. Apesar de reduzir a assimilação líquida de CO ₂ e a condutância estomática nas plantas, observou-se aumentos consistentes na massa seca da parte aérea e da raiz, bem como na projeção da parte aérea, com a dose de 90 t ha ⁻¹ . Conclui-se que o composto de resíduos de cozinha obtido a partir de pilhas estáticas é seguro, recicla nutrientes, estimula o desenvolvimento da alface e tem um efeito residual positivo na fertilidade do solo.	Artigo (Revista Brasileira de Ciências Agrárias)
Oliveira (2021)	Aborda a biotecnologia como uma ferramenta para transformar a cadeia de valor têxtil, apresentando como negócios baseados em biologia têm inovado na indústria de confecções e têxtil. O trabalho é dividido em três eixos: 1) transformação da indústria da moda e as cadeias produtivas têxteis em relação a geração de resíduos sólidos e poluição; 2) desenvolvimento sustentável promovido pelas plataformas da economia circular e bioeconomia; 3) observatório de inovação que prospecta novos negócios baseados em biologia. O estudo de caso da startup SUI Biotecnologia é apresentado, que oferece soluções biofabricadas para a indústria têxtil a partir de pesquisa, desenvolvimento e inovação em biotecnologia. A economia circular é mencionada no artigo como uma plataforma que promove o desenvolvimento sustentável na indústria têxtil e de confecções, sendo possível repensar os modelos de negócio, reduzir a geração de resíduos sólidos e promover a reutilização e reciclagem de materiais têxteis. A bioeconomia, por sua vez, também desempenha um papel importante ao incentivar o uso de recursos biológicos renováveis e a aplicação de processos biotecnológicos na produção têxtil. Essas abordagens contribuem para a inovação na indústria, permitindo a criação de novos negócios baseados em biologia e a adoção de práticas mais sustentáveis.	Dissertação de Mestrado (Administração)
Silva (2022)	Destaca a economia circular como uma alternativa moderna para a gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), otimizando os ciclos de vida dos produtos desde a produção até a gestão de reentrada dos resíduos na cadeia produtiva. A gaseificação de RSU é uma alternativa atrativa para a conversão energética de depósitos de lixo novos e fora de operação, permitindo a recuperação da energia depositada minerando insumos energéticos descartados. O modelo desenvolvido é capaz de simular processos de plantas térmicas com gaseificação integrada e permitiu dimensionar uma planta de ciclo combinado turbina a gás e vapor d'água que disponibiliza até 511 kW de potência elétrica. A tecnologia de gaseificação integrada a ciclo combinado apresenta maior benefício na eficiência de recuperação da energia contida nos resíduos sólidos descartados, quando comparada com outras tecnologias antigas como a incineração direta dos RSUs.	Dissertação de Mestrado (Ciências Mecânicas)

Tanimoto (2010)	Apresenta uma análise sobre a desmaterialização da economia nos países desenvolvidos e seus impactos ambientais nos países emergentes, como o Brasil. Através da ferramenta Análise de Fluxo de Massa (AFM), foi possível identificar que a economia brasileira é composta por 63% de recursos naturais renováveis e 37% de não renováveis, o que se aproxima do eixo da sustentabilidade. No entanto, a dependência da exportação de bens primários, como commodities minerais e da agropecuária, tem impactado negativamente a eficiência financeira da economia brasileira. A pesquisa aponta a necessidade de revisão da política econômica em relação à exploração de recursos naturais e a adoção de medidas para promover a economia circular e sustentável. A AFM é uma ferramenta importante para identificar os principais fluxos da economia e avaliar a eficiência na utilização de recursos, contribuindo para a transição para uma economia mais sustentável.	Tese de Doutorado (Desenvolvimento Sustentável)
-----------------	---	---

Considerando que a economia circular é um tema que ganha cada vez mais espaço na agenda global, com o objetivo de reduzir o desperdício e a poluição, além de maximizar o valor dos recursos (EMF, 2015), de acordo com a pesquisa qualitativa realizada no repositório institucional da UnB (UnB/BCE, 2023), foi constatado um baixo número de estudos publicados sobre a temática e, de acordo com a plataforma “Pesquisar.UnB”, a quantidade de buscas realizadas por pesquisadores também foram poucas, comparadas a outros temas (UnB/PCTec, 2023).

Esse insólito interesse em pesquisas e estudos sobre a economia circular é preocupante, considerando a importância crescente da implementação desse novo modelo, uma vez que a economia circular, segundo Pearce e Turner (1990), está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico visando a redução dos impactos ambientais.

Reconhecendo que essa abordagem é essencial para promover a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais (SANTOS *et al.*, 2004), a UnB vem implementando iniciativas que promovam práticas circulares em sua gestão e operação (UnBNotícias, 2016; (UnBNotícias,2023), porém, no âmbito científico a economia circular ainda não possui muito engajamento (UnB/BCE, 2023; (UnB/PCTec, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em contraste com o modelo linear, a economia circular propõe um ciclo fechado em que os materiais são reutilizados e reciclados, reduzindo significativamente o impacto ambiental e criando um sistema econômico mais resiliente e equilibrado.

Este trabalho apresentou uma visão sobre a relação entre inovação tecnológica e economia circular, procurando compreender os aspectos econômicos necessários para a integração dessas duas áreas, avaliando avanços e desafios, ressaltando casos de sucesso e fracasso, bem como uma visão prospectiva acerca dessa abordagem em escala global e sua implementação no Brasil.

Com base na bibliografia pesquisada, pode-se afirmar que inovação tecnológica é o processo de desenvolvimento e implementação de novas tecnologias, produtos ou serviços que trazem melhorias significativas em relação às soluções existentes.

Essas mudanças técnicas podem afetar diversas áreas, como *design* de produtos, processos de produção e gerenciamento de resíduos. A longo prazo, a implementação desse modelo econômico pode incentivar a criação de novos produtos e serviços. Nesse contexto, é importante que as empresas considerem a adoção de práticas sustentáveis e a economia circular como uma oportunidade para melhorar seus processos e se destacar no mercado.

Assim, foi possível concluir que a inovação tecnológica é uma ferramenta poderosa para impulsionar o desenvolvimento sustentável e trazer benefícios tanto para as empresas quanto para a sociedade em geral. Ao criar tecnologias ou aplicar as existentes de maneira criativa, é possível gerar valor e promover soluções mais eficientes em termos de recursos.

A adoção da economia circular tem se consolidado globalmente, impulsionada pela crescente preocupação com a sustentabilidade empresarial. Diversos países têm se mostrado interessados em pesquisar e aplicar legislações que promovam essa prática. Entre eles, destaca-se a China, que tem sido um grande referencial na temática. Nos Estados Unidos, grandes empresas e estudiosos buscam a circularidade como um novo modelo econômico, e muitos exemplos de modelos de negócios circulares têm surgido a partir de empresas americanas. A União Europeia também se destaca nesse cenário, sendo pioneira em estudos e incentivos para implementação da economia circular. Enfim, vários países interesse na sustentabilidade global e na criação de valor compartilhado para o sucesso dos modelos de negócios circulares.

Embora a implementação da economia circular possa ter um custo inicial para as empresas, muitos estudos mostraram que ela pode trazer benefícios financeiros significativos a longo prazo (Ellen MacArthur Foundation, 2015; Stahel, 2016). A adoção da economia circular pode levar a uma economia mais sustentável e competitiva, com a redução de custos de matérias-primas e energia, a diminuição do desperdício de recursos e da poluição, além de incentivar a inovação tecnológica e o redesenho de produtos para que sejam mais duráveis e fáceis de reparar (Ellen MacArthur Foundation, 2015; Geissdoerfer *et al.*, 2017).

O estudo também identificou a mudança técnica nas instituições que adotaram a economia circular como *expertise* em seu processo de produção. Foi constatado que a adoção de práticas sustentáveis e inovadoras por empresas e organizações é uma oportunidade proporcionada pela economia circular, que visa reduzir o impacto ambiental e promover o desenvolvimento econômico

Vale destacar que a implementação da economia circular é um desafio tecnológico que requer esforços conjuntos para ser implementada com sucesso. O estudo também buscou identificar os avanços e desafios da economia circular enfrentados em sua implementação. Nesse contexto comprovou-se que a economia circular pode ser uma oportunidade para empresas inovarem em seus processos produtivos e gerarem valor compartilhado para a sociedade, mas para isso, é necessário adotar uma abordagem sistêmica e colaborativa, envolvendo diferentes atores, como governo, empresas, instituições de ensino e pesquisa, sociedade civil e consumidores. pesquisa, sociedade civil e consumidores.

Para as empresas que desejam implementar práticas circulares, é importante compreender como funciona a economia circular. Esse modelo apresenta diversos benefícios, tais como o melhor aproveitamento dos recursos naturais, a eliminação de desperdícios na produção, a melhoria no ESG-Environmental, Social and Governance- e imagem das marcas, a oportunidade de gerar novos negócios, o aumento da eficiência operacional, a redução dos impactos ambientais e a redução nos custos de produção. Além disso, a implementação de uma economia circular pode trazer melhorias na reputação da marca e fidelização do cliente, assim como a criação de novas oportunidades de negócios.

Em relação à visão prospectiva da economia circular no Brasil, especialmente na UnB, o estudo identificou que os governos têm papel principal na promoção da economia circular, incentivando as empresas e instituições a adotarem práticas mais sustentáveis, por meio de políticas públicas que ofereçam incentivos financeiros e

infraestrutura adequada. Há urgência na demanda por investimentos em educação e conscientização ambiental, assim como em projetos inovadores, tecnologias e especialistas capacitados para que tanto as empresas quanto a sociedade compreendam a importância da economia circular e se engajem nessa transformação.

No entanto, é necessário enfrentar desafios para adoção da economia circular. É preciso realizar mudanças significativas nos processos de produção e nas cadeias de suprimentos, além da falta de métricas padronizadas para medir o progresso em direção à circularidade. A implementação desse modelo requer colaboração entre organizações e partes interessadas em todos os setores para criar sistemas que possam maximizar o uso de recursos e minimizar o desperdício.

Apesar dos desafios, é necessário disseminar o conceito de economia circular. A maioria das pessoas ainda desconhece essa abordagem inovadora, o que pode dificultar sua adoção. No entanto, os benefícios de longo prazo que a circularidade pode trazer para a economia e para o meio ambiente são inegáveis.

A implementação da economia circular no Brasil requer investimentos em tecnologias avançadas de reciclagem, infraestrutura de coleta seletiva e incentivos financeiros. É essencial que as empresas e instituições adotem práticas de economia circular para tornar a economia mais sustentável e reduzir o desperdício de recursos naturais.

O modelo Triple Helix considera a universidade como um agente indutor de relações entre empresas e governo para promover a produção de novos conhecimentos, tecnologias inovadoras e o desenvolvimento econômico (Anttonen, 2018). O ensino, o conhecimento e estudos na adoção de tecnologias limpas e processos produtivos mais eficientes são fundamentais para alcançar este objetivo (Qu *et al.* (2021).

Portanto, é necessário que empresas, universidades e o governo -Triple Hélix- promovam a produção de novos conhecimentos, tecnologias inovadoras e o desenvolvimento econômico, com o incentivo a pesquisas para superar os desafios tecnológicos, a fim de ampliar a capacidade de reduzir o desperdício e consumo excessivo. A adoção de políticas públicas é crucial para alcançar esse objetivo.

De acordo com os resultados da pesquisa, concluiu-se que a Universidade de Brasília tem potencial de conscientizar a comunidade acadêmica sobre em adotar práticas circulares, bem como incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias e soluções inovadoras que promovam a transição para esse novo modelo econômico. No entanto,

verificou-se que a comunidade acadêmica da UnB, tem realizado poucos estudos científicos, embora esteja empenhada em desempenhar ações sustentáveis.

Diante do contexto apresentado neste trabalho, conclui-se que a economia circular é uma abordagem inovadora e primordial para garantir um futuro mais sustentável para o planeta e para a economia. É notório que a adoção dessa prática traz benefícios tanto para a economia quanto para o meio ambiente, porém, ainda enfrenta barreiras, principalmente no que tange ao seu conhecimento.

Para disseminar essa prática e conscientizar as empresas sobre sua importância e seus benefícios, é indispensável que os governos adotem medidas que incentivem a implementação de práticas sustentáveis, seja por meio de incentivos fiscais, investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias limpas, ou ainda por meio da criação de regulamentações que estimulem a reciclagem e a reutilização de materiais.

Os resultados deste trabalho podem ser úteis para instituições interessadas em adotar práticas circulares e enfrentar os desafios inerentes a essa abordagem inovadora. É importante que as empresas se conscientizem sobre a importância da economia circular e se engajem em práticas sustentáveis para garantir um futuro melhor para o planeta e para a economia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR-HERNANDEZ, G. A.; SIGÜENZA-SANCHEZ, C. P.; DONATI, F.; RODRIGUES, J. F. D.; TUKKER, A. Assessing circularity interventions: a review of EEIOA-based studies. *Journal of Economic Structures*, v. 7, n. 1, p. 14, 2018. DOI:10.1186/s40008-018-0113-3. Acesso em: 30/05/2023.

AMBIEVO. Sobre nós. Recuperamos solos contaminados, 2021. Recuperamos recursos. Recuperamos o futuro. Disponível em: <<https://ambievo.com.br/sobre-nos/>>. Acesso em: 07/04/2023.

ANDERSEN, M. S. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, v. 2, n. 1, p. 133-140, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11625-006-0013-6>>. Acesso em: 20/03/2022.

ANTTONEN, M.; LAMMI, M.; MYKKÄNEN, J.; REPO, P. Circular Economy in the Triple Helix of Innovation Systems. *Sustainability*, 2018. DOI: 10.3390/su10082646. Acesso em: 28/04/2023.

APPLE: Environmental Progress Report, 2023 Disponível em: <https://www.apple.com/br/environment/pdf/Apple_Environmental_Progress_Report_2023.pdf>. Acesso em: 10/03/2023.

ÁRTICO, J. "Economia circular será o Futuro?", p. 84 -93. In: *Gestão 4.0 em Tempos de Disrupção*. São Paulo: Blucher, 2020. ISBN: 9786555500059. Disponível em: <<https://openaccess.blucher.com.br/article-details/03-21995>>. Acesso em: 30/03/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. ABRELPE lança edição 2020 do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Disponível em: <<https://abra.org.br/abrelpe-lanca-edicao-2020-do-panorama-dos-residuos-solidos-no-brasil>>. Acesso em: 04/03/2023.

ASSUNÇÃO, G. A gestão ambiental rumo à economia circular: Como o brasil se apresenta nessa discussão. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, v. 14, n. 2, p. 223 – 231, 2021. DOI:10.20985/1980-5160.2019.v14n2.1543. Acesso em: 30/04/2023.

AU-YONG, M.; PEREIRA, I.; NOGUEIRA, A.; GONÇALVES, R. Êxito, fracasso, marketing e inovação: o caso da Nokia. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação Iberian Journal of Information Systems and Technologies*. Vila Real: INESC TEC, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. v. 2020, n. 17, p. 219-223. 2020. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/85b12e7c95c0b45eefb46eaac586d318/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>>. Acesso em: 01/06/2023.

AZEREDO, N. C. A percepção ambiental dos estudantes do campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília em relação a coleta seletiva. 2019. 46 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Ambientais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/30509/1/2019_NataliaCalhauAzeredo_tcc.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

AZEVEDO, J. A economia circular aplicada no Brasil - Uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. Anais Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015. Disponível em: <https://www.academia.edu/35145546/A_ECONOMIA_CIRCULAR_APLICADA_NO_BRASIL_UMA_ANALISE_A_PARTIR_DOS_INSTRUMENTOS_LEGAIS_EXISTENTES_PARA_A_LOGISTICA_REVERSA>. Acesso em: 20/11/2022.

BERARDI, P.; DIAS, J. O Mercado da economia circular. GV Executivo, v. 17, n. 5, p. 34 – 37, 2018. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/view/77340>>. Acesso em: 20/04/2023.

BERARDI, P.; DIAS, J. O mercado da economia circular. GV-executivo, v. 17, n. 5, p. 34, 2018. DOI: 10.12660/gvexec.v17n5.2018.77340. Acesso em: 30/04/2023.

BESSANT, J., TIDD, J. Inovação e Empreendedorismo. Bookman, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<https://biblioteca.itl.org.br/cgi-bin/koha/opac-imageviewer.pl?biblionumber=1184>>. Acesso em: 23/05/2023.

BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. Journal of Industrial Ecology, v. 21, n. 3, p. 603 – 614, maio 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12603>>. Acesso em: 13/11/2022.

BMW Group. (2021). Sustentabilidade: O nosso compromisso. Disponível em: <<https://www.bmwgroup.com/pt/sustentabilidade.html>>. Acesso em: 07/04/2023.

BOCKEN, N.; MILLER, K.; WEISSBROD, I.; HOLGADO, M.; EVANS, S. Business model experimentation for circularity: Driving sustainability in a large international clothing retailer. Economics and Policy of Energy and the Environment, v. 2017, n. 1, p. 85-122, 2017. DOI:10.3280/EFE2017-001006. Acesso em: 24/05/2023.

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm>. Acesso em: 30/01/2023.

BRASIL. Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111196.htm>. Acesso em: 30/01/2023.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 15/01/2023.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA, 2021) e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jan. 2021. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm>. Acesso em: 15/01/2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. Assistência Técnica CTCN/UNIDO – Roadmap de economia circular. Brasília: MCTI, 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2021/06/mcti-publica-roadmap-de-economia-circular-em-parceria-com-ctcn-das-nacoes-unidas>>. Acesso em: 07/01/2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. MCTIC, 2021a. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/o-ministerio>>. Acesso em: 07/01/2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Rota da economia circular: Promovendo o Desenvolvimento Regional Sustentável. Brasília: (MDR, 2021). Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-regional/rotas-de-integracao-nacional/rota-da-economia-circular>>. Acesso em: 07/01/2023.

BRASIL. Senado Federal. Comissão de Assuntos Econômicos, 2023. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/148583>. Acesso em: 03/06/2023.

BRASIL. Senado Federal. Projeto de Lei nº 1874, de 2022. Institui a Política Nacional de Economia Circular e dá outras providências. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/148583>. Acesso em: 03/06/2023.

CAIADO, T. M. From grave to cradle: economics and circularity towards sustainable consumption and production. 2020. 110 f., il. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/40745/1/2020_TatianaMarinsCaiado.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

CAO, J.; CHEN, X.; WU, S.; KUMAR, S. Evolving remanufacturing strategies in China: an evolutionary game theory perspective. *Environment, Development and Sustainability*, p. 14287 – 14853, 2021. Disponível em: DOI:10.1007/s10668-021-01274-7. Acesso em: 16/04/2023.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. Mode 3 and Quadruple Helix: toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, v. 51, n. 1-2, p. 1-21, 2010. DOI:10.1504/IJTM.2009.023374. Acesso em: 04/03/2023.

CEBRI - CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS (2020). Economia circular: Os desafios do Brasil. Disponível em: <https://www.cebri.org/media/documentos/arquivos/CEBRI_Michelin.pdf>. Acesso em: 15/01/2023.

CEPTUREANU, S.; CEPTUREANU, E.; MURSWIECK, R. G. D. Perceptions of circular business models in SMEs. *Amfiteatru Economic*, v. 20, n. 48, p. 310-324, 2018. DOI:10.24818/EA/2018/48/310. Acesso em: 27/04/2023.

CEZANE, F. A.; TIOSSI, F. M. A eficiência do Triple Helix na gestão da inovação em políticas públicas: um estudo comparativo entre Brasil e Portugal. *Unifunec Científica Multidisciplinar.*, v.10, n.12, 2021. ISSN 2763-5783. Disponível em: <<https://seer.unifunec.edu.br/index.php/rfc/article/view/4445>>. Acesso em: 20/01/2023.

CHAGAS, M. J. R. Perspectivas da indústria têxtil cearense em um contexto de economia circular: uma investigação de relações sustentáveis. 2020. 130 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/40548/1/2020_MiltonJarbasRodriguesChagas.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

COCA-COLA. Sustentabilidade, 2021. Disponível em: <<https://www.cocacolabrazil.com.br/sustentabilidade>>. Acesso em: 07/03/2023.

COHEN, J.; GIL, J. An entity-relationship model of the flow of waste and resources in city-regions: Improving knowledge management for the circular economy. *Resources, Conservation and Recycling Advances*, v12 ,2021. DOI:10.1016/j.rcradv.2021.200058. Acesso em: 22/05/2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Desempenho do Brasil no índice global de inovação 2011-2017, 2017. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/8/desempenho-do-brasil-no-indice-global-de-inovacao-2011-2017/>>. Acesso em: 23/04/2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Economia circular é adotada por mais de 76% das indústrias brasileiras, mas maioria não sabe que práticas se enquadram no conceito, 2019. Disponível em: <<https://www.cni.com.br/portal/Noticias/Paginas/NoticiasIndustriaDetalhe.aspx?noticia=4029>>. Acesso em: 16/12/2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Economia Circular: entenda o que é, suas características e benefícios, s.d. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/economia-circular>>. Acesso em: 30/06/ 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Economia circular. Caminho Estratégico para Indústria Brasileira. 2020. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/72/49/724946de-24a6-44c7-b6c1-99b9522e696b/circuly_economy_strategic_path_for_brazilian_industry.pdf>. Acesso em: 03/12/2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Economia circular: Oportunidades e Desafios para a Indústria Brasileira, 2018. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/2f/45/2f4521b9-d1eb-44f7-b501-cda01254738a/miolo_economia_circular_pt_web.pdf>. Acesso em 29/10/2022.

CRUZ, V. F.; GÓES, T. M. Contribuição do BIM para o desenvolvimento da Economia Circular no ambiente construído: uma revisão sistemática da literatura. v. 1, n. 30, Brasília, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/42604/1/ARTIGO_ContribuicaoBIMDesenvolvimento.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

DALY, H. B. G. *The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press, Boston, 1996. Disponível em: <<https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1597628>>. Acesso em: 23/11/2022>. Acesso em: 12/05/2023.

DE JESUS, A.; MENDONÇA, S. Lost in transition? drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy. *Ecological Economics*,v145 ,2018. DOI:10.1016/j.ecolecon.2017.08.001. Acesso em: 11/05/2023.

DEV, N. K.; SHANKAR, R.; QAISER, F. H. Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, v153 ,2020. DOI:10.1016/j.resconrec.2019.104583. Acesso em: 14/05/2023.

DOMENECH, T.; BAHN-WALKOWIAK, B. Transition towards a resource efficient circular economy in europe: Policy lessons from the EU and the member states.*Ecological Economics*,v155 ,2019. DOI:10.1016/j.ecolecon.2017.11.001. Acesso em: 17/05/2023.

DOSI, G. *Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores*. Editora Unicamp, 2006. Disponível em: <<https://indicalivros.com/livros/mudanca-tecnica-e-transformacao-industrial-giovanni-dosi#:~:text=Obra%20que%20comporta%20pelo%20menos%20duas%20leituras%20distintas%2C,por%20uma%20valiosa%20reconstru%C3%A7%C3%A3o%20hist%C3%Brica%20desse%20mesmo%20desenvolvimento>>. Acesso em: 13/12/2022.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinates and directions of technical changes. *Research Policy*, v.11, n.3, p.147-162, 1982. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0048733382900166>>. Acesso em: 07/12/2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *A Circular Economy in Brazil: An initial exploratory approach*. Product of the collective intelligence of the members of the CE100 Brasil network. (EMF, 2017). Disponível em: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf>. Acesso em: 03/12/2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *Towards the Circular Economy: the business rationale for accelerating the transition*. (EMF, 2015). Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition#:~:text=Towards%20a%20Circular%20Economy%3A%20Business%20Rationale%20for%20an,the%20environment%2C%20and%20how%20we%20might%20get%20there>>. Acesso em: 03/12/2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Philips: Circular Economy. Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/pioneering-circularity-in-the-healthcare-industry-royal-philips>>. (EMF, 2023) Acesso em: 03/12/2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. The new plastics economy rethinking the future of plastics & catalysing action. (EMF, 2016). Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics-and-catalysing>>. Acesso em: 03/12/2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the circular economy - Vol. 1: Economic and business rationale for an accelerated transition. Isle of Wight: (EMF, 2012). Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>>. Acesso em: 03/12/2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Unlocking opportunities through public-private collaboration: using the EU's Innovation Deal mechanism. (EMF, 2021). Disponível em: <<https://emf.thirdlight.com/file/24/RrpCWLERrluTPg4RrwTLR7dK8CL/%5BPT%5D%20Case%20Studies%20-%20Innovation%20Deal%20for%20a%20Circular%20Economy.pdf>>. Acesso em: 03/12/2023.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000. DOI:10.1016/S0048-7333(99)00055-4. Acesso em: 30/04/2023.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The Triple Helix—University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *EASST Review*, 14(1), 14-19, 1995. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2480085>. Acesso em: 04/05/2023.

EUROPEAN COMMISSION. Towards a circular economy: a zero-waste programme for Europe. Bruxelas: (COM, 2014). Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52014DC0398>>. Acesso em: 29/01/2023.

EUROPEAN COMMISSION: A new Action Plan for the Circular Economy (COM, 2020) Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>>. Acesso em: 12/12/2022.

EUROPEAN PARLIAMENT: Circular economy: definition, importance and benefits (EU, 2023) Disponível em: <<https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>>. Acesso em: 20/06/2023.

FARIA, E. Do cluster ao ecossistema industrial: uma análise do comportamento das organizações em direção a um modelo circular de produção sob a lente da Simbiose Industrial. 2022. 192 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/41504/1/ARTIGO_SocialEconomicInstitucional.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

FARIA, E.; CALDEIRA-PIRES, A.; BARRETO, C. Social, economic, and institutional configurations of the industrial symbiosis process: a comparative analysis of the literature and a proposed theoretical and analytical framework. *Sustainability*, v. 13, 7123, 2021. DOI:10.3390/su13137123. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/43865/1/2022_EmiliadeOliveiraFaria.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ: A economia circular que está ganhando o mundo e já tem boas iniciativas no Brasil, (FIEP, 2017). Disponível em: <<https://www.fiepr.org.br/observatorios/agroalimentar/a-economia-circular-queesta-ganhando-o-mundo-e-jia-tem-boas-iniciativas-no-brasil-1-21871-360291.shtml>>. Acesso em: 16/05/2023.

FLEX. Flex no Brasil, 2019. Disponível em <<https://flex.com/pt/locations/brazil>>. Acesso em /03/04/2023

FONTGALLAND, I. L. Economia circular e consumo sustentável. Campina Grande: Amppla, 2022. 86 p. ISBN 978-65-5381-017-4. Disponível em: <<https://ampplaeditora.com.br/publicacoes/2828/>>. Acesso em: 15/11/2022.

FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T. Economia circular e Resíduos Sólidos: Uma Revisão Sistemática sobre a Eficiência Ambiental e Econômica. Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, p. 1 – 17, 12 2016. ISSN 2359-1048. Disponível em: <<https://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/115.pdf>>. Acesso em: 07/11/2022.

FRACCASCIA, L. The impact of technical and economic disruptions in industrial symbiosis relationships: An enterprise input-output approach. *International Journal of Production Economics*, v213, 2019. DOI:10.1016/j.ijpe.2019.03.020. Acesso em: 07/06/2023.

GAWEL, A. 4 key steps towards a circular economy. World Economic Forum Annual Meeting, p. 1 – 5, 02 2019. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2019/02/4key-steps-towards-a-circular-economy>>. Acesso em: 12/12/2022.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, pp. 757–768, 2017. DOI:10.1016/j.jclepro.2016.12.048. Acesso em: 09/05/2023.

GHISELLINI, P., CIALANI, C., ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615012287>> Acesso em: 07/03/2023.

GEJER, L.; TENNENBAUM, C. Ciclo Técnico e Ciclo Biológico. *Ideia Circular*, 2017. Disponível em: <<https://ideiacircular.com/ciclo-tecnico-e-ciclo-biologico>>. Acesso em: 25/06/2023.

GONÇALVES, T.; BARROSO, A. F. A economia circular como alternativa à economia linear. Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, v. 11, n. 1, p. 265-272, 2019. ISSN 2447-0635. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12561/2/EconomiaCircularAlternativa.pdf>> Acesso em: 18/06/2023.

HAAS, W.; KRAUSMANN, F.; WIEDENHOFER, D.; HEINZ, M. How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European union and the world in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765–777, 2015. DOI:10.1111/jiec.12244. Acesso em: 15/05/2023.

HP. Relatório de Impacto Sustentável, 2021. Disponível em: <<https://h20195.www2.hp.com/v2/GetDocument.aspx?docname=c07664314>>. Acesso em: 20/03/2023.

IDEIA CIRCULAR. 28 estudos de caso: design e inovação para a economia circular no Brasil e no mundo. São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://www.ideiacircular.com/estudos-de-caso-economia-circular>>. Acesso em: 25/06/2023.

INOVAÇÃO SEBRAE MINAS. Lixo eletrônico: soluções inovadoras para o descarte. Inovação Sebrae Minas, 2017. Disponível em: <<https://inovacaosebraeminas.com.br/lixo-eletronico-solucoes-inovadoras-para-o-descarte/>>. Acesso em: 08/06/2023.

IRITANI, D. Economia Circular - 50 estudos de casos sobre economia circular, 2020 Disponível em: <<https://www.upcyclebrasil.com.br/ebook-economia-circular/>> Acesso em: 07/03/2023.

KEMP, R.; SOETE, L. The greening of technological progress: an evolutionary perspective. *Futures*, v. 24, n. 5, p. 437-457, 1992. Doi:10.1016/0016-3287(92)90015-8. Acesso em: 18/06/2023.

KIRCHHERR, J.; PISCICELLI, L.; BOUR, R.; KOSTENSE-SMIT, E.; MULLER, J.; HUIBRECHTSE-TRUIJENS, A.; HEKKERT, M. Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics*, v. 150, p. 264– 272, 2018. DOI:10.1016/j.ecolecon.2018.04.028. Acesso em: 12/05/2023.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 121 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 127, p. 221– 232, 2017. DOI:10.1016/j.resconrec.2017.09.005. Acesso em: 07/05/2023.

KUMAR, V., SEZERSAN, I., GARZA-REYES, J. A., GONZALEZ, E., AL-SHBOUL, M. A. Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers. *Emerald Insight*, 2019. DOI:10.1108/MD-09-2018-1070. Acesso em: 29/04/2023.

LACERDA, M. O custo da logística reversa dos resíduos do coco verde e seus impactos para a economia circular. 2021. 120 f., il. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/41220/1/2021_MoniqueSilvaLacerda.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting, v. 1, n. 2, p. 1 – 23, 09 2015. ISSN 2183-3826. Disponível em: <<http://u3isjournal.isvoug.pt/index.php/PJFMA/article/view/114>>. Acesso em: 16/03/2023.

LUZ, B.(org.) Economia circular Holanda - Brasil: da teoria à prática 1. ed. FIRJAN. Rio de Janeiro. Exchange 4 Change Brasil 2017. Disponível em: <https://e4cb.com.br/wp-content/uploads/2021/06/Livro-EC-Holanda-Brasil_E4CB_May-2017.pdf?utm_source=Site+E4CB&utm_medium=Livro+EC+Holanda+Brasil&utm_campaign=Livro+EC+Portugua%C3%AAs>. Acesso em: 15/03/2023.

MAPFRE. Sustentabilidade. Disponível em: <<https://www.mapfre.com/pt-br/actualidade/sustentabilidade/economia-circular-obstaculos/>>. Acesso em: 08/02/2023.

MAZZUCATO, M.; TANCIONI, M. Innovation and Economic Growth: A Review of the Literature. Report prepared for the European Commission, DG Enterprise and Industry. Bruxelas, 2012. DOI: DOI:10.1093/ICC/DTN024. Acesso em: 11/01/2023.

MENDOZA, J. M. F.; GALLEGOS-SCHMID, A.; AZAPAGIC, A. Building a business case for implementation of a circular economy in higher education institutions. Journal of Cleaner Production, p. 553 – 567, jan. 2019. DOI: Acesso em: 01/05/2023.

MURRAY, A., SKENE, K., & HAYNES, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. Journal of Business Ethics, 140(3), 369–380. DOI:10.1007/s10551-015-2693-2. Acesso em 03/06/2023.

NAÇÕES UNIDAS (ONU). "Circular economy can help countries fight climate change", 2019. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/82215-economia-circular-pode-ajudar-pa%C3%ADses-combater-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas-diz-relat%C3%B3rio>>. Acesso em: 24/11/2022.

NAÇÕES UNIDAS (ONU). Agenda 2030. Nova Iorque, Estados Unidos, 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em: 24/01/2023.

NESPRESSO, 2021. Sustentabilidade. Disponível em: <<https://www.nespresso.com/br/pt/sustentabilidade>> Acesso em: 07/03/2023.

NOKIA. Circular Products and Services. Ensure that your network evolution is sustainable, 2023. Disponível em: <<https://www.nokia.com/networks/services/circular-products-and-services/#circular-services>>. Acesso em: 09/05/2023.

NOKIA. Our History, 2020. Disponível em: <<https://www.nokia.com/about-us/whatwe-do/our-history/?fbclid=IwAR122j-ryvF9LpCIIwLabcN2I0IYzAorXRT6XpkptO>>. Acesso em: 09/05/2023.

OGHAZI, P., MOSTAGHEL, R. Circular business model challenges and lessons learned- An industrial perspective. Sustainability. Switzerland, 2018. DOI:10.3390/su10030739. Acesso em: 22/04/2023.

OHDE, C.; MATTAR, H.; REDONDO, J.; CARVALHO, T. C. M. B.; COSTA, M.; VIEIRA, M.; MATSUBAYASHI, R. Economia circular: um modelo que dá impulso à economia, gera empregos e protege o meio ambiente. São Paulo: Netpress Books, 287p., 2018.

OLÁH, J.; NOVOTNÁ, A.; SARIHASAN, I.; ERDEI, E.; POPP, J. Examination of The Relationship Between Sustainable Industry 4.0 and Business Performance. Journal of Competitiveness, p. 25 – 43, 2022. DOI:10.7441/joc.2022.04.02. Acesso em: 09/04/2023.

OLIVEIRA, Carolina Roberte de. A Biotecnologia como Ferramenta de Inovação para a Indústria Têxtil e de Confecções: Estudo de caso SUI. 2021. 127 f., il. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/42365/1/2021_CarolinaRobertedeOliveira.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). Greening with jobs: World Employment and Social Outlook, 2018. Disponível em: <<https://www.ilo.org/weso-greening/#Close-Stats>>. Acesso em: 19/04/2023.

PANIGRAHI, A.; JOSHI, V.D. FAILURE OF NOKIA - Lessons from Losers. In book: Emerging Issues in Business Management. New Delhi: National Press Associates, 2020. P. 155-160. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343361872_FAILURE_OF_NOKIA_-_LESSONS_FROM_LOSERS>. Acesso em: 09/05/2023.

PAULA, A. M.; CHAGAS, J. K. M.; SÉRVULO, A. C. O.; FACHINI, J.; BUTRUILLE, N.-M. dos S.; MÉNDEZ, D. F.; BUSATO, J. G. Kitchen waste compost increases lettuce growth and shows residual effect on soil fertility. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 16, Recife, v.16, n.2, e397, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v16i3a397>. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/42469/1/ARTIGO_KitchenWasteCompost.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. Economics of natural resources and environment. Harvester Wheasheaf, UK, Londres, 1990. DOI:10.2307/1242904. Acesso em: 28/04/2023.

PEREIRA, L. C. F. O *Design* para a Economia Circular, repensando a forma como fazemos as coisas. 2020. 153 f., il. Dissertação (Mestrado em *Design*) -Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/40304/1/2020_LuizCarlosFernandesPereira.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

PETERSON, H. M.; BAKER, L. A.; AGGARWAL, R. M.; BOYER, T. H.; CHAN, N. I. A transition management framework to stimulate a circular phosphorus system. Environ

Dev Sustain, p. 1713 – 1737, 2022. DOI:10.1007/s10668-021-01504-y. Acesso em: 08/04/2023.

PLATFORM FOR ACCELERATING THE CIRCULAR ECONOMY (PACE). The Circularity Gap Report: Closing the Circularity Gap in a 9% World. World Economic Forum, 2019. Disponível em: <https://www.legacy.circularity-gap.world/_files/ugd/ad6e59_ba1e4d16c64f44fa94fbd8708eae8e34.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

POMPONI, F.; MONCASTER, A. Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 710-718, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616321102>>. Acesso em: 13/03/2023.

PORTER, M. E. *Competitive strategy – Techniques for analyzing industries and competitors*. New York, 1980. Disponível: <https://hollis.harvard.edu/primo-explore/fulldisplay?docid=01HVD_ALMA211776723850003941&context=L&vid=HVD2&lang=en_US&search_scope=everything&adaptor=Local%20Search%20Engine&isFrbr=true&tab=everything&query=lsr01%2Ccontains%2C000857306>. Acesso em: 20/01/2023.

PORTER, M. E.; LINDE, C. V. Green and Competitive: ending the stalemate. *Harvard Business Review*. v.73, n. 5, p.120-134, 1995. Disponível em: <<https://hbr.org/1995/09/green-and-competitive-ending-the-stalemate>>. Acesso em: 20/03/2023.

PÔRTO JR, G. (org.). *PESQUISA EM INOVAÇÃO: Múltiplos olhares rumo a uma convergência formativa*. Palmas, EDUFT, 124p, 2019. ISBN 978-85-60487-67-7. Disponível em: <<http://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/1342/1/Pesquisa%20em%20inova%20a7%20a3o%20multiplos%20olhares%20rumo%20a%20uma%20converg%20aanci%20formativa.pdf>>. Acesso em: 05/02/2023.

QU, D.; SHEVCHENKO T.; SAIDANI, M., YUANYUAN X. Transition Towards a Circular Economy: The Role of University Assets in The Implementation of a New Model. *Detritus*, v. 17, p. 3 – 14, 2021. DOI:10.31025/2611-4135/2021.15141. Acesso em: 02/05/2023.

RAMAKRISHNA, S. NGOWI, A., JAGER, H., AWUZIE, B. Emerging Industrial Revolution: Symbiosis of Industry 4.0 and Circular Economy: The Role of Universities. *Science, Technology & Society*, p. 505 – 525, 2020. Disponível em: <<https://sci-hub.hkvisa.net/10.1177/0971721820912918>>. Acesso em: 18/03/2023.

RAMOS, C., ZILBER, M., FREITAS, L., LHAMA, P. Economia circular como Caminho para Inovação e Sustentabilidade. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, v. 5, n. 3, p. 242 – 259, 2020. ISSN 2448-2889. Disponível em: <https://www.academia.edu/71010314/Economia_Circular_Como_Caminho_Para_Inova%20C3%A7%C3%A3o_e_Sustentabilidade>. Acesso em: 13/03/2023.

RANTA, V., AARIKKA-STENROOS, L, MÄKINEN, S. Creating value in the circular economy: A structured multiple-case analysis of business models. Finlândia, 2018. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.08.072. Acesso em: 01/06/2023.

REIS, F. B.; FERNANDES, P. R. B. A reutilização de resíduos sólidos na economia circular: estudo de caso no mercado de calçadista. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 48456 – 48470, 2021. ISSN 2525-8761. DOI:10:34117/bjdv7n5-311. Acesso em: 21/06/2023.

RENALT GROUP. Environment - circular economy. Renault Group, 2023. Disponível em: <<https://www.renaultgroup.com/en/our-commitments/environment-circular-economy>>. Acesso em: 25/06/2023.

RIBEIRO, F.; KRUGLIANSKAS, I. A economia circular no contexto europeu: conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos. 2014, Anais. São Paulo: FEA/USP, 2014. Disponível em: <<http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/473.pdf>>. Acesso em: 08/02/2023.

RODRIGUES, M. BRAGALIA; CASTRO, GONÇALVES; C. MASCARENHAS, J. "Fatores de Sucesso em Modelos de Negócios Circulares: Uma Revisão Sistemática", p. 424-439, 2021. In: Anais do 13º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto. São Paulo: Blucher, 2021. ISSN 2357-7592, Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/36879>>. Acesso em: 30/03/2023.

ROYAL SOCIETY OF ARTS. Investigating the role of *design* in the circular economy. The Great Recovery Project - Report 01 Revisited. Londres: RSA, 2014. Disponível em <<https://www.thersa.org/reports/the-great-recovery-exec-summary>>. Acesso em: 02/03/2023.

SAAVEDRA, Y. M. B., IRITANI, D. R., PAVAN, A. L. R., & OMETTO, A. R. (2018). Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. Journal of Cleaner Production, 170, 1514–1522. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617321728>>. Acesso em: 05/03/2023.

SANTOS, A.; AGNELLI, J.A.; MANRICH, S. Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas. polímeros: ciência e tecnologia, v. 14, N° 5, P. 307-312, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/po/a/pygZmYqm3yhzqVTzhwXvrNb/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 12/05/2023.

SCHNEIDER ELECTRIC. (2021). Sustainability. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/about-us/sustainability.jsp>>. Acesso em: 07/02/2023.

SCHRÖDER, P.; ALBALADEJO, M.; RIBAS P.A; MACEWEN, M.; TILKANEN, J. La economía circular en América Latina y el Caribe Oportunidades para fomentar la resiliência. Programa de Energía, Medio Ambiente y Recursos, 2020. Disponível em <<https://www.chathamhouse.org/2020/09/circular-economy-latin-america-and-caribbean/01-introduction>>. Acesso em: 07/03/2023.

SCHUMPETER, J. A. A Teoria do Desenvolvimento Econômico. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SCHUMPETER, J. A. Capitalismo, Socialismo e Democracia. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

SECCHI, L. Políticas públicas: conceitos, esquemas de análise, casos práticos. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 133p. ISBN 9788522110797. DOI:10.1590/S1415-65552011000600017. Acesso em:

SEGATTO-MENDES, A. P.; SBRAGIA, R. O processo de cooperação Universidade Empresas em universidades brasileiras. 2001. Disponível em: <<http://rausp.usp.br/download.asp?file=V3704058.pdf>>. Acesso em 10 ago. 2020.

SEHNEM, S.; PEREIRA, S. C. F. Rumo à economia circular: Sinergia Existente entre as Definições Conceituais Correlatas e Apropriação para a Literatura Brasileira. Revista Eletrônica de Ciência Administrativa, 18(1), 35–62, 2019. DOI:10.21529/recadm.2019002. Acesso em: 10/05/2023.

SILVA, J. Modelo numérico para análise de gaseificação integrada a ciclo combinado para recuperação da energia de resíduos sólidos urbanos. 2022. 120 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/43668/1/2022_JacksonCostadaSilva.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

SILVEIRA, R. M. C. F. inovação tecnológica na Visão dos Gestores e Empreendedores de Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica do Paraná (IEBT-PR): Desafios e Perspectivas para a Educação Tecnológica. Tese de doutoramento. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89600/247318.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20/03/2003.

STAHEL, W. Jobs for tomorrow, the potential for substituting manpower for energy. Report to the Commission of the European Communities, Brussels, and Vantage Press, New York, 1981. Disponível em: <https://openlibrary.org/books/OL21510379M/Jobs_for_tomorrow>. Acesso em: 08/02/2023.

STAHEL, W. The Circular Economy. Nature, 2016. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/531435a>>. Acesso em: 26/02/2023.

STAHEL, W. The Performance Economy, 2ª. Ed., Springer, 2010. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Oh5-DAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=-2ymSm2afD&sig=x78d9uTOQdxNQ9qgKaCTqzjQ5is&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 25/03/2023.

STREIT, J. A institucionalização da economia circular de embalagens em geral no Brasil. 2022. 329 f., il. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em:

<repositorio.unb.br/bitstream/10482/44033/1/2022_JorgeAlfredoCerqueiraStreit.pdf>.
Acesso em: 05/06/2023.

SUKIENNIK, M., ZYBAŁA, K., FUKSA, D., KESEK, M. (2021) The Role of Universities in Sustainable Development and Circular Economy Strategies. *Energias*, 2021, DOI: 10.3390/en14175365. Acesso em: 27/04/2023.

TANIMOTO, Armando Hirohumi. A economia medida pela Análise de Fluxo de Massa (AFM): a desmaterialização da economia nos países desenvolvidos sustentada pelos recursos naturais dos países emergentes, a exemplo do Brasil. 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) -Universidade de Brasília, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/6946/1/2010_ArmandoHirohumiTanimoto.pdf>. Acesso em: 05/06/2023.

TARGINO, M. (1995). Novas tecnologias de comunicação: mitos, ritos ou ditos. *Ciência da Informação*, [S. l.], v. 24, n. 2, 1995. DOI: 10.18225/ci.inf.v24i2.586. Disponível em: <<https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/586>>. Acesso em: 14/11/2022.

TEIXEIRA, C. H. S. B.; TEIXEIRA, R. L. P. Convergências da economia circular e as Práticas da Indústria 4.0. *Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA)*, Miami, v. 16, n. 2, p. 1 – 19, 06 2022. ISSN 1981-982X. DOI:10.24857. Acesso em: 29/04/2023.

TIOSSI, F. M.; SIMON, A. T. (2021). Economia circular: suas contribuições para o desenvolvimento da Sustentabilidade, *Curitiba*, v. 7, n. 2, p. 11912 – 11927, 2021. ISSN 2525-8761. Acesso em: 29/04/2023.

TUKKER, A. Product services for a resource-efficient and circular economy – a review. *Journal of Cleaner Production*, v.97, p.76-91, 2015. DOI:10.1016/j.jclepro.2013.11.049. Acesso em: 17/04/2023.

TURA, N.; HANSKI, J.; AHOLA, T.; STÄHLE, M.; PIIPARINEN, S.; VALKOKARI, P. (2019). Unlocking circular business: A framework of barriers and drivers. *Journal of Cleaner Production*, v. 212, p. 90–98, 2019. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.11.202. Acesso em: 20/05/2023.

TÜRKELI, S., KEMP, R.; HUANG, B.; BLEISCHWITZ, R.; MCDOWALL, W. Circular economy scientific knowledge in the European Union and China: A bibliometric, network and survey analysis (2006–2016). *Volume 197, Part 1, Pages 1244-1261*, 2018. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.06.118. Acesso em: 19/04/2023.

UNEVEN EARTH. How circular is the circular economy? Estados Unidos, 2018. Disponível em: <<http://unevenearth.org/2018/11/how-circular-is-the-circular-economy/>>. Acesso em: 10/04/2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Biblioteca Central. Repositório Institucional UnB/BCE, s.d. Disponível em: <<https://bce.unb.br/bibliotecas-digitais/repositorio/>>. Acesso em: 03/03/2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Biblioteca Central. Repositório Institucional UnB/BCE, 2023 Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/simple->

search?location=%2F&query=%22economia+circular%22&rpp=10&sort_by=score&order=desc>. Acesso em: 05/06/2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares. UnB/CEAM, 2022. Disponível em: <<https://ceam.unb.br/ceam-comunica/divulgacoes/121-nestra-nucleo-de-estudos-estrategicos-convida>>. Acesso em: 30/05/2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Coleta Seletiva Solidária gera renda para catadoras. UnBNotícias, 2016. Disponível em: <https://www.noticias.unb.br/publicacoes/77-2016/2599-coleta-seletiva-solidaria-gera-renda-para-cadoras>. Acesso em: 03/03/2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Em seis meses, UnB aumenta reciclagem em 68,2%. UnBNotícias, 2023. Disponível em: < <https://noticias.unb.br/76-institucional/6304-em-seis-meses-unb-aumenta-reciclagem-em-68-2> >. Acesso em: 03/06/2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. UnB, s.d. Disponível em: <<https://unb.br/a-unb/historia>>. Acesso em: 03/03/2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. UnB/PCTec, 2019a. Disponível em: <<https://pctec.unb.br/institucional/sobre>>. Acesso em: 05/06/2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. UnB/PCTec, 2019b. Disponível em: <<https://pctec.unb.br/destaques/96-1-rota-ride>>. Acesso em: 05/06/2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. UnB/PCTec, 2023. Disponível em: <http://www.pesquisar.unb.br/palavra_chave/economia-circular>. Acesso em: 05/06/2023.

VALENZUELA, BÖHM. Against wasted politics: A critique of the circular economy. *ephemera: theory & politics in organization*, v. 17, n. 1, p. 23 – 60, 2017. ISSN 1473-2866. Disponível em: <<https://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/30441/>>. Acesso em: 14/02/2023.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD, 2019). *A New Circular Vision for Electronics: Time for a Global. Reboot*, 2019. Disponível em: <https://docs.wbcsd.org/2019/01/A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf> Acesso em: 10/03/2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. This Dutch company is showing us how a circular economy is possible. *World Economic Forum*, p. 1 – 5, 10 2019. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2019/10/this-dutch-company-makes-environmentally-friendly-paint/#:~:text=The%20Dutch%20are%20well%20known%20for%20producing%20master,has%20made%20paint%2C%20oil%20and%20varnish%20since%201938>>. Acesso em: 03/02/2023.