

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

Juliana Leão Wobeto

**BENEFÍCIOS PARA EMPRESAS, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE ADVINDOS
DA IMPLANTAÇÃO DO MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR**

Florianópolis

2020

Juliana Leão Wobeto

**BENEFÍCIOS PARA EMPRESAS, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE ADVINDOS
DA IMPLANTAÇÃO DO MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR**

Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) de Graduação em Economia do Centro Socioeconômico da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Título de Bacharel em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Alvim da Silva

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Wobeto, Juliana Leão
BENEFÍCIOS PARA EMPRESAS, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE
ADVINDOS DA IMPLANTAÇÃO DO MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR /
Juliana Leão Wobeto ; orientador, Valdir Alvim da Silva,
2020.
68 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio
Econômico, Graduação em Ciências Econômicas, Florianópolis,
2020.

Inclui referências.

1. Ciências Econômicas. 2. Economia Circular. 3.
Inovação. 4. Internet das Coisas. 5. Meio Ambiente. I.
Silva, Valdir Alvim da. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Ciências Econômicas. III. Título.

Juliana Leão Wobeto

**BENEFÍCIOS PARA EMPRESAS, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE ADVINDOS
DA IMPLANTAÇÃO DO MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR**

Florianópolis, 04 de dezembro de 2020.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Valdir Alvim da Silva, Dr.
Instituição CNM/UFSC

Prof. Fábio Pádua dos Santos, Dr.
Instituição CNM/UFSC

Prof^a Vivian Garrido, Dra.
Instituição CNM/PPGECO/UFSC

Certifico que esta é a **versão original e final** do Trabalho de Conclusão de Curso que foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Economia por mim e pelos demais membros da banca examinadora.

Prof. Valdir Alvim da Silva, Dr.
Orientador(a)

Florianópolis
2020.

AGRADECIMENTOS

Com gratidão, agradeço aos meus pais por todo apoio nessa jornada que foi estudar na Universidade Federal de Santa Catarina.

RESUMO

A presente pesquisa objetivou realizar trabalho de investigação bibliográfica, exploratória e descritiva para análise da relevância da implantação do modelo de Economia Circular (EC) em termos de empresas, sociedade e meio ambiente. Este objeto constitui novo conceito, é uma estratégia para sustentabilidade, regeneração e restauração que intui manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor. Indefinidamente abarca questões e possibilidades viáveis de implantação efetiva. A investigação buscou demonstrar a percepção originária de diversos autores sobre o contexto histórico em que a economia global evoluiu para modelo linear de produção. A análise exploratória demonstra que a origem da produção de mercadorias realiza-se a partir de matérias-primas virgens; vendidas e usadas para se tornarem obsoletas, pouca vida útil, descartadas como resíduos, lixo. Em contraposição a esta estrutura, a EC adquire notório destaque na forma de circuito fechado; valor da sustentabilidade, na forma das trocas, do partilhar, alugar, reusar, reparar, renovar e reciclar seus materiais. Os resultados da análise demonstram que, de todo tipo de inovação na relevância da implantação do modelo de EC, o caminho é o da necessidade, gerar benefícios socioculturais e de bem-estar e expandir o senso de comunidade, cooperação e participação através da economia compartilhada para produção social. Os grandes beneficiados, por certo, serão a indústria das coisas, a inovação e a internet das coisas com a implantação do modelo.

Palavras-chave: Meio ambiente. Economia circular. Inovação. Internet das coisas.

ABSTRACT

This research aimed to carry out the work of bibliographic, exploratory and descriptive research to analyze the generation of the implementation of the Circular Economy (CE) model in terms of companies, society and the environment. This object is a new concept, a strategy for sustainability, regeneration and restoration that intends to maintain products, components and materials at their high level of usefulness and value. It indefinitely covers viable issues and possibilities for effective implementation. The investigation sought to demonstrate the original perception of several authors about the historical context in which the global economy has evolved into a linear model of production. An exploratory analysis demonstrates that the origin of the production of products is made from virgin raw materials; sold and used to become obsolete, short shelf life, discarded as waste, garbage. In contrast to this structure, an CE acquires a notable prominence in the form of a closed circuit; value of sustainability, in the form of exchanges, share, rend, reuse, repair, renew and recycle your materials. The results of the analyses show that, of all types of innovation in the brand of the implantation of the CE model, the path is one of necessity, generating cultural social and welfare benefits and expanding the sense of community, cooperation and participation through the shared economy for social production. The big beneficiaries, of course, will be the industry of things, innovation and the internet of things with the implementation of the model.

Keywords: Environment. Circular Economy. Innovation. Internet of Things.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O Sistema Linear de Produção	23
Figura 2: Evolução da Economia 3.0 para Economia 4.0	29
Figura 3: Cadeia sustentável de suprimentos	33
Figura 4: A abordagem da produção mais limpa	34
Figura 5: Logística Reversa	35
Figura 6: Motivações do consumo verde	36
Figura 7: Definição de economia circular	52
Figura 8: Esquema comparativo entre economia linear e economia circular	56
Figura 9: Fluxos de materiais no sistema econômico - Diagrama da Economia Circular	58
Figura 10: Os sete pilares da Economia Circular	62
Figura 11: Ciclo Biológico e Técnico da Economia Circular	65
Figura 12: Ciclos da Economia Circular	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: A Matriz da Evolução Econômica.....	27
Quadro 2: Matriz de pontos a serem endereçados rumo à Economia 4.0.....	30
Quadro 3: Definições dos tipos de inovação.....	39
Quadro 4: Principais modelos de negócio da Economia Circular.....	47
Quadro 5: Algumas concepções sobre a economia circular.....	51

LISTA DE SIGLAS

ABDI Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial
BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
EC Economia Circular
EMF Ellen MacArthur Foundation
GrSCM Green Supply Chain Management
IIoT Internet Industrial of Things
IoBT Internet of Battlefield Things
IoE Internet of Everything
IoMT Internet of Medical Things
IoO Internet of Objects
IoT Internet of Things
IoV Internet of Vehicles
NRBV Natural Resource-Based View of the firm
ONU Organização das Nações Unidas
PNUMA Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RBV Resource-Based View of the firm
RSSF Rede de Sensores Sem Fio
SEBRAE Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
WWF World Wide Fund for Nature

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. TEMA E PROBLEMA DO PLANO DE INVESTIGAÇÃO DA PESQUISA	14
1.2. OBJETIVOS.....	17
1.2.1. Objetivo Geral.....	17
1.2.2. Objetivos Específicos.....	17
1.3. MÉTODO DO PLANO DE EXPOSIÇÃO DA PESQUISA.....	17
2. OS RECURSOS NATURAIS E O MODELO DE ECONOMIA LINEAR.....	20
2.1. BREVE HISTÓRICO	20
2.2. ESCOLAS DE PENSAMENTO	21
2.3. O MODELO DE ECONOMIA LINEAR	23
2.4. IMPACTO AMBIENTAL – A NATUREZA.....	27
2.5. GESTÃO ESTRATÉGICA AMBIENTAL.....	31
2.6. GESTÃO SUSTENTÁVEL DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	32
2.7. CONSUMO CONSCIENTE	35
3. A INDÚSTRIA DAS COISAS E SUA DINÂMICA TECNOLÓGICA.....	37
3.1. IMPLEMENTAÇÃO MICRO, MESO E MACRO.....	37
3.2. INOVAÇÃO	38
3.3. INTERNET DAS COISAS	40
3.4. A INTERNET INDUSTRIAL DAS COISAS (IIOT)	44
3.5. NOVOS MODELOS DE NEGÓCIOS.....	46
4. O MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR	50
4.1. O CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR.....	50
4.2. PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR.....	59
4.3. BENEFÍCIOS DA ECONOMIA CIRCULAR.....	67
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
REFERÊNCIAS.....	70

1. INTRODUÇÃO

A procura pela sustentabilidade vai contra o pós-consumo de produtos que tem uma vida útil curta e precisam ser descartados, incentivo aos consumidores a comprar um novo modelo ou desejar um objeto novo num pequeno espaço-tempo.

Desde a revolução industrial o modelo produtivo e consumista é efetivado de modo linear, tal modelo econômico vem sendo utilizado e bem-sucedido no decorrer dos anos, proporcionando ao consumidor produtos a preços mais acessíveis e garantindo o aumento de bens materiais a bilhões de indivíduos, sem o olhar voltado ao meio ambiente e, por isso, está chegando ao seu limite, pois a geração de valor linear não considera que os recursos materiais e energéticos são finitos.

Nos últimos duzentos pretéritos anos a economia global evoluiu alicerçada nas bases do modelo linear de produção, onde mercadorias são produzidas, desde a origem do modo de produzir, constituídas da natureza das matérias-primas virgens, trabalhadas, transformadas em produto útil, precificadas, trocadas, vendidas e consumidas, até tornarem-se obsoletas e/ou descartadas como resíduos, lixo no meio ambiente.

Visto a crescente degradação do meio ambiente nessa contemporaneidade dos tempos, o trabalho de reparar, reutilizar e reciclar era comum em diversas sociedades, em seus conjuntos sociais, intensificados durante e mantidos logo após a Segunda Guerra Mundial.

O termo obsolescência programada surge como uma estratégia mercadológica na década de 1930 e 1940. A ideia é a de que seria mais vantajoso economicamente produzir bens que durassem poucos anos. Assim, ao ver que os objetos adquiridos, em pouco tempo, são inutilizados, os consumidores os descartariam e comprariam um novo, incentivando o consumo em massa, que se expande nas próximas décadas, e ainda permanece aos dias de hoje.

Além da degradação ambiental - com o destino incorreto dos resíduos - esse modelo aumenta a competição por *commodities*, aumenta o preço dos bens e gera instabilidade no mercado. Em épocas abundantes de recursos naturais, matérias-primas, trabalho, dinheiro e capital, a obsolescência planejada impulsionou e

aperfeiçoou a economia linear: um modelo de descarte onde produtos viram resíduos ao final da vida, impulsionados pelo ritmo de consumo desenfreado e inconsciente regidos pelo modo de produzir as coisas e pela busca da realização dos lucros, das indústrias e do comércio, e a distribuição do valor excedente, aferido pelo trabalho e pelo capital, em geral.

Portanto, o modelo econômico de produção circular propõe, então, regenerar o valor, agregando mais trabalho, e não somente a extração desse valor, ou seja, busca o equilíbrio entre economia e meio ambiente, assim como a eficiência e a eficácia de todo o sistema produtivo. Uma economia circular se baseia em partilhar, alugar (leasing), reusar, reparar, renovar e reciclar, num circuito (quase) fechado, onde os produtos e seus materiais se valorizam fortemente, transformando o que é considerado rejeito em matéria-prima para o próximo sistema, implicando na redução dos resíduos a um nível mais baixo possível.

Assim, apresenta-se considerações sobre os conceitos da indústria das coisas, inovação e internet das coisas, termos que, atrelados a Economia Circular (EC), são soluções inovadoras para produzir inteligentemente, pois todo o tipo de inovação deve gerar ganhos para a empresa como rentabilidade, aumento de vendas, redução de custos, diversificação do mercado, aumento do portfólio de produtos e maior competitividade. Porém, o avanço da tecnologia fez com que fosse possível adotar novas formas de pensar em sustentabilidade incorporando inúmeras funções em um objeto só.

Objetos altamente desenvolvidos conectados à internet para justamente não ser necessário consumir vários eletrônicos que serão descartados, na maioria das vezes, de forma incorreta.

Ao possibilitar termos um objeto com várias funções surge termo internet das coisas, que vêm do inglês *Internet of Things* (IoT), que foi primeiramente proposto por Kevin Ashton em 1999 e, a partir de então, vem sendo adotado na academia e na indústria em distintos contextos. É uma concepção emergente da convergência de múltiplas tecnologias envolvendo internet, comunicação sem fio, sistemas embarcados e micro eletromecânicos. Cada objeto se identifica através do seu sistema de software embarcado, sendo capaz de interoperar com a infraestrutura de internet existente.

A IoT corresponde à fase atual da internet em que objetos se relacionam com

humanos e animais passam ser objetos portando dispositivos computacionais capazes de conexão e comunicação. Assim, objetos tendem a assumir controle de várias ações diuturnamente, sem precisar que pessoas fiquem atentas e no comando.

Outra possibilidade que vem nesse contexto é a internet industrial das coisas – *Industrial Internet of Things* (IIoT) – que tem como objetivo gerar resultados como reduzir custos, aumentar produtividade, obter ganhos em escala, melhorar produtos e abertura de novos mercados, a partir da aplicação de uma rede de computadores inteligentes, dispositivos e objetos que coletam informações através de sensores, e compartilham grandes quantidades de dados, transformando a indústria inteligentemente.

A partir dessas inovações, discorre-se no presente trabalho os benefícios advindos da implantação do modelo de economia circular, baseado pelo atual modelo econômico linear de produção estar chegando ao seu limite, ao não considerar que os recursos materiais e energéticos são finitos, causando degradação ambiental (com o destino incorreto de resíduos), e aumentando a competição por *commodities*, os preços e a instabilidade do mercado.

O modelo econômico de produção circular propõe, então, regenerar o valor do dispêndio do capital agregando *quantums* de trabalho humano e não somente a extração desse valor pelo trabalho desenvolvido na natureza virgem, explorando seus recursos finitos, na busca do equilíbrio entre economia e meio ambiente, assim como a eficiência e a eficácia de todo o sistema produtivo.

1.1. TEMA E PROBLEMA DO PLANO DE INVESTIGAÇÃO DA PESQUISA

A exigência por empresas mais competitivas é sempre maior frente à globalização e a evolução dos meios de transporte e comunicação. Nesse sentido, é imperioso que as empresas se adaptem a concorrência global para garantir sua sobrevivência no mercado; para tanto, a inovação é uma ferramenta primordial para melhorar os níveis de qualidade, preço, produtividade e flexibilidade.

A IoT (*Internet of Things*) surge como uma inovação emergente e de impacto, também conhecida como a que permite aumentar a eficiência das máquinas, a redução de custos, o ajustamento nos processos de produção, monitoramento de

frotas, obtenção de ganhos em escala, melhoramento de produtos e abertura de novos mercados.

No tocante a adaptação, inovação, recursos naturais e transformação, a conscientização sobre os limites da economia linear despertou o interesse frente a desenvolver um novo modelo de organização econômica para o futuro, visto que o planeta não suportará o modo linear de produção por muito tempo, visto que não se concebe mais as formas de intervenção ou modificação no meio ambiente, assim como a utilização de seus recursos finitos, sem preocupar-se com a causa ambiental. Para isso, criaram-se vários meios inibidores tais como a consciência popular, legislação mais rigorosa e pressões de órgão internacionais.

Novos conceitos como a Economia Circular (EC), abarcam as questões sustentáveis e surgem como possibilidade viáveis de implantação. A EC é uma estratégia de sustentabilidade, regeneração e restauração, com o intuito de manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor indefinidamente.

Este modelo aponta transformar bens que estão no fim de sua vida útil em recursos para outros processos, fechando ciclos em ecossistemas industriais e minimizando resíduos, trazendo mudanças na lógica econômica ao substituir a produção por suficiência: reutilizando o que for possível, reciclando o que não pode ser reutilizado, reparando o que está danificado e remanufaturando o que não pode ser reparado (ARAUJO, 2017).

Com a economia se baseando num modelo linear de consumo de recursos, seguindo um padrão de "extração-fabricação-uso-descarte", desde o início da industrialização, esta tendência aponta um consumo global de recursos naturais em 2020 de 82 bilhões de toneladas/ano de recursos, comparado a 40 bilhões em 1980.

Genericamente, 90% dos materiais extraídos do meio ambiente se tornam resíduos antes mesmo de produtos chegarem ao mercado, consumando o sistema linear do capitalismo. Já os resíduos pós-consumo, tem-se uma estimativa de que 80% são descartados em menos de seis meses, sendo que, para a maioria dos materiais as taxas de reciclagem são muito baixas. Cerca de 65 bilhões de toneladas de matérias-primas entraram no sistema econômico global em 2010, e, mesmo na Europa, apenas 40% dos 2,7 bilhões de toneladas de resíduos gerados, foram reutilizados, reciclados ou compostados (ALMEIDA, 2017), no Brasil essa taxa

é muito menor.

Para mudar a concepção desse modelo linear, temos como alternativa o modelo de economia circular, que não está ligado apenas a reduzir custos ou diminuir a competitividade entre as empresas, e sim da geração de valor pois “esperar o esgotamento dos recursos não renováveis não é a melhor alternativa e não apenas por questões meramente econômicas, mas avaliando aspectos ambientais que englobam o bem-estar social” (GONÇALVES; BARROSO, 2019, p. 266).

A presente pesquisa surgiu no campo da problemática da utilização do modelo de economia linear, que não trouxe prosperidade para indústrias, fornecedores de energia e produtores de matérias-primas, mas ao mesmo tempo deixou o meio ambiente desgastado frente às fontes de materiais finitos serem extraídos e a enorme quantidade de resíduos gerados e enviados para aterros e/ou incineração como descarte (ANDREWS, 2015).

O descarte do produto ao final da vida útil não é uma prática sustentável, logo existe significativa necessidade de alternativas. Conforme Bonciu (2014), até o ano de 2010, o planeta Terra necessitava de um ano e meio para gerar e absorver o que se consumia de matéria-prima e eliminação de lixo por ano. Segundo estudo das Organização das Nações Unidas (ONU), se o ritmo de consumo e de geração de lixo atual continuar até 2030, seriam necessários dois planetas Terra, e, em 2050 três planetas Terra para funcionar (ARAUJO, 2017).

Os dados são alarmantes e, segundo a *Ellen MacArthur Foundation* (EMF, 2017), a expansão consumista brasileira nos últimos anos gerou incremento na linearidade do setor produtivo. Em 2012 o mercado nacional consumiu 24,2 milhões de toneladas de equipamento eletrônicos, gerando 1,4 milhões de toneladas de lixo eletrônico (7 kgs de lixo por pessoa) e, somente 2% desse lixo foi reprocessado ou reintroduzido no ciclo produtivo.

O tema precisa ter tratamento prioritário, pois, nos últimos trinta anos, a demanda consumista cresceu 150%, juntamente com o avanço tecnológico e aumento de produtividade nos processos, que aumentaram a extração de matérias-primas (economicamente) em 40%. Para tanto, é preciso desenvolver alternativas viáveis para o processo produção-consumo-descarte, para enfrentar o problema de consumo crescente e disponibilidade decrescente de matéria-prima e insumos

(TONACO et al., 2019).

A partir dessas evidências apresentadas no plano de investigação da pesquisa, o elemento central da problemática teve como objeto e fato o questionamento sobre quais são os benefícios advindos da implantação do modelo de economia circular diante dos impactos negativos do modelo de economia linear para as empresas, sociedade e meio ambiente.

1.2. OBJETIVOS

Nas seções abaixo apresenta-se o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa.

1.2.1. Objetivo Geral

Descrever sobre os benefícios advindos da implantação do modelo de economia circular para as empresas, sociedade e meio ambiente.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Discorrer sobre os recursos naturais no modelo de economia circular;
- b) Descrever acerca da indústria das coisas, inovação e internet das coisas;
- c) Identificar os benefícios da implantação do modelo de economia circular.

1.3. MÉTODO DO PLANO DE EXPOSIÇÃO DA PESQUISA

Metodologicamente, o trabalho se utilizou das pesquisas exploratória, descritiva e bibliográfica. De acordo com Gil (2002, p. 41) a pesquisa exploratória tem “[...] como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito [...]”. Para Beuren (2003, p. 80) a caracterização da pesquisa exploratória ocorre quando “há pouco conhecimento sobre a temática a ser abordada e, por meio do estudo exploratório, busca-se conhecer com maior profundidade o assunto, de modo a torná-lo mais claro ou construir questões

importantes para a condução da pesquisa”. O autor enfatiza que: “a pesquisa exploratória é desenvolvida no sentido de proporcionar uma visão geral acerca de determinado fato [...], esse tipo de pesquisa é realizado, sobretudo, quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses [...]” (BEUREN, 2003, p. 80). Já para Freitas e Prodanov (2013, p. 51) “pesquisa exploratória, é quando a pesquisa se encontra na fase preliminar, tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que vamos investigar, possibilitando sua definição e seu delineamento”.

Nas pesquisas descritivas, “[...] os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira sobre eles, ou seja, os fenômenos do mundo físico e humano são estudados, mas não são manipulados pelo pesquisador” (FREITAS; PRODANOV, 2013, p. 53).

Para Beuren (2003, p. 81) a pesquisa descritiva tem como principal objetivo “descrever características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre as variáveis. Uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coletas de dados”.

Conforme Vergara (2004, p. 47), a pesquisa descritiva revela peculiaridades de certa população ou certo fenômeno. “Pode também estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza e não tem compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação. Pesquisa de opinião insere-se nessa classificação”.

A pesquisa descritiva, além de descrever as características de determinada população ou fenômeno ou estabelecer relações entre variáveis, “envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento” (FREITAS; PRODANOV, 2013, p. 63).

Conforme Cervo, Bervian e Silva (2007, p. 72) a pesquisa bibliográfica “procura explicar um problema a partir de referências teóricas em artigos, livros, dissertações e teses [...]”.

Segundo Gil (2010, p. 29):

A pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado. Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos. Todavia, passaram a incluir outros tipos de fontes, como discos, fitas magnéticas, CDs, bem como o material disponibilizado pela internet.

Frente a estas orientações metodológicas, o plano de exposição da pesquisa

realizada está dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo, apresenta-se uma breve introdução ao tema, os objetivos e a metodologia aplicada. O segundo capítulo descreve alguns aspectos relevantes sobre os recursos naturais e o modelo de economia circular. No terceiro, apresentam-se algumas considerações sobre os conceitos da indústria das coisas, inovação e internet das coisas. No quarto, discorre-se e apresenta-se os benefícios da implantação do modelo de uma economia circular. Por último, as considerações finais acerca do tema em discussão.

2. OS RECURSOS NATURAIS E O MODELO DE ECONOMIA LINEAR

2.1. BREVE HISTÓRICO

Para Andrews (2015), a origem da economia linear é datada na Revolução Industrial; nesta época, século XVIII, o número, diversidade e celeridade da produção se expandiu frente à mecanização e o desenvolvimento de novos sistemas de produção. Tal crescimento se baseou no modelo linear de economia, através da linha “*take-make-use-dispose*” (retire, produza, use, descarte) (ARAUJO, 2017).

Após a Primeira Guerra Mundial, riquezas e rendas voltaram a se expandir conforme novos mercados se desenvolviam frente a invenções e serviços inovadores (telefone, automóveis, eletricidade e eletrodomésticos).

Contudo, o ciclo demanda-suprimento de renda se interrompeu devido ao bloqueio financeiro do ano de 1929 e consecutiva crise financeira global. Diante disso, propôs-se a obsolescência planejada, com o intuito de bens de consumo se tornarem ligeiramente obsoletos e então substituídos, de forma que aquecesse o mercado. Com isso, a obsolescência planejada ampliou os lucros das organizações, funcionando como um sistema de negócios em que consumidores se transformaram em devedores, desperdiçadores e descontentes, uma vez que a busca pelo novo seria incessante. Apesar disso, a prática desse sistema linear ainda é muito atual, com destaque para a indústria de eletroeletrônicos, sendo difícil o seu desmonte sem que danificasse seus componentes, sua reparação ou substituição (ARAUJO, 2017).

Em épocas abundantes, a obsolescência planejada impulsionou e aperfeiçoou a economia linear: esse modelo de descarte onde produtos viram resíduos ao final da vida.

O trabalho de reparar, reutilizar e reciclar era comum na sociedade antiga durante e logo após a Segunda Guerra Mundial, pois os recursos eram racionados ou dirigidos para o esforço de guerra. Ao término desse período, os novos produtos eram descartados ao final da vida útil, prosperando indústrias, fornecedores de energia e produtores de matérias-primas, ao passo que o meio ambiente era desgastado frente a materiais finitos serem extraídos e à enorme quantidade de

resíduos gerados e enviados para aterros e/ou incineração como descarte (ANDREWS, 2015).

Como o descarte do produto ao final da vida útil não é uma prática sustentável, que não compromete gerações futuras, se ressalta a necessidade de alternativas viáveis de novas maneiras de consumir.

No tocante à subsistência, novos modelos de organização, bens e serviços e consumo, Araújo (2017, p. 3) pondera:

O aumento da conscientização sobre os limites da economia linear despertou o interesse pelo desenvolvimento de um novo modelo de organização econômica que proporcionaria os bens e serviços necessários para manter e melhorar os padrões de vida, sem aumentar o consumo de matérias-primas e a quantidade de resíduos ejetados para o meio ambiente. É preciso pensar em inovação, uma mudança profunda como a que marcou a primeira revolução industrial. Existe uma nova perspectiva: a economia circular. Não é a única nova perspectiva, nem tão pouco está pronta para ser aplicada, mas é viável. Países como a China e os integrantes da União Europeia já consideram sua implantação, já que em um mundo com pressões crescentes sobre os recursos e o meio ambiente, a melhor escolha será caminhar para a transição para uma economia circular eficiente e, em última instância, regenerativa.

Nesta nova concepção, os recursos não mais são obtidos a um custo para o meio ambiente e linearmente, e sim um processo de produção criado de forma circular, onde recursos de início se obtêm do meio ambiente, e depois contrariamente ao descarte, torna-se um novo recurso reinserido continuamente no processo econômico (ARAUJO, 2017).

Para entender a utilização dos recursos naturais e as consequências disso para o planeta, descrever-se-á algumas escolas de pensamento que abordam conceitos sobre os problemas ambientais causados pelos seres humanos.

2.2. ESCOLAS DE PENSAMENTO

A Terra vem passando por um período crítico frente à utilização dos recursos naturais, implicando ser necessário uma transição de padrão existencial, devido ao atual não ser mais sustentável. Esse debate surgiu na década de 1970 em que muitos indivíduos começaram a se preocupar frente aos problemas ambientais gerados pelo homem. Desse modo, surgiram diversas escolas de pensamento abordando conceitos como regeneração, reciclagem, reaproveitamento e reuso, que

mesmo sendo nascidos dentro do cenário de modelo linear, vem se tornando em um novo modelo formado por um novo paradigma, indo contra ao linear (TORRES Jr.; PARINI, 2017).

Para melhor compreender sobre Economia Circular (EC), faz-se necessário entender quais são escolas de pensamento que a originaram, dentre estas: Design regenerativo; Economia de performance; *Cradle-to-Cradle* (do berço ao berço); Ecologia Industrial; e Biomimética; descritas brevemente a seguir.

- a. **Design regenerativo** - Conceito atribuído ao professor norte-americano John T. Lyle. Em 1970 pesquisou sobre a possibilidade da existência de sistemas totalmente regenerativos (como agricultura), funcionando de modo regenerativo para que as fontes de energia e matérias-primas se renovassem e fossem reutilizadas, não precisando de novas fontes a cada novo ciclo do sistema.
- b. **Economia de performance** - Em 1976, o arquiteto e analista industrial suíço Water Stahel idealizou uma economia em ciclos (*loops*), estudando os possíveis resultados de um sistema cíclico para criar empregos, competitividade econômica, economia de recursos e prevenção de resíduos. Fundou o *Product Life Institute*, um centro de pesquisa de sustentabilidade, tendo como metas estender a vida do produto, bens de longa duração, realizar atividades recondicionantes e prevenção do desperdício. Também, oferecer serviços ao invés de produtos, denominada de economia funcional de serviços (economia de performance).
- c. **Cradle-to-cradle** (do berço ao berço) - Uma das escolas mais influentes na formação da Economia Circular. Tem por base a concepção de que todo material utilizado em processo produtivo seja através de nutrientes, com fluxo industrial técnico e biológico. Frente ao processo metabólico biológico da natureza desenvolve-se um processo metabólico técnico para ser tão eficiente e regenerativo como o biológico, envolvendo a produção de bens com componentes que possam ser regenerados, reutilizados e restaurados. Logo, todo insumo, matéria prima e componente utilizado voltaria ao seu berço, fechando um ciclo, diferente do consumo linear. Esse modelo foi desenvolvido e certificado pelo químico alemão Michael Braungart e pelo arquiteto americano Bill McDonough. O modelo deve produzir materiais

com ciclos de vida seguros não prejudiciais à saúde humana e meio ambiente, para serem reutilizados muitas vezes pelos metabolismos biológicos e técnicos envolvidos nos fluxos industriais.

- d. **Ecologia industrial** - A ideia é criar processos em ciclos fechados para que os resíduos sirvam como insumos a novos produtos, utilizando sistemas vivos e orgânicos como inspiração, e também otimizar sistemas completos em vez de apenas componentes.
- e. **Biomimética** - Definido como o estudo das formas e mecanismos da natureza, pela americana Janine Benyus, para que os processos e designs possam ser imitados para solucionar problemas humanos. Seus princípios são: natureza como modelo e unidade de medida (sustentabilidade) e como mentora, vendo-a como algo para adquirir conhecimento, e não somente para extrair o máximo possível dela (GONZALEZ, 2018).

2.3. O MODELO DE ECONOMIA LINEAR

Nos últimos duzentos anos, a economia global evoluiu calcada no modelo linear de produção, onde mercadorias são produzidas a partir de matérias-primas virgens, vendidas e usadas para tornarem-se obsoletas e serem descartadas como resíduos (Figura 1).



Figura 1: O Sistema Linear de Produção

Fonte: Costa (2017, p. 16).

Desde a revolução industrial o modelo produtivo e consumista é efetivado de modo linear. Tal modelo econômico vem sendo utilizado e bem-sucedido, no decorrer dos anos, proporcionando ao consumidor produtos a preços mais acessíveis e garantindo o aumento de bens materiais a bilhões de indivíduos (LUZ, 2017).

Segundo a EMF (2017), a expansão consumista brasileira nos últimos anos

gerou incremento na linearidade do setor produtivo. Em 2012 o mercado nacional consumiu 24,2 milhões de toneladas de equipamento eletrônicos, gerando 1,4 milhões de toneladas de lixo eletrônico (7 kgs de lixo por pessoa). E, só 2% desse lixo foi reprocessado ou reintroduzido no ciclo produtivo, sendo a maior parte enviada ao mercado externo, ficando no interno só materiais de baixo valor, como os plásticos.

O modelo de economia linear com base no sistema de extração, transformação e descarte gera enormes problemas ambientais devido a disponibilidade limitada de recursos e a capacidade finita de o ambiente absorver os impactos advindos da atividade econômica. Um estudo feito pela *World Wide Fund for Nature* (WWF, 2012), estimou o contraste entre a disponibilidade de recursos naturais com os níveis de produção e consumo futuros em que, atualmente, a Terra leva cerca de 1,5 anos para regenerar o que é utilizado anualmente. A situação tende a agravar-se com estimativas de que até 2030 somente a classe média tenha mais de 5 bilhões de indivíduos e até 2050 existam mais de 9 bilhões de indivíduos, apontando um salto nos níveis de consumo e poluição (EMF, 2012). O processo linear se desenvolveu frente a fácil obtenção e descarte de recursos, mas, congrega ao longo da cadeia de valor, perdas significativas, quais sejam:

- a) Perdas na cadeia produtiva, isto é, recursos que não chegam a fazer parte do produto final;
- b) Resíduos ao final da cadeia, uma vez que para grande parte dos materiais os custos de recuperação são menores que aqueles advindos da manufatura de produtos primários;
- c) Uso de energia: perda da energia residual existente nos produtos em final de vida; e
- d) Erosão dos serviços ecossistêmicos, tais como regulação do clima e da disponibilidade global de água, além dos custos relacionados à contenção de perda de solo agricultável (COSTA, 2017, p. 16).

Existem quatro riscos relevantes para se considerar no modelo econômico linear:

- a) Preços – têm relação ao mercado volátil, mormente de recursos básicos, aqueles advindos de processo mineral e agrícola;
- b) Recursos – têm relação aos recursos básicos e de energia serem finitos; já, o consumo, em certas regiões, maior que a disponibilidade natural ou a capacidade de geração.

- c) Degradação dos sistemas naturais, e as ações regulamentares para seu controle - todo o arcabouço legal ambiental mundial relativo às principais externalidades negativas, e os diversos protocolos internacionais.
- d) Políticos – têm relação a maior parte das *commodities* serem vulneráveis frente a crises políticas e prevalência da disponibilidade de recursos em nações instáveis (COSTA, 2017).

Também, há que se levar em conta as tendências de crescimento populacional. Os dois países mais populosos do mundo, Índia e China, dobraram seus PIBs em dezesseis e doze anos, respectivamente. Acrescenta-se a isso o desenvolvimento das classes médias consumidoras (COSTA, 2017).

Segundo Faria (2018, p. 19), o modelo linear é “centrado na questão da degradação ambiental, seja pela utilização dos recursos naturais ou então pela poluição causada pelo descarte constante. A produtividade da economia é dependente da capacidade de absorção dessa degradação”.

Este modelo tem algumas peculiaridades marcantes, como prever a responsabilidade de agentes de produção, limitar-se a disponibilizar produtos no ponto de venda para o consumo, menosprezar os fatores ambientais envolvidos; favorecer o consumismo, pois limita a vida útil dos produtos, promove a padronização e não importa-se com a viabilização do reuso, remanufatura, reciclagem e etc. (SALES et al., 2019).

Extrair matéria prima, transformar em produtos e descartá-los, sem considerar que os recursos são finitos, conforme Leitão (2015 apud GONÇALVES; BARROSO, 2019, p. 268):

[...] este modelo de crescimento, ao assumir que os recursos são abundantes, disponíveis e sem ter preocupação de recuperar os desperdícios gerados ou componentes de produtos em fim de vida, tem conduzido a delapidação dos recursos e ao crescente aumento de resíduos.

A durabilidade dos produtos é muito baixa, por estimular o consumo, fazer produtos subutilizados, acarretar aumento da produção de resíduos e degradar o meio ambiente. Por não reaproveitar e reutilizar, os efeitos provocados à sociedade na economia linear são vultosos e nocivos. Traduz em efeitos como poluir, esgotar recursos naturais, reduzir a biodiversidade, alterar globalmente o clima, aumentar preço das *commodities*, causar incerteza no mercado, dentre muitos outros impactos

ambientais e econômicos, fazem esse modelo de produção inviável e ineficiente (GONÇALVES; BARROSO, 2019).

Conforme a EMF (apud GONÇALVES; BARROSO, 2019, p. 269):

O modelo linear também ocasiona perdas energéticas. Um produto eliminado em aterro, tem toda sua energia residual perdida, ao contrário do que ocorre quando há reutilização, processo que permite a economia significativa de energia. Ou seja, perdas desnecessárias de recursos, resultantes de várias etapas dos ciclos de vida produtivo. Soma-se aos problemas ecológicos, o aumento do preço e da volatilidade dos recursos naturais. Nos últimos dez anos a oscilação dos preços dos produtos agrícolas, das matérias-primas e dos metais foi a maior.

A Economia Circular ganhou notoriedade após a criação da Ellen MacArthur Foundation, em 2010. O termo, citado pela primeira vez em 1966 pelo economista Kenneth E. Boulding em seu trabalho intitulado “*The Economics of The Coming Spaceship Earth*”, apontando à integração de várias áreas para a manutenção da vida humana na Terra. O tema precisa ter tratamento prioritário, pois, nos últimos trinta anos, a demanda consumista cresceu 150%, juntamente com o avanço tecnológico e aumento de produtividade nos processos aumentaram a extração de matérias-primas (economicamente) em somente 40%. Para tanto, desenvolver alternativas para o processo produção-consumo-descarte, como a EC, é um caminho para o enfrentamento do problema de consumo crescente e disponibilidade decrescente de matéria-prima e insumos (TONACO et al., 2019).

Existem muitas iniciativas possíveis para explorar os pilares do conceito de Economia Circular, envolvendo novos modelos de negócio e privilegiando a transição para um modelo de regenerar e restaurar, em que produtos, componentes e materiais se mantenham em seus mais altos níveis de utilidade e valor constantemente (EMF, 2015).

2.4. IMPACTO AMBIENTAL – A NATUREZA

A natureza, no estágio da Economia 0.0, tinha a função de mãe provedora da vida e elemento fundamental à sobrevivência dos povos através da caça e coleta de alimentos. Com a revolução agrícola, a humanidade passa a ver a natureza como recurso (Economia 1.0), já tendo algum impacto no meio ambiente. No decorrer dos sécs. XVIII, XIX e XX, com a Revolução Industrial (Economia 2.0), os recursos naturais têm tratamento de *commodities* frente a nutrir as indústrias têxtil e metalúrgica, fontes de energia, etc. Para dar resposta às externalidades negativas da Economia 2.0, surge a Economia 3.0, normatizando e criando leis ambientais no tocante a produção e as *commodities* agora são elementos regulados (PINTO, 2018). O quadro a seguir mostra a Matriz da Evolução Econômica.

Estágio	Natureza	Trabalho	Capital	Tecnologia	Liderança	Consumo	Coordenação	Posse
0.0 - Comunal: Conscientização pré-moderna	Mãe Natureza	Autossuficiência	Capital natural	Sabedoria nativa	Comunidade	Sobrevivência	Comunidade	Comunal
1.0 - Centrado no Estado: mercantilizando, capitalismo do estado, conscientização tradicional	Recursos	Servidão, escravidão	Capital humano	Ferramentas: revolução agrícola	Autoritária (chicotes)	Tradicional (orientado por necessidades)	Hierarquia e controle	Pública
2.0 - Livre mercado: laissez-faire, conscientização egocêntrica	<i>Commodities</i> (terra, matérias-primas)	Trabalho como <i>commodity</i>	Capital industrial	Máquinas: 1ª Revolução Industrial (carvão, vapor, ferrovias)	Incentivos (cenouras)	Consumismo (consumo de massas)	Mercados e competição	Privada: compra e venda da posse privada nos mercados
3.0 - Social de mercado: regulamentado, conscientização centrada nos <i>stakeholders</i>	<i>Commodities</i> (reguladas)	Trabalho como <i>commodity</i> regulada	Capital financeiro	Automação centrada no sistema: 2ª Revolução Industrial (petróleo, motor de combustão, produtos químicos)	Participativa (normas)	Consumo consciente coletivo	Redes de negociação	Mista: pública e privada
4.0 - Cocriativo: distribuído, direto, dialógico, conscientização ecocêntrica	Eossistema e recursos comuns	Empreendedorismo social e privado	Capital criativo cultural (ciente das externalidades)	Tecnologias centradas no ser humano: 3ª Revolução Industrial (energia renovável e tecnologia da informação)	Cocriativa (presença coletiva)	Consumo Consciente Colaborativo (CCC)	Ação Coletiva baseada na Conscientização (ACC)	Acesso compartilhado a serviços e recursos comuns

Quadro 1: A Matriz da Evolução Econômica
Fonte: Scharmer (2014, p. 81).

Segundo Scharmer (2014, p. 87), *commodities* “são produtos produzidos para o mercado com a finalidade de ser consumido”. Mas, recursos naturais não são

produzidos pelo homem nem deveriam ser consumidos. Assim, na Economia 4.0, não era para recursos naturais serem tratados como *commodities*, e sim recursos comuns a todos. É necessário fechar de novo o ciclo de uso dos recursos naturais, pois “toda atividade econômica surge da natureza e a ela retorna” (SCHARMER, 2014, p. 86), para

[...] criar processos de design de ciclo fechado e processos de produção baseados na experiência da natureza, ambos projetados intencionalmente para não gerar resíduos e reintroduzir todo o material na cadeia. No estágio atual, nenhuma dessas características é implementada, uma vez que os processos industriais produzem resíduos, grande parte da energia utilizada não é renovável e o sistema é baseado em monoculturas e polos industriais que maximizam somente parte da produção, deixando o sistema vulnerável a crises e com baixa resiliência (PINTO, 2018, p. 59).

Na Economia 0.0, o elemento crucial foi a natureza frente à produção e sobrevivência neste período. No estágio 1.0, trabalho e recursos naturais tornaram-se fator chave ao desenvolvimento da sociedade tradicional. Já, na Economia 2.0, além da natureza e trabalho, também o capital industrial é ator essencial para a prosperidade e aumento da produção. Na economia 3.0, a tecnologia se apresenta como o quarto fator, se destacando frente à evolução da economia, juntamente com as *commodities* reguladas, trabalho como *commoditie* regulada e capital financeiro. E, na Economia 4.0, oito fatores-chave são fundamentais para o desenvolvimento de uma sociedade cocriativa e de conscientização ecocêntrica, visto que podem representar gargalos à evolução econômica se não forem devidamente endereçados (PINTO, 2018, p. 65).

A figura a seguir mostra a Evolução da Economia 3.0 para Economia 4.0.



Figura 2: Evolução da Economia 3.0 para Economia 4.0

Fonte: Pinto (2018, p. 65).

Scharmer (2014) descreve alguns questionamentos sobre os fatores-chave da Economia 3.0 rumo à Economia 4.0:

1. Natureza: Como repensar a economia e a natureza partindo da mentalidade do “pegar, fazer e jogar” até chegar a um design integrado de ciclo fechado no qual tudo o que retiramos do planeta é retornado com a mesma qualidade ou até com uma qualidade superior?
2. Trabalho: Como podemos voltar a vincular o trabalho – a profissão que escolhemos – ao Trabalho – aquilo que adoramos fazer?
3. Capital: Como podemos voltar a associar a economia financeira com a economia real reciclando o capital financeiro para promover e cultivar os recursos comuns ecológicos, sociais e culturais?
4. Tecnologia: Como podemos proporcionar um amplo acesso às tecnologias essenciais da Terceira Revolução Industrial, combinando a tecnologia da informação, a energia regenerativa, e as tecnologias sociais para promover a criatividade individual e coletiva?
5. Liderança: Como podemos desenvolver uma capacidade de liderança coletiva para inovar no âmbito do sistema como um todo?
6. Consumo: Como podemos reequilibrar o campo econômico de atuação para que os consumidores possam se engajar no consumo colaborativo e consciente e atuar como parceiros igualitários em uma economia voltada para promover o bem-estar de todos?
7. Coordenação: Como podemos dar um fim à guerra das partes contra o todo mudando o modo de consciência da conscientização egossistêmica à ecossistêmica?
8. Posse: Quais inovações nos direitos de propriedade poderiam dar voz as gerações futuras e facilitar as melhores utilizações sociais dos recursos comuns escassos? (apud PINTO, 2018, p. 71).

Dessa forma, surge a matriz de pontos a serem endereçados rumo à Economia 4.0, mostrada no Quadro 2 abaixo.

Fatores-chave	Economia 3.0	Pontos a serem endereçados rumo à Economia 4.0	Economia 4.0
1. Natureza	<i>Commodities</i> reguladas	1.1. Transformar a cadeia de uso dos recursos naturais em um processo circular, e não linear 1.2. Deixar de considerar os recursos naturais como <i>commodities</i> 1.3. Basear a criação dos processos econômicos nos processos naturais (resíduo zero, energia solar, diversidade e simbiose) 1.4. <i>Designs</i> de ciclo fechado	Ecosistema e recursos comuns
2. Trabalho	Trabalho (<i>commodity</i> regulada)	2.1. Reconectar o trabalho com o propósito 2.2. Fomentar o empreendedorismo 2.3. Criar espaços e mecanismos capacitadores para inovação 2.4. Propor desafios para a aprendizagem 2.5. Implantação de uma comunidade global em rede para criação coletiva de protótipos para a Sociedade 4.0	Empreendedorismo social e privado
3. Capital	Capital financeiro (cego a externalidades)	3.1. Uso do dinheiro para fomentar a criatividade a fim de gerar capital e criar valor 3.2. Garantir o reinvestimento do dinheiro e do capital financeiro em outras formas de capital não-monetárias: capital humano, natural, social e cultural/criativo	Capital Criativo
4. Tecnologia	Automação centrada no sistema	4.1. Empoderar as experiências humanas individuais e coletivas e por meio da conscientização dos indivíduos 4.2. Criar um processo profundo de transformação de mentalidade e conscientização para que então as tecnologias possam resolver efetivamente os problemas atuais 4.3. Reconectar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento às reais necessidades sociais 4.4. Criar tecnologias que fomentem o processo criativo 4.5. Incentivar o uso de energia renovável e Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs)	Tecnologia centrada no humano; Energia renovável; TICs
5. Liderança	Participativa (normas)	5.1. Desenvolver um novo método de escuta que conecte o indivíduo com a realidade atual 5.2. Usar ferramentas de cocriação e criação de espaços de prototipagem para ajudar todo o ecossistema e indivíduos a verem e criarem sentido (cossensibilização), a se conectarem com a fonte (coinspiração) e a prototiparem novas possibilidades (cocriação)	Cocriativa (presença coletiva)
6. Consumo	Consumo consciente seletivo	6.1. Posicionar o consumidor no início do processo produtivo para atender suas necessidades 6.2. Cocriar hábitos de consumo conscientes, coletivos e intencionais 6.3. Desvincular o conceito de bem-estar do consumo de produtos	Consumo consciente colaborativo (CCC)
7. Coordenação	Redes de negociação	7.1. Implementar a filosofia “ambos-e”, dando mais diversidade e resiliência ao sistema e garantindo que os atores cooperem de maneira conjunta e estreita 7.2. Liderança econômica deve prestar contas de suas externalidades positivas e negativas 7.3. Criar um mecanismo de coordenação e ambientes que permitam a ação coletiva baseada na conscientização e no coletivo	Ação coletiva baseada na conscientização (ACC)
8. Posse	Mista (pública e privada)	8.1. Posse privada deveria incluir as responsabilidades externalidades negativas geradas a <i>stakeholders</i> que podem ser afetados 8.2. Institucionalização dos direitos de posse por meio de trustes a fim de prestar contas a todos os <i>stakeholders</i> 8.3. Priorização do uso compartilhado à posse	Acesso compartilhado a recursos comuns

Quadro 2: Matriz de pontos a serem endereçados rumo à Economia 4.0
 Fonte: Pinto (2018, p. 73-74).

No tocante a evolução dos estágios da economia, Ronald Kopicki (1993) introduz três abordagens a administração ambiental: reativa, proativa e *value-seeking*, que seria a busca por valor. Na abordagem reativa, as organizações desenvolvem produtos com conteúdos recicláveis, recebendo alguns selos recicláveis e usando filtros para reduzir o impacto ambiental na produção, correspondendo as leis ambientais, sem eliminar as causas de impactos ambientais. Na proativa, as organizações de forma modesta começam a reciclar seus produtos e a produzi-los no modo chamado verde. Agora, assume-se a responsabilidade de reciclar e reutilizar o produto. Na mais avançada, a *value-seeking*, as organizações transformam atividades ambientais em estratégias de negócio (SCHALLER, 2019).

Remko Hoek (1999) adota dois passos verdes para alcançar o *value-seeking*, que é uma abordagem com possível vantagem competitiva frente à concorrência, deixando de lado a prática meramente reativa às obrigações e legislações ambientais. O primeiro passo é criar uma estratégia de marketing utilizando a produção sustentável como diferencial atrativo, aumentando vendas para um público sensível ao tema. O segundo é buscar a inovação sempre, com práticas tão sustentáveis quanto vantajosas para a empresa, como, por exemplo, poupar custos e recursos reduzindo ou repensando a rota de um transporte de cargas, com economia de combustível, horas trabalhadas remuneradas e, também, a emissão de gás carbono (SCHALLER, 2019).

Aqui, cabe pensar no papel do gestor ambiental. O *Triple Bottom Line*, proposto por John Elkington em 1998, tem por base buscar à prosperidade econômica, qualidade ambiental e progresso social, com o desenvolvimento de métricas para mensurar a atuação empresarial nas esferas econômica, social e ambiental. Um gestor ambiental deve combinar essas três esferas ao pensar em uma estratégia ambiental eficiente para sua empresa (SCHALLER, 2019).

2.5. GESTÃO ESTRATÉGICA AMBIENTAL

A Gestão Estratégica Ambiental aborda uma gestão sustentável visando abarcar práticas e processos verdes, para reduzir o impacto ambiental das atividades de uma empresa. Uma visão *Resource-Based View of the firm* (RBV), baseada em recursos, é o cenário mais influente para compreender a gestão

estratégica. Segundo Schaller (2019, p. 17):

[...] são os recursos únicos, dificilmente imitáveis e não substituíveis, tangíveis e intangíveis da empresa que a diferem e garantem vantagem competitiva. Esses recursos podem ser descritos como habilidades e práticas de gestão, processos e rotinas organizacionais, além de informações, conhecimentos e experiência obtida.

Já a visão *Natural Resource-Based View of the firm* (NRBV), baseada em recursos naturais, desenvolve e explora recursos beneficiando tanto a empresa quanto o meio ambiente, de modo a não degradar um ao outro. Stuart L. Hart (1995) identificou três estratégias para a NRBV: prevenir poluição, administrar produtos e desenvolvimento sustentável. Cada qual se baseia em forças ambientais distintas, tendo diferentes formas de vantagem competitiva. Conforme Schaller (2019, p. 18):

A prevenção de poluição busca aumentar a eficiência do negócio ao reduzir os insumos necessários, simplificar o processo de produção e reduzir os custos de conformidade e responsabilidade ambiental. A administração de produtos vai além do escopo da prevenção de poluição e inclui valor na cadeia produtiva e no ciclo de vida dos produtos, desenvolvendo produtos de maneira ambientalmente amigável. O desenvolvimento sustentável, por sua vez, possui duas características que se diferenciam das capacidades anteriores. Primeiramente, o desenvolvimento sustentável busca não apenas reduzir o impacto ambiental imediato e sim prevenir o impacto de longo prazo, com uma visão objetiva e sustentável do futuro.

O desenvolvimento sustentável vai além da esfera ambiental, envolve também a econômica e social. Esse conceito é similar aos três pilares da sustentabilidade (social, ambiental e econômico). Hart (1995) também ressalta que, em 1995, grande parte das empresas só desenvolvera a capacidade de prevenção de poluição, as outras duas pouco explorou e desenvolveu. Em 2010, ao revisar sua literatura apontou que, mesmo quinze anos depois, muitas empresas ainda focam em prevenir poluição, mas administrar produtos e produzir com desenvolvimento sustentável são negligenciados (SCHALLER, 2019).

2.6. GESTÃO SUSTENTÁVEL DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos ou *Green Supply-Chain Management* (GrSCM) é uma concepção que define:

[...] cadeia de suprimentos com enfoque à responsabilidade ambiental. Isto é, uma cadeia de suprimentos integrada ao pensamento ambiental,

incluindo o design do produto, a busca e seleção de materiais, processos de manufatura, entrega aos consumidores e a administração do produto após o fim da sua vida útil. [...] A GrSCM é, portanto, um campo de conhecimento que une a gestão da cadeia de suprimentos e a gestão ambiental (SCHALLER, 2019, p. 18).

A figura abaixo ilustra a cadeia sustentável de suprimentos.

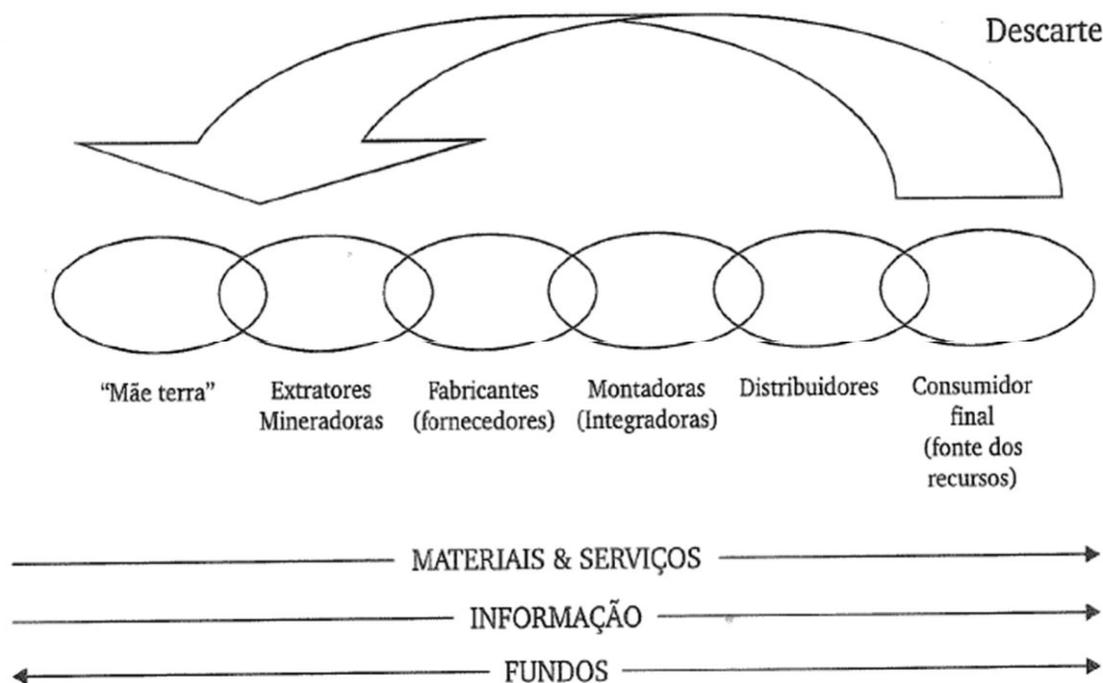


Figura 3: Cadeia sustentável de suprimentos

Fonte: Schaller (2019, p. 19).

A relevância da GrSCM é estimulada frente o aumento de deteriorar o meio ambiente, diminuir recursos e matérias-primas disponíveis, lixo em demasia nos aterros sanitários e o crescente nível de poluição. Em 1990, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) definiu Produção Mais Limpa como “a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e o meio ambiente”. Uma abordagem de produção mais limpa troca o ciclo de vida berço ao túmulo, criação até o descarte para lixo, pelo princípio do berço ao berço (*cradle-to-cradle*), onde, “mesmo após seu uso o produto deve ser reciclado ou reutilizado, de tal forma a minimizar a perda de materiais e energia” (SCHALLER, 2019, p. 20).

O fluxograma a seguir ilustra a abordagem da produção mais limpa.

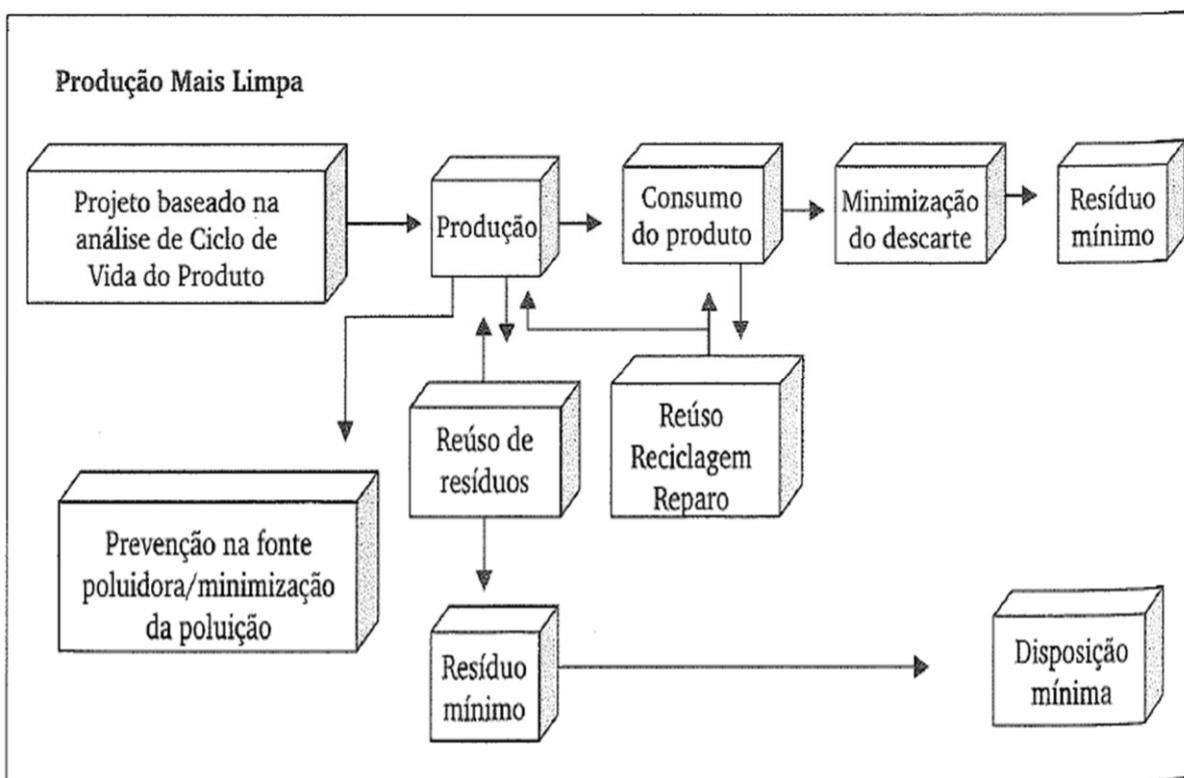


Figura 4: A abordagem da produção mais limpa

Fonte: Schaller (2019, p. 20).

A logística reversa tem a mesma proposta de aumentar eficiência e reduzir riscos da produção mais limpa, invertendo o fluxo da cadeia produtiva.

Busca recuperar o máximo possível um produto após seu uso, evitando o descarte ou o volume de lixo produzido. Logo, conforme Schaller (2019, p. 20):

[...] partindo do elo final da cadeia produtiva na sua abordagem tradicional, ou seja, do cliente, esta visão inverte o fluxo dos materiais, passando pela seleção dos componentes de um produto acabado após sua utilização por parte do consumidor final, e envolve todas as etapas do processo produtivo, desde as suas etapas finais até as iniciais, de uma forma invertida da tradicional (expedição, embalagem, acabamento, fabricação).

O fluxograma a seguir ilustra a logística reversa de uma cadeia produtiva.



Figura 5: Logística Reversa
 Fonte: Schaller (2019, p. 21).

2.7. CONSUMO CONSCIENTE

Nas últimas décadas, 1997 a 2017, os consumidores têm sido expostos a conjuntura tecnológica (acesso à televisão, celulares, smartphones, tablets e computadores, influenciando usuários através das mídias sociais) relacionada a contextos do meio ambiente e sustentabilidade, crescendo a percepção de consciência ambiental, levando consumidores valorizarem mais frequentemente produtos com características verdes e ecológicas (FILHO; CARDOSO; BARBOZA, 2019).

Assim, “temas como aquecimento global, o acúmulo de plástico nos oceanos, o transbordamento de lixões e muitos outros problemas ambientais são discutidos frequentemente nessas plataformas, o que faz com que o leitor ou espectador se conscientize” (SCHALLER, 2019, p. 21).

Essa conscientização gerou uma demanda no mercado, de consumidores conscientes e engajados, buscando produtos verdes e ecológicos. Tal mudança de hábito, com olhar ao consumo sustentável, iniciou com o realce ao consumo verde, onde consumidores que se importam com o que estão consumindo agregam a

variável preço e qualidade, a variável ambiental em suas escolhas, preocupados com a agressão ao meio ambiente, a durabilidade daquele produto e a vantagem de adquirir um item biodegradável ou que não seja descartável. O consumo consciente leva a uma transformação no comportamento aquém da preocupação ambiental, adere-se ao conceito os impactos consumistas e seus efeitos sociais, e o consumo sustentável, abarca todos os atores sociais envolvidos desde o início da cadeia produtiva, passando pelo uso e consumo até o descarte (SILVA, 2012).

As principais razões que motivam os consumidores adotarem esse tipo de comportamento são:

[...] a perspectiva da preocupação ambiental, a perspectiva da racionalidade econômica e a perspectiva social. O autor explica que consumidores influenciados pela perspectiva da preocupação ambiental buscam benefícios reais para o meio ambiente em seu consumo, enquanto os influenciados pela perspectiva da racionalidade econômica valorizam os benefícios econômicos do consumo e, por fim, os motivados pelo ambiente social buscam status e ganho de imagem pessoal com esse consumo.

A figura abaixo ilustra a motivações do consumo verde.

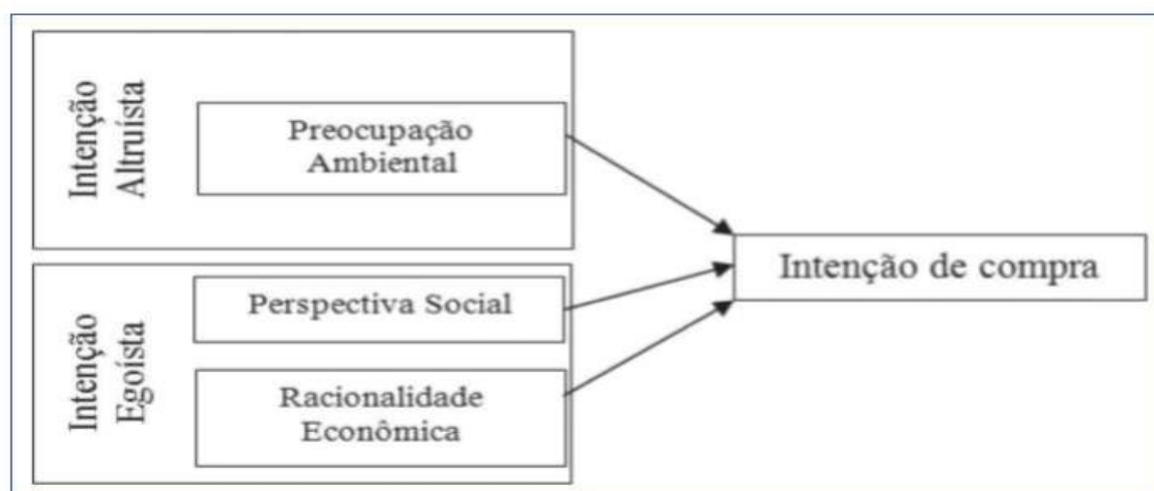


Figura 6: Motivações do consumo verde

Fonte: Schaller (2019, p. 22).

Tendo percorrido alguns apontamentos acerca da economia linear e seus perigos, impacto ambiental, gestão estratégica e sustentável e consumo consciente, a seguir apresenta-se algumas considerações sobre indústria, tecnologia, inovação, internet das coisas, como alternativas necessárias a uma conjunção de utilidades em uma só produção/produto, diminuindo a primordialidade do consumo recorrente do indivíduo.

3. A INDÚSTRIA DAS COISAS E SUA DINÂMICA TECNOLÓGICA

O comportamento humano e as transformações no mundo digital estão ocorrendo de maneira veloz, fazendo com que se altere o modo como as pessoas interagem entre si e com os objetos, e, conseqüentemente, com que cresça a demanda por produtos e serviços conectados à rede, propiciando ambientes mais criativos e eficientes, vinculados ao mundo virtual.

Esse panorama também altera estratégias de mercado, que buscam dispositivos mais avançados com maior armazenamento de dados, tecnologias mais desenvolvidas, soluções de segurança, logística para executar todas as funções, conectividade e utilidade, além de inovação e automação, ganhando espaço na indústria com o objetivo transformar digitalmente toda a cadeia de valor de fabricação, além de melhorar a eficiência operacional e transformar redes operacionais em automatizadas, podendo reduzir custos e obter ganhos em escala através da inovação.

3.1. IMPLEMENTAÇÃO MICRO, MESO E MACRO

A EC pode ser efetivamente categorizada para influenciar três níveis: o nível micro (empresa ou individual), o nível meso (parque industrial ou eco-industrial) e o nível macro (eco-cidade) (GENG et al., 2011).

No nível da empresa ou individual, segundo Araújo (2017, p. 6), na empresa:

[...] concentra-se principalmente em estratégias e ações de desenvolvimento ecológico e de produção mais limpa. As empresas são encorajadas a realizar o design ecológico e realizar auditorias de produção mais limpa, divulgando publicamente informações sobre seu desempenho ambiental para que o público possa monitorar suas operações [...]. Um sistema industrial focado no fechamento de circuitos para fluxos de material e energia contribui para a sustentabilidade a longo prazo. A nível industrial, a economia circular incorpora políticas e estratégias para energia, materiais e consumo de água mais eficientes, enquanto emitem resíduos mínimos no meio ambiente.

O principal objetivo do nível meso é o incentivo a desenvolver parques e

redes eco-industriais para beneficiar tanto a economia regional como o meio ambiente natural [...]. Indicadores bem elaborados são preciosos para gerenciar o desenvolvimento ambiental e fornecer norte para melhoria das políticas de monitoramento. Indicadores de desempenho para regiões e parques industriais se desenvolvem baseado em métodos de avaliação como: energia, análise do ciclo de vida, análise de fluxo de material, emissões de CO2 e retornos econômicos (GENG et al., 2013).

Já, o nível macro “promove atividades de produção e consumo sustentáveis e visa criar uma sociedade orientada para a economia circular” (ARAUJO, 2017, p. 6).

Aplicar a Economia Circular no planeta é um trabalho árduo. Envolve todo um novo sistema para adequar empresas, mobilizar os poderes públicos e conscientizar a população. Para Sales et al. (2019, p. 4), consideram-se três níveis de implementação para facilitar tal processo:

Micro – Aplicação mais básica da Economia Circular em que envolve a conscientização da população, pequenas empresas, constituição de políticas ambientais específicas e a produção mais limpa;

Meso – Nível médio de implementação onde envolve os parques tecnológicos e laboratórios de pesquisas que viabilizam a constituição de redes de investigação e melhoria a nível industrial; e

Macro – Nível mais abrangente no qual envolve os países e suas eco cidades a partir da criação de planos estratégicos de desenvolvimento e evolução.

Sales et al. (2019, p. 4) aduz que:

Diversos países no mundo estão se desenvolvendo para tornarem suas economias mais circulares, podendo reduzir os desperdícios e também gerar “processos mais verdes”. A Economia Circular não só visa a proteção do meio ambiente, mas também o desenvolvimento de novas práticas de produção nas quais possam tornar os produtos mais rentáveis e duráveis para as organizações. Para isso, tem-se criado diversas políticas que incentivam o desenvolvimento sustentável em todos os setores, entretanto, esses avanços não dependem apenas do governo de cada país e sim da colaboração entre o estado e as organizações, no qual podem realizar juntos novos estudos e pesquisas na área.

3.2. INOVAÇÃO

Schumpeter, um dos primeiros autores a desenvolver o conceito de inovação, define-a como sendo:

[...] a) introdução de um novo bem, cujos consumidores ainda não estejam familiarizados, introdução de um novo método de produção, e que tenha sido gerado a partir de uma nova descoberta científica, ou um novo método de tratar comercialmente *commoditie*; b) Abertura de um novo mercado, em que uma área específica da indústria, ainda não tenha penetrado, independentemente do mercado já existir; c) A conquista de uma nova fonte de suprimento de matéria prima, parcialmente manufaturados; d) O aparecimento de uma nova estrutura organizacional em um setor (apud SBARAINI; 2013, p. 19).

Segundo a Lei 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (Lei do Bem - Brasil), no seu artigo segundo, inovação é a introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resultem novos produtos, processos ou serviços.

Para o Manual de Oslo (proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica), inovação é:

[...] a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, nas organizações do local de trabalho ou nas relações externas (OECD, 1997, p. 38).

Quanto aos tipos de inovação, o Manual de Oslo se reporta conforme quadro a seguir.

Inovação de produto	Introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que se concerne as suas características ou usos previstos. Incluem-se melhoramentos significativos em especificações técnicas, componentes e materiais, softwares incorporados, facilidade de uso de outras características funcionais.
Inovação de processo	É a implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Incluem-se mudanças significativas em técnicas, equipamentos e/ou softwares.
Inovação de marketing	É a implementação de um novo método de marketing com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços.
Inovação organizacional	É a implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização de seu local de trabalho ou em suas relações internas.

Quadro 3: Definições dos tipos de inovação

Fonte: OCDE (1997, p. 58).

Para o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2009), todo tipo de inovação deve, obrigatoriamente, gerar ganhos para a empresa como rentabilidade, aumentar vendas, reduzir custos, diversificar mercado,

aumentar o portfólio de produtos e gerar maior competitividade no mercado.

Ante esse cenário, Conte e Araújo (2020, p. 8) asseveram que:

[...] a inovação é uma ferramenta fundamental para edificação e sustentação de vantagem competitiva. [...] A forma como a inovação afeta a posição competitiva de uma empresa varia de acordo com a profundidade da inovação, permitindo à empresa inovadora desde a simples criação de uma nova relação custo-benefício para seu produto até o estabelecimento de um novo padrão de competição que modifique o modelo vigente antes da inovação.

3.3. INTERNET DAS COISAS

O termo foi primeiramente proposto por Kevin Ashton em 1999, a partir de então, vem sendo adotado na academia e na indústria em distintos contextos. Segundo Sakamoto (2020, p. 14-15), a Internet das Coisas (IoT) refere-se:

[...] a uma rede de objetos interconectados, identificados unicamente, que se comunicam entre si e com outros sistemas, provendo uma gama de serviços. Esse conjunto de objetos ou "coisas" está conectado à Internet, possui capacidades de captura e compartilhamento de dados e pode ser usado para realização de tarefas complexas com um alto grau de inteligência (CONOSCENTI; VETRO; MARTIN, 2016; SETHI; SARANGI, 2017). [...] Diversos autores expõem definições acerca desse novo paradigma (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010), destacando as capacidades de computação e rede embutidas em um único objeto (PEÑA-LÓPEZ et al., 2005), a integração entre os objetos em uma rede de informação (ZHANG et al., 2014), a presença pervasiva desses elementos com a cooperação entre seus vizinhos (GIUSTO et al., 2010) e a interação entre o mundo digital e o físico com o uso de sensores e atuadores (VERMESAN et al., 2011).

Segundo a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) a Indústria 4.0 “compreende a expansão da informatização na indústria, de modo a integrar completamente máquinas e equipamentos através da internet, bem como a inteligência artificial, a robótica, a análise de dados e a internet das coisas” (ABDI, 2019, s.p.).

A Indústria 4.0 é responsável pelo surgimento da IoT que pode ser definida como:

[...] a capacidade dos objetos em se conectar à internet e trocar dados com o usuário. Tal capacidade dá espaço para diversas oportunidades nos mais diversos setores, inclusive no âmbito industrial. Através da IoT é possível captar acontecimentos do mundo real e enviá-los às plataformas conectadas, reafirmando o intenso compartilhamento de dados e informações (MORAES et al., 2020, p. 969).

Além da denominação IoT, outras se relacionam a esse conceito, tais como Internet de todas as coisas (IoE - *Internet of Everything*), Internet das coisas médicas (IoMT - *Internet of Medical Things*), Internet das coisas militares (IoBT - *Internet of Battlefield Things*), Internet dos veículos (IoV - *Internet of Vehicles*) e Internet dos objetos (IoO - *Internet of Objects*). Mesmo esses termos serem relativamente recentes, conceitos correlatos já existiam há décadas.

Um exemplo é a área de sistemas de monitoramento e controle. Desde a década de 70 que sistemas desse tipo são propostos e desenvolvidos, utilizando as redes de comunicação existentes e diversas tecnologias para acesso remoto, dando origem posteriormente a termos, tais como comunicação "*machine-to-machine*" (M2M). M2M (KIM et al., 2013) refere-se à comunicação direta entre dispositivos que são utilizados para monitorar determinado evento no ambiente. Conforme visto anteriormente, IoT incorpora interação entre objetos (*things-to-things* ou M2M) além das outras formas de interação (SAKAMOTO, 2020, p. 16).

Outro termo também relacionado a IoT é Rede de Sensores Sem Fio (RSSF).

RSSFs são redes constituídas de diversos dispositivos de tamanho reduzido denominados "nós", equipados com sensores de baixo custo e que são colocados em um ambiente de forma ad hoc para realizar sensoriamento, processamento e transmissão de dados. Esse tipo de rede é caracterizado por atuar de forma colaborativa e possuir limitações quanto aos recursos de memória, processamento e energia (SAKAMOTO, 2020, p. 16-17).

A participação ativa de objetos no processo de negócio é outra peculiaridade das redes, pois são capazes de atuar e reagir a certos eventos e situações no ambiente em que se encontram, frente às capacidades autonômicas e inteligentes, advindo de aplicar-se várias tecnologias nesse sistema (MADAKAM et al., 2015).

Para Witkowski (2017) há três conceitos relacionados à IoT: contexto, onipresença e otimização.

Contexto refere-se à ciência de informações, tais como condição física, localização ou condições atmosféricas pelo objeto; Onipresença é trazida pela ubiquidade, em que bilhões de objetos estão espalhados pelo ambiente físico; A otimização está ligada à ideia de interação do objeto com o ambiente e sua resposta imediata, ocasionando uma mudança de estado ou uma ação. Devido a essas características, alguns domínios são especialmente beneficiados por soluções propostas nesses cenários para problemas recorrentes (apud SAKAMOTO, 2020, p. 15).

Os domínios, também denominados como uma das verticais de IoT são: a saúde, cidades inteligentes, controle e medição de sistemas, integridade da cadeia de suprimentos e agricultura. No cenário da saúde, a detecção de quedas de pessoas idosas; sistemas de monitoramento de saúde vestível e de redes de corpo

humano (BSNs); hospitais inteligentes; assim como o monitoramento de sinais vitais com envio em tempo real para a nuvem, etc. Na vertical de cidades inteligentes destacam-se casas inteligentes; monitoramento da qualidade do ar, luz e de barulho; gerenciamento de energia; otimização de tráfego (monitorar em tempo real para prevenir congestionamentos, utilizar rotas baseadas em grupo).

No domínio da indústria existe a situação da cadeia de suprimentos, na subárea de transporte e logística, que inclui soluções de rastreamento de produtos (SAKAMOTO, 2020), assim como a performance e controle de equipamentos, conseguindo prever algum erro antes que este prejudique uma cadeia produtiva inteira.

Existem três tipos de interações na aplicabilidade deste campo de pesquisa: entre pessoas (*people-to-people*); entre pessoas e objetos (*people-to-things*); e, entre objetos (*things-to-things*). Nas relações entre objetos e pessoas, é relevante considerar fatores éticos e legais (SAKAMOTO, 2020).

Para Oliveira et al. (2016) a internet das coisas é uma concepção emergente da convergência de múltiplas tecnologias envolvendo internet, comunicação sem fio, sistemas embarcados e micro eletromecânicos. Cada objeto se identifica através do seu sistema de software embarcado, sendo capaz de interoperar com a infraestrutura de internet existente. Os principais componentes da rede IoT são:

[...] aparelhos eletrônicos, sensores, atuadores, computadores, celulares, televisores, ar condicionados, lâmpadas e diversos outros dispositivos utilizados em casa e também nas indústrias. As redes de comunicação que as conectam, são os sistemas computacionais que processam e fazem o uso dos dados que os dispositivos transmitem e recebem. Dessa forma, com a mobilidade e tecnologia avançando de forma rápida será possível acumular dados tanto pessoais como industriais em grandes quantidades (CONTE; ARAUJO, 2020, p. 3).

A IoT corresponde à fase atual da internet em que objetos se relacionam com objetos humanos e animais possam ser objetos portando dispositivos computacionais capazes de conexão e comunicação. Assim, objetos tendem assumir controle de várias ações diuturnamente, sem precisar que pessoas fiquem atentas e no comando. Nesse sentido, Waka (2015 apud CONTE; ARAUJO, 2020, p. 8-9) define IoT como:

[...] uma rede de informações dinâmicas de alcance global cuja estrutura apresenta uma capacidade de configuração autônoma baseada em protocolos de comunicação normalizados, nas quais as entidades virtuais e físicas utilizam interfaces inteligentes de forma integrada e a sua contribuição reside no incremento do valor da informação gerada por

entidades afiliadas cujo conhecimento beneficia a sociedade e a humanidade.

Conforme Conte; Araújo (2020), as principais aplicabilidades da IoT, utilizados na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2017) configura:

- **Design e Marketing de Produto** – Sensores podem reportar exatamente onde, quando e como um produto é usado para ajudar em processos de design e marketing;
- **Manutenção de Produto** – Informação sobre desgaste de componentes pode ajudar a cortar custos de manutenção e operação, além de identificar potenciais falhas de equipamento antes que quebrem completamente.
- **Vendas de Produtos** – Monitorando a condição e o uso de componentes conectados, podem prever quando consumidores precisarão de peças de substituição e garantir que tenham os produtos certos disponíveis no inventário.
- **Engenharia de Produto** – Monitorar condições das máquinas, configurações e uso pode resultar em ajustes que podem melhorar escolhas de materiais e de design.
- **Logística** – Sensores em grandes contêineres de entrega podem receber dados em tempo real sobre onde está um pacote, qual a frequência de manuseio e qual sua condição. Ao conectar esta informação com o sistema de gerenciamento do depósito, empresas podem aumentar sua eficiência, acelerar o tempo de entrega e melhorar o atendimento ao consumidor.
- **Processos de Fabricação** – Ao monitorar a condição, as definições e o uso do equipamento de produção, os problemas que impactem os níveis de saída podem ser identificados para ativar ações de correção e aumentar o tempo de funcionamento e a eficiência.
- **Manutenção de Frota** – Sensores podem ser usados para monitorar velocidade, quilômetros por litro, quilometragem, número de paradas e saúde do motor para frotas de serviço de campo.
- **Transporte** – podem oferecer serviços baseados em aplicações de Internet das Coisas para promover a tendência de cidade inteligente.
- **Agricultura** – Sensores podem ser usados para monitorar temperatura do ar, do solo, velocidade do vento, umidade, radiação solar, probabilidade de chuva, umidade das folhas e coloração das frutas.
- **Medicina** – Usando Internet das Coisas, os médicos e hospitais podem coletar e organizar dados vindos de dispositivos médicos conectados, incluindo *wearables* e monitores de saúde instalados nas casas (apud CONTE; ARAUJO, 2020, p. 9-10).

Estas novas aplicações, de objetos comuns, criam uma enorme quantidade de oportunidades no campo acadêmico e industrial. A IoT com aplicação industrial da internet das coisas se denomina Internet Industrial das Coisas (*Internet Industrial of Things - IIoT*), também chamado de indústria 4.0 ou quarta revolução industrial, uma mudança de paradigma, não apenas uma etapa de desenvolvimento tecnológico (OLIVEIRA et al., 2016). Sua definição, aplicação e impacto são descritos na seção a seguir.

3.4. A INTERNET INDUSTRIAL DAS COISAS (IIOT)

O objetivo da IIoT é gerar resultados como reduzir custos, aumentar produtividade e ganhos em escala, melhorar produtos e abertura de mercados, a partir da aplicação de uma rede de computadores inteligentes, dispositivos e objetos que coletam, através de sensores, e compartilham grandes quantidades de dados (KELLER, 2016).

Para Trindade (2013) a indústria 4.0 traz para a gestão das plantas industriais conceitos como:

[...] a integração total de dispositivos com o uso de novos protocolos de comunicação; o uso de sensores e instrumentos inteligentes; a convergência das tecnologias da informação, automação e operação; o aprofundamento da modelagem e do controle digital; a internet das coisas na versão industrial; a tecnologia da impressão 3D; uma nova versão de Robôs Colaborativos mais leves, sensíveis, seguros e flexíveis; a mineração e o processamento de dados em alta escala e da Inteligência Artificial para tomada de decisão, correlações e previsão de eventos e variáveis; a gestão de ativos de automação; o uso intensivo de comunicação via redes digitais, físicas e wireless e outras tecnologias atuais (apud CONTE; ARAUJO, 2020, p. 10).

Segundo Santos et al. (2016), na IIoT a integração de sistemas permite:

[...] uma interligação do digital com o físico na medida em que o ser humano poderá interagir com os meios de produção apropriados durante o processo fabril ao mesmo tempo em que monitoriza e controla os requisitos de especificação necessários para a satisfação das necessidades do cliente, controlando as unidades logísticas de forma independente e permitindo toda a gestão do ciclo de vida do produto ou serviço de forma instantânea, já que no caso industrial, a união de sistemas ciber-físicos com software interativo e integrado através de redes de dados globais, revela ser uma infraestrutura poderosa, altamente flexível, autônoma e adaptativa ao ambiente, eficaz e eficiente no seu desempenho (apud CONTE; ARAUJO, 2020, p. 3).

Conforme o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2017), em 2025 a IoT poderá gerar mundialmente receita bruta entre US\$ 3,9 e US\$ 11,1 trilhões, contribuindo em até 11% no PIB mundial.

A Cisco (líder mundial de Tecnologia da Informação – TI - e redes) prevê uma geração para as nações de ganho econômico superior a US\$ 4 trilhões até 2022, considerando economias de custos e novas receitas; o Brasil deve configurar o 9º lugar com potencial estimado em US\$ 70 bilhões.

A Accenture (2015) aponta a IoT com potencial para contribuir com US\$ 14,2

trilhões para a economia mundial até 2030. Espera-se que a IloT permita novos serviços digitais e modelos de negócios com base em dispositivos conectados e máquinas inteligentes, fomentando o crescimento econômico dos mercados desenvolvidos.

Espera-se também que investimentos em IloT e consequentes ganhos de produtividade adicionem US\$ 6,1 trilhões ao PIB dos EUA, aonde ganhos podem chegar a US\$ 7,1 trilhões até 2030. Na Alemanha o PIB pode aumentar até US\$ 700 bilhões; no Reino Unido em até US\$ 531 bilhões até 2030. Dentre os emergentes, a China se comparada à Rússia, Índia ou Brasil, pode elevar o PIB acumulado até US\$ 1,8 trilhões em 2030 (CONTE; ARAUJO, 2020).

A utilização de IoT e IloT beneficiam as plantas produtivas, onde aguarda-se ganhos como:

- **Produção:** Com as aplicações da Internet das Coisas na fase de produção é possível identificar problemas que possam ter impacto no resultado final e comprometer a sua qualidade. Assim é possível implementar ações de correção e aumentar a eficiência e produtividade das máquinas.

- **Serviços de Manutenção:** Ao ter informação detalhada e atualizada sobre o desgaste dos produtos é possível reduzir os custos de manutenção. Esta funcionalidade permite identificar defeitos ou falhas, evitando a avaria dos produtos e os custos associados. Os sensores são capazes de detectar vibrações ou temperaturas anormais e recomendar uma manutenção preventiva.

- **Engenharia:** A monitorização do funcionamento das máquinas e a sua configuração contribui para definir ajustes no processo de produção, incluindo ao nível das matérias-primas.

- **Logística:** Os sensores conectados contribuem para uma maior agilidade ao longo de toda a cadeia de distribuição. A informação em tempo real permite saber onde se encontra um determinado lote e se existiu alguma anomalia ao longo do processo de transporte. Os sensores contribuem também para implementar melhorias nos processos futuros, contribuindo para redução de custos e aumento de eficiência.

- **Gestão de Frotas:** A Internet das Coisas permite monitorizar frotas e otimizar velocidades, consumos, estado da viatura, entre outros indicadores (CONTE; ARAUJO, 2020, p. 11).

Os EUA, Suíça, países nórdicos e Holanda estão na ponta da corrida da IloT. Espanha e Itália se juntam à Rússia, Índia e Brasil como os países com as piores condições de apoio, que são infraestrutura, habilidades ou bases institucionais necessárias para apoiar a adoção generalizada dessas novas tecnologias. A IloT pode fomentar fortemente a produtividade e competitividade das economias nacionais, contudo, más condições de apoio, principalmente a pesquisa e

desenvolvimento, retardará o desenvolvimento econômico e social (CONTE; ARAUJO, 2020).

Para melhorar a frágil situação do Brasil, em 25 de junho de 2019 publicou-se o decreto nº 9.854, criando o Plano Nacional de Internet das Coisas, objetivando:

Promover a capacitação profissional relacionada ao desenvolvimento de aplicações de IoT e a geração de empregos na economia digital; Incrementar a produtividade e fomentar a competitividade das empresas brasileiras desenvolvedoras de IoT, por meio da promoção de um ecossistema de inovação nesse setor; Buscar parcerias com os setores público e privado para a implementação da IoT; e Aumentar a integração do país no cenário internacional, por meio da participação em fóruns de padronização, da cooperação internacional em pesquisa, desenvolvimento e inovação e da internacionalização de soluções de IoT desenvolvidas no país. Todos esses objetivos estão englobados e conectados por temas que nortearão o plano de ação do projeto: Ciência, Tecnologia e Inovação; Inserção internacional; Educação e Capacitação profissional; Infraestrutura de conectividades e interoperabilidade; Relação, Segurança e Privacidade; Viabilidade Econômica (CONTE; ARAUJO, 2020, p. 13).

Assim, com esse incentivo governamental para organizações no setor de TI para expandir suas ações em todo o mercado brasileiro, aguarda-se uma maior eficiência e competitividade da indústria nacional (CONTE; ARAUJO, 2020).

3.5. NOVOS MODELOS DE NEGÓCIOS

Para uma transição eficiente para a Economia Circular, é preciso fomentar as parcerias, pois as indústrias, sociedade e meio ambiente estão significativamente interligados, e os ciclos se interpõem, não sendo proveitoso isolar cada um destes. Essas parcerias geram cenário rico em oportunidades de aplicação das concepções da EC. Novos modelos de negócio, ecodesign e preservação de materiais por meio de implantar-se o ciclo reverso são algumas das oportunidades advindas desse modelo de produção cíclico (TONACO et al., 2019).

O quadro a seguir traz os principais modelos de negócios que podem alavancar a transição da economia linear para a Economia Circular.

Ecodesign		Design de produtos e processos circulares, contemplando a restauração e regeneração desde o início de vida do material.
Ciclo Reverso		Criação de valor a partir de materiais e produtos usados, por meio da coleta e devolução às suas origens.
Modelos de Negócio	Produto como Serviço	Oferecimento de serviços pela desmaterialização dos produtos.
	Economia Compartilhada	Redução do tempo ocioso de recursos e produtos por meio do compartilhamento.
	Extensão da Vida Útil	Aumento da vida útil do produto e partes por meio de reparações, manutenções e remanufatura.
	Resíduo como Recurso	Utilização de resíduos como insumos e matérias-primas em diversas cadeias de produção.
	Uso de Renováveis	Utilização de energia e combustíveis renováveis em detrimento daqueles não renováveis.

Quadro 4: Principais modelos de negócio da Economia Circular

Fonte: Tonaco et al. (2019, p. 19).

No Brasil, a mudança de paradigma tem se materializado através de programas que, embora não reconhecidos de início como eventos de Economia Circular, convergem com os ideais do modelo. Algumas empresas do setor eletroeletrônico vêm reinserindo equipamentos e suprimentos de impressoras para produzir novos equipamentos e soluções com base na logística reversa, dando maior vida útil aos componentes utilizando resíduos como recurso (TONACO et al., 2019).

Tendo em vista que a IIoT é um sistema que abarca desde o chão de fábrica até o alto nível da organização da cadeia produtiva, Conte e Araujo (2020, p. 11-12) asseveram que:

[...] um novo mercado surge com a necessidade de manter o funcionamento de todo este sistema. [...] o desenvolvimento de sistemas de IoT e serviços de IoT é uma tarefa complexa, até agora quase não explorada. De modo específico, o desenvolvimento do modelo de negócio é uma atividade crucial que requer um esforço e aprofundamento no assunto. Sendo que os serviços em IoT não são os mesmos que os serviços de computação

convencional como os que mantêm as redes corporativas e sistemas de web por exemplo.

A Economia Circular também produz mudanças estratégicas no cenário dos modelos de negócio, que são “atividades realizadas por uma organização, que determinam a forma como ela cria, entrega e captura valor” (CNI, 2018, p. 34).

Os modelos de negócio que se enquadram nas premissas e princípios da EC: produto como serviço, compartilhamento, insumos circulares, recuperação de recursos, extensão da vida do produto e virtualização; são descritos a seguir.

a. **Produto como serviço** - A oferta de valor se dá através da função e dos serviços fornecidos pelo uso do produto, por meio de inclusão de serviços no ato da venda, assim como manutenções e oferta das funções. Isso garante que a vida útil do produto seja estendida, e com o uso da logística reversa, o recolhimento dos bens após seu uso garante que sejam reutilizados por novos clientes, ou desmontados e reinseridos na cadeia produtiva. Esse modelo é atraente para empresas que possuem custos de operação de produtos elevados e competência para suporte e manutenção aos clientes.

b. **Compartilhamento** - Este modelo de negócio baseia-se na geração de valor e aumento de eficiência através do uso de um bem já produzido, por meio do compartilhamento de uso, acesso e propriedade. Existem dois casos nos quais isso ocorre, podendo ser modelo de compartilhamento não-monetizado e monetizado. No primeiro caso, não há transação financeira, dependendo apenas da participação e vontade de compartilhamento entre os usuários, reduzindo a necessidade de propriedade e armazenamento de bens para os envolvidos. Já no segundo caso, existe algum tipo de acordo financeiro transacional entre os agentes pelo uso compartilhado do bem, ou até mesmo a venda de algum item usado, gerando valor em algo que já produzido antes.

c. **Insumos circulares** - Os insumos circulares são aqueles utilizados na cadeia produtiva que passaram por processos de reciclagem, renovação, condicionamentos ou remanufatura. Eles podem ser inseridos no ciclo biológico ou técnico, e seu sucesso depende da pureza de tais insumos, para que seja mais fácil seu reaproveitamento: no caso do ciclo biológico, o uso de insumos não tóxicos garante que seja retornável à biosfera após seu uso, regenerando capital natural; no caso do ciclo técnico, quanto mais puro o insumo, mais fácil é para reciclá-los e reaproveitá-los no processo produtivo, assim como componentes recuperados. O uso destes insumos possibilita uma maior longevidade das cadeias de valor, e também reduz a pressão por uso de recursos naturais finitos ou escassos.

d. **Recuperação de recursos** - Neste modelo de negócio, o foco é a recuperação de valor, função, componentes e materiais de produtos já no fim de sua “vida útil”. São imprescindíveis as atividades de logística reversa por meio de reciclagem e remanufatura, a fim de reduzir demanda por capital natural e desperdício de materiais e componentes. A recuperação dos recursos depende do bom direcionamento de materiais e subprodutos dentro dos ciclos reversos, tendo a participação dos consumidores finais como papel chave para devolução dos produtos, facilitando o processo de recuperação de valor.

e. **Extensão da vida do produto** - A extensão da vida dos produtos é fundamental para a EC, pois minimiza o desperdício e a geração de mais

resíduos. Nesse caso, o objetivo é aumentar a vida útil de um produto, seja por parte da própria empresa ou por empresas terceiras que realizam esse serviço, garantindo um maior valor de uso dos produtos e componentes. Também são geradas receitas adicionais por meio de serviços de manutenção, visto que os produtos ficariam mais tempo na mão dos consumidores.

f. **Virtualização** - É a entrega de serviços e atividades, antes realizada por meio físico, de forma digital, o qual oferece a oportunidade de desmaterialização de produtos físicos, reduzindo a necessidade do uso de recursos naturais, além de ser adequado às tendências atuais do mundo digital (GONZALEZ, 2018, p. 20-22).

Tendo apresentado algumas considerações sobre indústria, tecnologia, inovação e internet das coisas, agora no decorrer descreve-se o conceito e entorno da economia circular.

4. O MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR

4.1. O CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR

O conceito de Economia Circular, na academia, ainda é superficial e pouco desenvolvido teoricamente, pois sua origem se deu quase exclusivamente por profissionais da esfera política, corporativa, fundações, consultoria, etc. Assim, sua concepção é amplamente utilizada em empresas e países da União Europeia, como Holanda, França, Suécia, Finlândia e Alemanha, e nos Estados Unidos, Canadá, Japão, Reino Unido, China. Também, não há evidência clara do surgimento de seu conceito. Mas, alguns autores de Escolas de Pensamentos, como John Lyle, William McDonough, Michael Braungart, Walter Stahel influenciaram tal concepção (PINTO, 2018).

A concepção de EC se expande e se desenvolve como uma meta política, contextualizada pelo aumento de preços dos recursos e mudanças climáticas, sendo um meio alternativo para melhorar a eficiência do uso de materiais e energia, o oposto da economia linear baseada no princípio de pegar-fazer-descartar.

O foco desta nova economia é não usar recursos desnecessariamente. Seu conceito ainda não alcançou um padrão, nem há consenso acerca de seu arcabouço teórico, contudo, tem certo avanço e pontos comuns entre pesquisadores (OLIVEIRA, 2019).

Percebe-se que o termo "Economia Circular" é relacionado a uma enormidade de significados e associações por distintos autores, mas no geral, apresentam comumente o conceito de sistema fechado cíclico (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

No quadro a seguir são transcritas algumas concepções sobre o modelo de economia circular.

<p>Haas et al (2015) [...] uma estratégia simples e convincente, que visa reduzir a entrada de materiais virgens e a produção de resíduos, mediante o fechamento de ciclos econômicos e ecológicos dos fluxos de recursos.</p>
<p>Blomsma e Brennan (2017) [...] um enquadramento emergente em torno da gestão de resíduos e recursos cujo objetivo é oferecer uma alternativa às práticas lineares predominantes de fazer-usar-descartar, ao analisar os desperdícios e a ciclagem de recursos utilizando estratégias como, mas não limitadas a reutilização, reciclagem e remanufatura para operacionalizar esse conceito.</p>
<p>Fischer e Pascucci (2017) [...] pressupõe a eliminação de desperdício por meio do desenvolvimento criterioso de produtos e processos industriais, de maneira que os materiais estejam fluindo continuamente e geridos em loops fechados.</p>
<p>Urbinati, Chiaroni e Chiesa (2017) [...] se baseia em sistemas de produção fechados, no qual os recursos são reutilizados e mantidos em um loop de produção e uso, permitindo gerar mais valor e por um período mais longo.</p>
<p>Ellen MacArthur Foundation (2015) [...] é restaurativa e regenerativa por princípio; têm o objetivo de manter produtos, componentes e materiais em seu mais alta nível de utilidade e valor em todos os momentos e se distingue entre ciclos técnicos e biológicos.</p>
<p>[...] um sistema interconectado, propositalmente projetado, no qual os materiais fluem em um ciclo fechado, cujo objetivo é promover a sustentabilidade (FRANCO, 2017).</p>
<p>Geisendorf e Pietrulla (2018) [...] o valor de produtos e materiais deve ser mantido, o desperdício evitado e os recursos mantidos dentro da economia quando um produto chega ao fim de sua vida útil.</p>
<p>Dodsworth (2016, p.24), “[...] criada com o intuito de ser restaurativa e regenerativa por design, com o foco em maximizar a utilidade e o valor dos produtos e seus materiais”.</p>
<p>Azevedo (2015, p. 3), “[...] ao determinar a possibilidade de criação de produtos de ciclos múltiplos de uso, reduz a dependência em recursos ao mesmo tempo em que elimina o desperdício”.</p>
<p>Duthie e Lins (2017) [...] uma alternativa para fortalecer o uso dos recursos na economia, retomando-os em um sistema regenerativo de produção e fazendo com que esses produtos se mantenham nos processos por um período possivelmente mais longo. Reduzindo assim a necessidade de extração e também de geração de resíduos.</p>
<p>Kirchherr, Reike e Hekkert (2017, p. 229), “sistema econômico que substitui o conceito de fim de vida por meio da redução, reuso alternativo, reciclagem e recuperação de materiais na produção, distribuição e consumo”.</p>
<p>[...] um ciclo de desenvolvimento contínuo que preserva e aprimora o capital natural, otimiza a produção de recursos e minimiza riscos sistêmicos administrando estoques finitos e fluxos renováveis, oferecendo diversos mecanismos de criação de valor dissociados do consumo de recursos finitos. O consumo só ocorre em ciclos biológicos efetivos. Afora isso, o uso substitui o consumo. Os recursos se regeneram no ciclo biológico ou são recuperados e restaurados no ciclo técnico. No ciclo biológico, os processos naturais da vida regeneram materiais, através da intervenção humana ou sem ela. No ciclo técnico, desde que haja energia suficiente, a intervenção humana recupera materiais e recria a ordem em um tempo determinado (ARAUJO, 2017, p. 4).</p>

Quadro 5: Algumas concepções sobre a economia circular

Fonte: Oliveira (2019, p. 20-21); Sales et al. (2019, p. 3); Pinto (2018, p. 32).

Geisendorf e Pietrulla (2018) sintetizam sua definição de Economia Circular na figura abaixo.

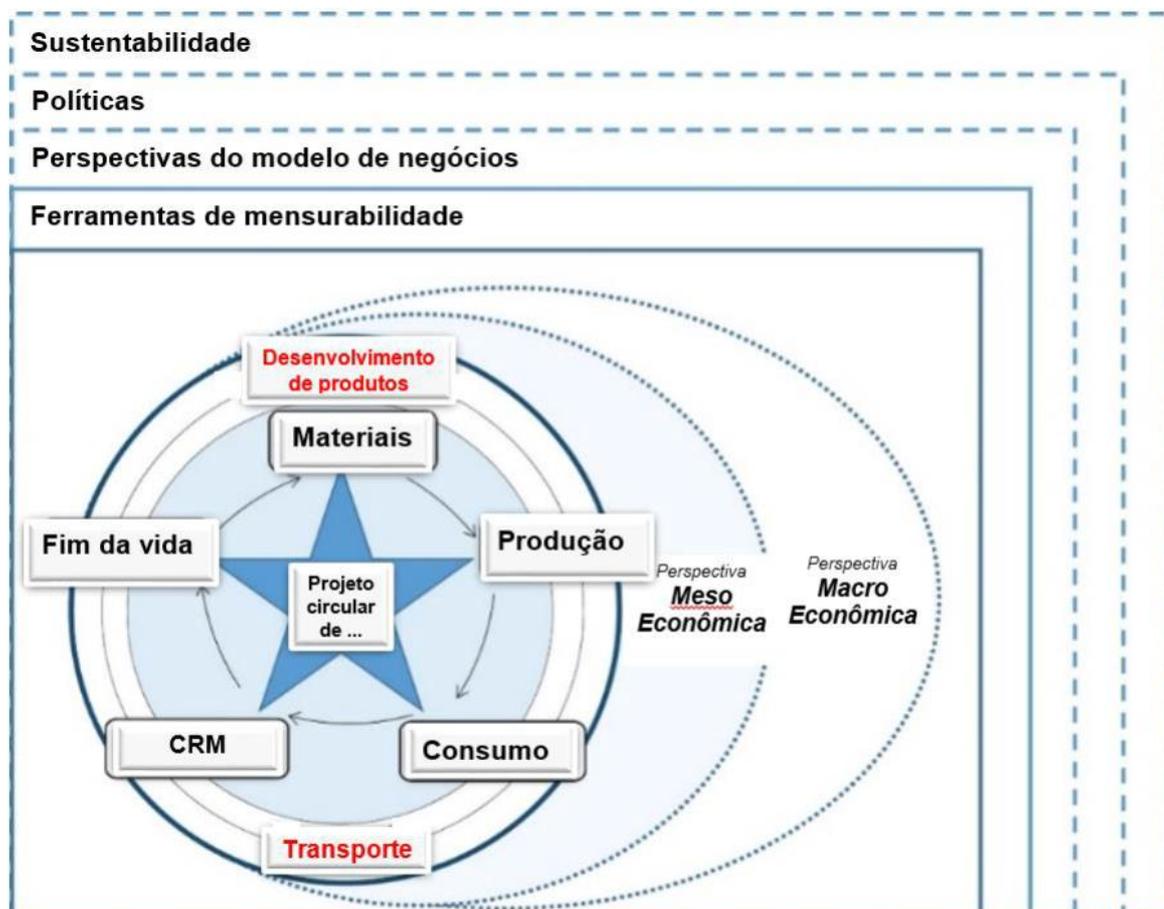


Figura 7: Definição de economia circular
Fonte: Oliveira (2019, p. 21)

Para Geisendorf e Pietrulla (2018), uma Economia Circular se inicia com o design do produto, visando reduzir resíduos resultantes; figurado pela estrela e seu entorno, os principais estágios do ciclo de vida do produto. O transporte e o produto (etapa suporte) devem ser projetados para permitir a circularidade em todos os estágios. Essas etapas configuram o nível micro, que se encontra implícito nas perspectivas meso e macro. Por fim, sugerem os denominados enquadramentos, úteis para apurar a viabilidade da implantação do projeto e/ou transição para economia circular: “ferramentas de mensurabilidade que estão relacionadas a indicadores de performance, modelo de negócios para avaliar a lucratividade do projeto, políticas e legislações necessárias e a sustentabilidade do projeto” (OLIVEIRA, 2019, p. 21).

Prieto-Sandoval, Jaca e Ormazabal (2018) apontam quatro componentes importantes para estabelecer o conceito de economia circular:

- 1) a recirculação de recursos e energia, a diminuição da demanda de recursos e a recuperação de valor dos resíduos,
- 2) uma abordagem multinível,
- 3) a sua importância como caminho para o desenvolvimento sustentável, e
- 4) a sua relação com a forma como a sociedade inova (apud OLIVEIRA, 2019, p. 21).

Kirchherr, Reike e Hekkert (2017, p. 224-225) ao pesquisar 114 publicações sobre economia circular, constataram os quatro componentes citados por Prieto-Sandoval, Jaca e Ormazabal (2018):

[...] um sistema econômico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de 'fim de vida' por redução, reutilização alternativa, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção / distribuição e consumo, operando no nível micro (produtos, empresas, consumidores), nível meso (parques eco-industriais) e macro (cidade, região, nação e além), com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, o que implica a criação de qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, para o benefício das gerações atuais e futuras (apud OLIVEIRA, 2019, p. 21, tradução do autor).

A Economia Circular tem alinhamento direto com processos de reciclar e reutilizar produtos para evitar a geração de resíduos a se descartar. Para Cordioli (2017), os sistemas da EC se baseiam em reutilizar, reparar, recondicionar, remanufaturar e reciclar produtos, objetivando assegurar que antes de ser descartado deve passar por subprocessos tornando-o apto a ser consumido/utilizado novamente, formando um circuito cíclico, como ilustra a figura abaixo.

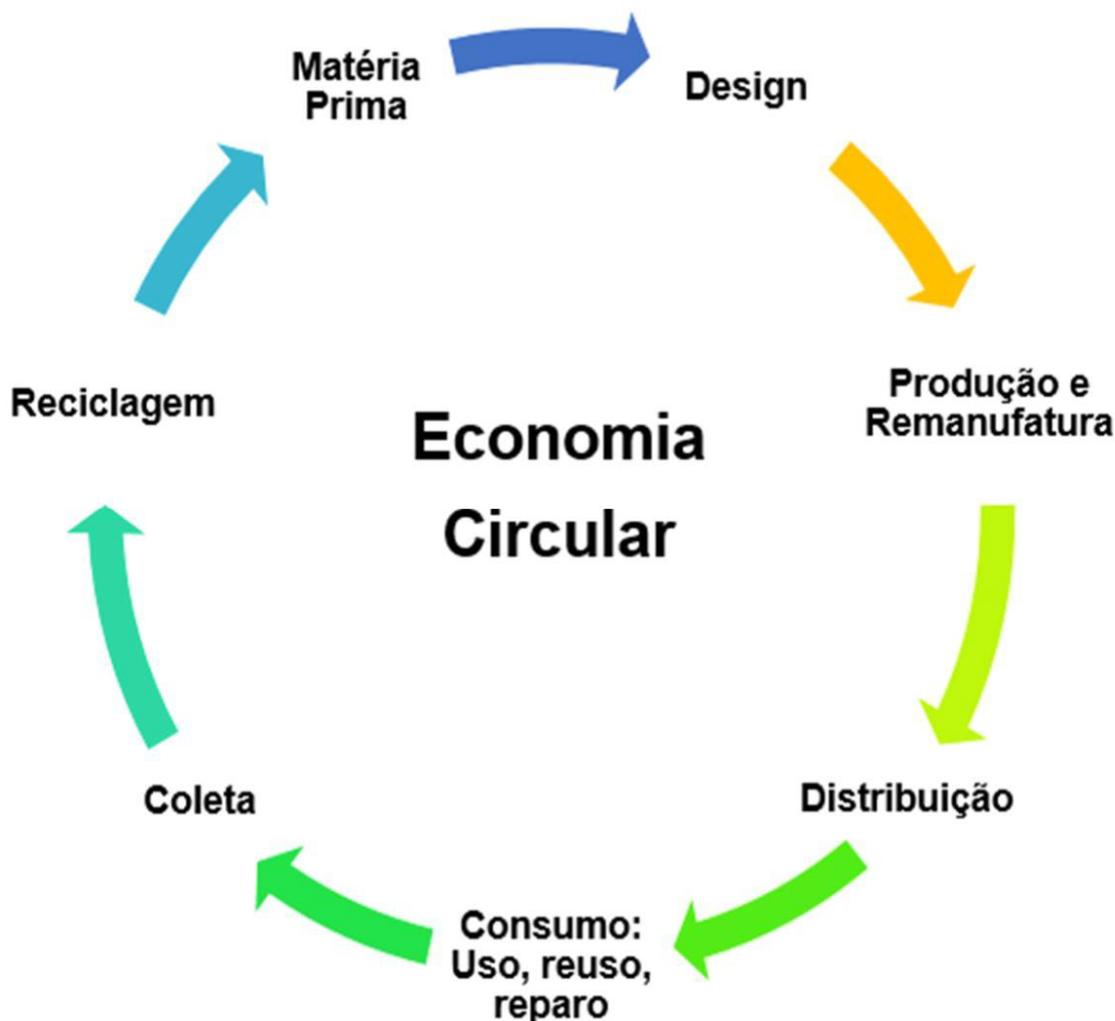


Figura 8: Modelo de Economia Circular
 Fonte: Sales et al. (2019, p. 4).

A Economia Circular envolve mais que conceitos de reciclar e reutilizar produtos, volta-se também aos modelos de gestão e processos industriais. Para uma empresa fazer uma boa gestão ambiental e tornar-se mais circular é preciso seguir um rol de prioridades como:

Gestão integrada de políticas e sistemas, buscar sempre por processos de melhoria, educar e motivar o pessoal, desenvolver e fabricar novos produtos e serviços ecologicamente mais eficientes, orientar os seus consumidores, desenvolver novos equipamentos de operacionalização e estar em constante linhas de pesquisa em busca da eficiência e de uma melhor relação com o meio ambiente. [...] a remanufatura tem como princípio restaurar produtos descartados para que possam estar em novas condições para voltarem ao uso (SALES et al., 2019, p. 4).

Para abarcar a definição de Desenvolvimento Sustentável de satisfazer as

“necessidades das gerações presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (*World Commission on Environment and Development*, 1987, p. 41); Korhonen, Honkasalo e Seppälä (2018, p. 39) lecionam:

A economia circular é uma economia construída a partir de sistemas sociais de produção-consumo que maximiza o serviço produzido a partir do fluxo linear natureza-sociedade-natureza e fluxo de energia. Isso se dá usando fluxos cíclicos de materiais, fontes de energia renováveis e fluxos de energia tipo cascata. [...] A economia circular limita o fluxo de produção a um nível que a natureza tolera e utiliza ciclos ecossistêmicos em ciclos econômicos respeitando suas taxas naturais de reprodução.

A Fundação Ellen MacArthur, foi criada em 2010, objetivando “inspirar uma geração a repensar, redesenhar e construir um futuro positivo” (Ellen MacArthur Foundation, 2013b, p. 1), propõe uma economia em que:

[...] todos os bens utilizados na produção hoje farão parte da matéria prima da produção do amanhã, criando um ciclo virtuoso que garante a prosperidade e reuso dos materiais e energia em um contexto onde os recursos disponíveis no mundo são finitos [...] ser regenerativa e restaurativa por princípio e design, garantindo que os produtos, materiais e componentes tenham o mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo. Ou seja: que estes sejam, desde o princípio, desenhados e concebidos para que permaneçam o máximo possível na cadeia de valor em sua forma de mais alta utilidade (apud PINTO, 2018, p. 32 e 33).

A concepção restaurativa não vem só de prevenir, é também de reparar danos e reduzir a poluição criando sistemas dentro da própria indústria. Assim, cria-se um ciclo de vida do produto em que desenhar, extrair, produzir, usar e reusar sejam totalmente interligados e intencionalmente desenhados para matéria e energia serem melhor aproveitados e, ao fim da vida útil, sejam recuperados (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Em suma, a EC é um ciclo que:

[...] ‘preserva e aprimora o capital natural, otimiza a produção de recursos e minimiza riscos sistêmicos administrando estoques finitos e fluxos renováveis’, podendo ser replicável em qualquer escala minimizando danos à economia e ao meio ambiente [...]. Assim, esse modelo econômico ‘extrair, transformar, reutilizar’, se bem estruturado e planejado, se torna uma alternativa atraente e viável para empresas, uma vez que utiliza menos recursos naturais, respeita os limites físicos e biológicos da Terra e gera valor para o negócio (PINTO, 2018, p. 33).

O conceito de EC se origina da teoria e do pensamento do desenvolvimento eco-industrial com base na filosofia do "ganho-ganho" onde uma economia saudável e a saúde ambiental podem coexistir. Nela, transformam-se:

[...] recursos naturais em materiais de base e produtos à venda através de uma série de etapas de valor agregado. No ponto de venda, a propriedade e a responsabilidade por riscos e resíduos passam ao comprador (que agora é proprietário e usuário). A economia linear é eficiente para superar a escassez, as empresas ganham dinheiro vendendo grandes volumes de mercadorias. Já a economia circular, segundo a metáfora do autor, é como um lago. O reprocessamento de bens e materiais gera empregos e economiza energia, reduzindo o consumo e o desperdício de recursos (ARAUJO, 2017, p. 4).

A figura a seguir ilustra o comparativo entre os dois sistemas.

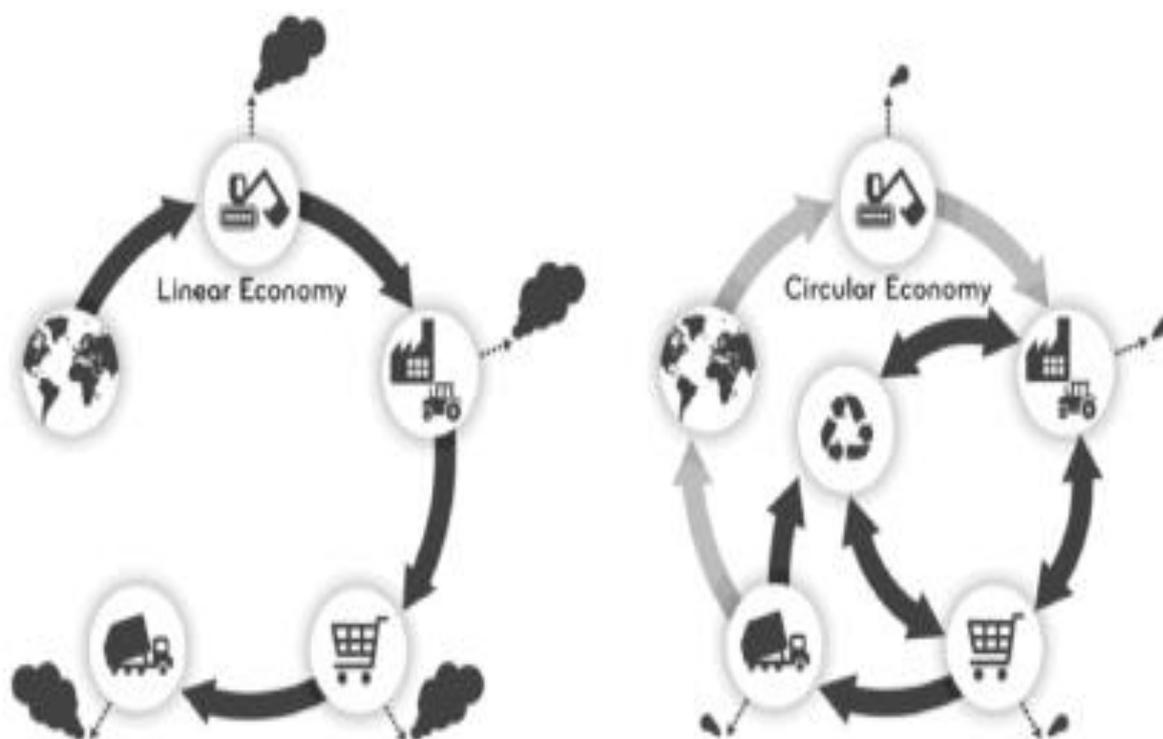


Figura 9: Esquema comparativo entre economia linear e economia circular
Fonte: Araujo (2017, p. 4).

Para Bonciu (2014), alguns aspectos distinguem o conceito de economia circular, quais sejam:

O primeiro aspecto refere-se:

[...] à abordagem holística que a caracteriza, pois ela se refere a todas as atividades realizadas em uma sociedade. Iniciando pelo design de produtos, serviços e processos, que devem ser concebidos de forma a serem mais duráveis, reparáveis e atualizáveis, permitindo a remanufatura e a reciclagem para a mesma indústria ou para outras. Desde a fase de design de produtos e serviços, deve-se ter em conta que, quando o ciclo de vida terminar, eles representarão insumos para outras indústrias. Tal abordagem significaria menos produtos descartáveis (apud ARAUJO, 2017, p. 5).

O segundo aspecto refere-se:

[...] à escala em que as empresas dependerão de produtos de reutilização, reciclagem e remanufatura durante sua atividade industrial. A implementação em larga escala de tal abordagem reduzirá a energia necessária para produzir qualquer produto e exigirá menos matérias-primas. Esse aspecto também aponta o fato de que a economia circular exigirá mudanças na educação, valores e comportamentos de produtores e consumidores (apud ARAUJO, 2017, p. 5).

O terceiro aspecto refere-se a que, para ser funcional, a economia circular necessita de um cenário legislativo e institucional próprio abarcando todos os aspectos da atividade econômica e social (BONCIU, 2014).

Além de tudo, se caracteriza como um modelo restaurativo e regenerativo em que insumos, produtos e resíduos produzidos se inserem em ciclos técnicos ou biológicos. Os ciclos técnicos reinserem os produtos e suas partes, enquanto o biológico reintroduz de modo seguro nutrientes biológicos na biosfera para decompor, sendo incorporados em matérias-primas de valor para um novo ciclo. Este é um dos três princípios que, juntos, funcionam como diretrizes para a Economia Circular. Os outros dois se voltam para preservar e aprimorar o capital natural, controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis (TONACO et al., 2019).

A Economia Circular propõe maximizar o uso sustentável dos recursos e eliminar desperdícios, o que beneficia a economia e meio ambiente. Refere-se a uma economia industrial restauradora com sucessivas aplicações dos recursos antes de serem dispostos em aterros. Foca a otimização de sistemas e não de componentes. Assim, nutrientes biológicos são “concebidos para serem reintegrados à biosfera com segurança e reconstruir capital natural”; e, nutrientes tecnológicos são “concebidos para circular com o máximo de agregação de valor, evitando entrar na biosfera” (ALMEIDA, 2017, p. 29).

A figura a seguir ilustra como os fluxos de materiais circulam pelo sistema econômico.

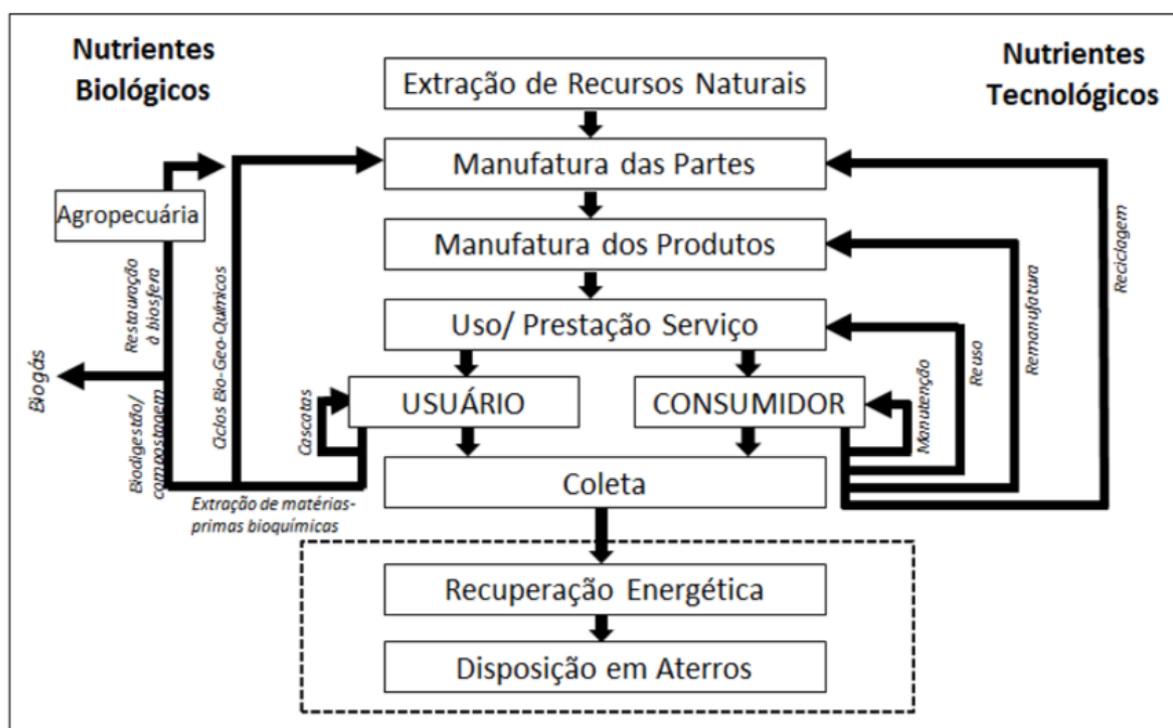


Figura 10: Fluxos de materiais no sistema econômico - Diagrama da Economia Circular

Fonte: Almeida (2017, p. 30).

Verifica-se que, os recursos são usados repetidamente, devendo existir a manutenção de seu valor sempre que possível, através da inclusão de uma série de processos ou ciclos. Sendo primordial que “varejistas mantenham cada vez mais o valor de seus produtos e, quando possível, atuem como prestadores de serviços vendendo o uso de produtos, e não seu consumo unidirecional” (ALMEIDA, 2017, p. 30).

Destaca-se também que, “mais de 80% do impacto ambiental de um produto é determinado em sua fase de projeto. Tornando o melhor design um ponto de alavanca crucial na mudança para sistemas mais circulares” (ALMEIDA, 2017, p. 31). Para tanto, este modelo tem implicações diretas:

[...] no desenvolvimento de sistemas de retomada eficientes e eficazes, que conta com a utilização de energias renováveis, minimiza, rastreia e elimina o uso de produtos químicos tóxicos e erradica o desperdício através de um design cuidadoso na fase de projeto do produto e modelos de negócios que geram produtos mais duráveis, de fácil desmontagem e remodelação e consideram mudanças de produto/serviço, quando apropriado (ALMEIDA, 2017, p. 31).

4.2. PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR

Para a Ellen MacArthur Foundation (EMC, 2013), a economia circular se baseia em alguns princípios fundamentais, conforme a seguir, citado por Almeida (2017, p. 31-32).

a) Projetar sem resíduos - Quando os componentes de um produto são projetados dentro de um sistema circular de materiais biológicos e tecnológicos, concebidos para desmontagem e renovação, não há geração de resíduos. Uma vez que os materiais biológicos, por serem não-tóxicos, podem simplesmente ser compostados. Enquanto que os materiais tecnológicos podem ser reutilizados com o mínimo de energia e uma maior retenção de qualidade.

b) Criar resiliência através da diversidade – [...] os sistemas naturais se tornam mais resilientes à medida que se adaptam aos seus ambientes de uma mistura infinita de diversidade, uniformidade e complexidade. A estrutura industrial pode usar os ecossistemas como modelo, para fabricar produtos com a mesma capacidade para a resiliência, por meio da priorização de características como modularidade, versatilidade e adaptabilidade.

c) Utilizar energia de fontes renováveis - Os sistemas devem, em última instância, ter como objetivo gerir fontes renováveis, uma vez que não há escassez de energia (renovável) a longo prazo. Um exemplo seria o sistema de produção agrícola, que se baseia no rendimento da energia solar, mas utiliza grandes quantidades de fertilizantes e combustíveis fósseis em máquinas, processamentos e através da cadeia produtiva. Sistemas alimentares e agrícolas mais integrados reduziram a necessidade de insumos à base de combustíveis fósseis e capturariam mais valor energético dos subprodutos e adubos [...].

d) Pensar de forma sistêmica - Na EC é essencial compreender como as partes se relacionam entre si e com o todo, considerando os elementos em relação ao seu contexto ambiental e social. Tais sistemas não aceitam o modelo convencional "linear", são ricos em feedback (retroalimentação) e interdependentes, exigindo maior flexibilidade para adaptação as frequentes mudanças das circunstâncias.

e) Utilizar o resíduo como alimento - Assegurar que os produtos, subprodutos e resíduos de um elemento do sistema possam ser recuperados e utilizados por outros. Os nutrientes biológicos devem ser reintroduzidos na biosfera através de loops restauradores não tóxicos (compostagem de restos de comida para uso fertilizante, por exemplo), enquanto que os nutrientes tecnológicos, podem ter seus materiais reciclados para novo uso na economia, desde que garantida a manutenção ou agregação de valor. O que é chamado de *upcycling*.

A mesma Fundação (EMF, 2010) condensa os princípios em três:

(i) preservar e aumentar o capital natural, controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis;

(ii) otimizar a produção de recursos, fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, através de projetos elaborados pensando na remanufatura, na reforma e na

reciclagem, de modo que componentes e materiais continuem circulando e contribuindo para a economia;

(iii) fomentar a eficácia do sistema, revelando as externalidades negativas e excluindo-as dos projetos, reduzindo danos a produtos e serviços (apud ARAUJO, 2017, p. 4-5).

Para alcançar os objetivos desses princípios faz-se necessário: Priorizar serviços ao invés de bens, com entrega virtual. Utilizar recursos somente se necessário e, sempre que possível, renováveis. Aprimorar o capital natural, criando possibilidades para regeneração; Projetar renovação e reciclagem aos processos produtivos, para os mesmos materiais continuarem a contribuir para a economia, dando preferência sempre para os circuitos internos menores (gastam menos energia). No ciclo biológico, é preciso reinserir com segurança os nutrientes na biosfera, para iniciar-se um novo ciclo, além de oportunizar extrair o máximo de valor desses nutrientes, reutilizando-os em cascata, em novos processos; Reduzir danos e gestão de externalidades negativas, tais como uso da terra, emissão de poluentes, uso da água, poluição sonora, etc. (GONZALEZ, 2018).

Uma ação empreendedora no campo da Economia Circular deve considerar três óticas: escassez de recursos, menor impacto ambiental e benefícios econômicos.

A escassez de recursos implica em “uso regenerativo para que a prosperidade social possa continuar, portanto a abordagem há de ser circular e necessita atenção em relação à volatilidade dos preços dos recursos e à velocidade com a qual eles se esgotam”. Quanto aos impactos ambientais na EC, o objetivo é reduzir resíduos sólidos, aterros sanitários e emissões, reutilizando, remanufaturando ou reciclando, dando atenção à legislação ambiental e à velocidade da geração de resíduos. Economicamente, para gerar rentabilidade e vantagem competitiva requer-se “uma avaliação de modelo de negócios, design de produto, design da cadeia de fornecimento e escolha de materiais, levando em conta a dependência nos recursos escassos e a percepção do valor dos impactos ambientais” (GONZALEZ, 2018, p. 19).

Conforme Gonçalves e Barroso (2019), os recursos materiais e energéticos usados para produzir são finitos e estão ameaçados, o que leva a aumentar o preço e a volatilidade das *commodities* e insumos. Na EC, os recursos podem se regenerar em dois ciclos distintos: o biológico, processo natural, ocorre com a intervenção do

homem ou não; e, o técnico, com energia suficiente, a regeneração ocorre, necessariamente, através da intervenção humana. Para tanto, é um modelo econômico, que propõem:

[...] novas oportunidades de negócios, trabalho colaborativo, preservação e aumento do capital natural, além de contribuições significativas para a sustentabilidade social, econômica e ambiental. 'A Economia Circular ultrapassa o âmbito e foco estrito das ações de gestão de resíduos e de reciclagem, visando uma ação mais ampla, [...] circulando o mais eficientemente possível produtos, componentes e materiais nos ciclos técnicos e/ou biológicos' (GONÇALVES; BARROSO, 2019, p. 267).

Ademais, a economia circular considera novas formas de transações e relações empresariais, preocupando-se com o desempenho dos serviços e produtos ofertados ao consumidor, renovam-se os processos de reparar, manter, reutilizar e renovar nas linhas produtivas, o produtor torna-se usuário através de contratos e serviços, fazendo-se necessário uma ampla rede de relações e colaborações, entre empresas de diferentes setores e consumidores (GONÇALVES; BARROSO, 2019).

As empresas que adotam a EC:

[...] aumentam a competitividade, construindo relações de longo prazo com clientes e fornecedores; minimizam a dependência em relação as matérias primas, que com o passar do tempo se tornam mais escassas e caras; tornam-se mais aptas a enfrentar as adversidades do futuro; passam uma imagem positiva a sociedade e conseguem aumentar a qualidade e reduzir os custos de produção (GONÇALVES; BARROSO, 2019, p. 268).

Além dos três princípios apontados, a Economia Circular pode ser subdividida em sete pilares que auxiliariam a visualizar escolhas de materiais renováveis causando menor impacto ambiental e valorizando o produto (GLADEK, 2017). Os pilares estão definidos na figura a seguir.



Figura 11: Os sete pilares da Economia Circular

Fonte: Sales e Carvalho (2019, p. 24).

Os sete pilares são uma ferramenta fundamental para lidar com problemas e planejar estratégias circulares objetivando reduzir impactos existentes e dar um maior valor ao produto fabricado, quais sejam:

I. Os materiais são incorporados na economia de uma maneira em que podem possuir um ciclo com valor elevado e contínuo (Pilar Material): Trata-se do retorno de produtos que possuem baixo valor nos processos de fabricação. Os materiais que passam pelo ciclo devem ter sua composição heterogênea para que não limite a sua reutilização.

II. Toda energia é baseada em fontes renováveis (Pilar Energia): A energia deve ser preservada, evitando desperdício. O consumo de energia deve corresponder com a disponibilidade de energia local, evitando assim, perdas energéticas.

III. A biodiversidade é estruturalmente apoiada e melhorada através de todas as atividades humanas (Pilar Biodiversidade): Este princípio visa preservar o valor da biodiversidade, como habitats, diversidade ecológica e fontes energéticas.

IV. A sociedade e a cultura humana são preservadas (Pilar Sociocultural): É necessário manter as culturas humanas e a coesão social, para isso, organizações devem realizar projetos afim de refletir as necessidades das partes integradas V. Saúde e bem-estar dos seres humanos e outras espécies são estruturados (Pilar Saúde): Substâncias tóxicas durante a fase de transição da economia circular devem ser reduzidas e por fim eliminadas. As atividades econômicas nunca devem ameaçar a saúde humana ou o bem-estar.

VI. As atividades humanas geram valor além das medidas financeiras (Pilar Socioeconômico): Materiais e energia não estão disponíveis de forma infinita, então seu uso deve ser significativo para a criação de um valor social. Algumas formas de valor além do financeiro incluem: estética, emocional, ecológica e outros.

VII. A água é extraída a uma taxa sustentável e a recuperação de recursos é maximizada (Pilar Água): Na economia circular o valor da água deve ser mantido, assim recomenda-se maior reutilização e sempre que possível recuperar seus recursos de valor. As tecnologias devem minimizar o uso da água doce e maximizar a recuperação energética e de nutrientes das águas residuais. A proteção de bacias hidrográficas deve ser priorizada, e as emissões nocivas para os ecossistemas aquáticos devem ser evitadas como prioridade máxima (SALES; CARVALHO, 2019, p. 24-25).

A Economia Circular também propõe novas ações para o consumo de produtos e recursos, convidando produtores, consumidores e órgãos legislativos a repensarem a maneira de fazer negócios, facilita o compartilhar, apoia o uso de energias renováveis, etc., por meio da ferramenta RESOLVE (*Regenerate, Share, Optimise, Loop, Virtualise, Exchange*):

a) *Regenerar*: apoiar o uso de energia e materiais renováveis, recuperar, reter e restaurar a saúde dos ecossistemas e devolver recursos biológicos recuperados à biosfera.

b) *Share* (compartilhar): compartilhar bens, reutilizar e usar produtos de segunda mão e prolongar a vida dos produtos por meio de práticas como manutenção, mas garantindo que os produtos terão durabilidade e capacidade de atualização para tal.

c) *Otimizar*: aumentar o desempenho, eficiência e efetividade do produto; remover resíduos durante a produção e na cadeia de suprimentos; e alavancar o uso de tecnologias como big data, automação, sensoriamento e direção remota.

d) *Loop* (círculos): remanufaturar produtos e/ou componentes, reciclar materiais, usar digestão anaeróbia e extrair substâncias bioquímicas de resíduos orgânicos e retornar para o ciclo biológico.

e) *Virtualizar*: desmaterializar direta e indiretamente produtos, como por exemplo, priorizar livros, filmes, mídia, reuniões e compras online no lugar de materiais físicos ou compras e reuniões presenciais.

f) *Exchange* (trocar): substituir materiais não renováveis antigos por novos materiais mais avançados e renováveis, usar e incentivar novas tecnologias (como impressora 3D – três dimensões – para modularidade, por exemplo) e optar por novos produtos e/ou serviços que seguem os princípios da Economia Circular (PINTO, 2018, p. 42).

Existem cinco características que trazem o conceito para a prática, são elas:

- a) Perdas são excluídas: dentro da EC, não há geração de resíduos e, para isso, os produtos são especialmente projetados. Os nutrientes biológicos devem ser altamente biodegradáveis e facilmente retornáveis ao ecossistema, enquanto que os materiais técnicos são projetados para recuperação, renovação e atualização com mínimo gasto energético;
- b) Diversidade valorizada: em repetição da resiliência dos ambientais naturais biodiversos, a EC valoriza economias em que negócios de diferentes portes coexistam;
- c) Uso de fontes renováveis de energia: o uso de tais fontes aumenta a resiliência dos sistemas ao reduzir a dependência de recursos diretamente influenciados por disponibilidade e crises. Limiares reduzidos de energia também são fatores preponderantes;
- d) Pensamento sistêmico: a EC é holística, e trata o mercado como um grande organismo, em que empresas, consumidores e até mesmo os recursos naturais fazem parte de um mesmo sistema complexo;
- e) Preços refletem custos reais: na EC, as externalidades negativas e positivas são internalizadas, bem como os valores dos serviços ambientais prestados, para, ao final, resultarem no real custo dos produtos e serviços (COSTA, 2017, p. 21).

A figura a seguir resume os princípios e características da EC. Do lado direito, o fluxo dos nutrientes técnicos; no esquerdo, a cadeia de nutrientes tecnológicos. “Analisar um processo produtivo dentro do ciclo proposto pela EC considera, então, a compreensão de todo o ciclo de vida de todos os nutrientes envolvidos” (COSTA, 2017, p. 21).

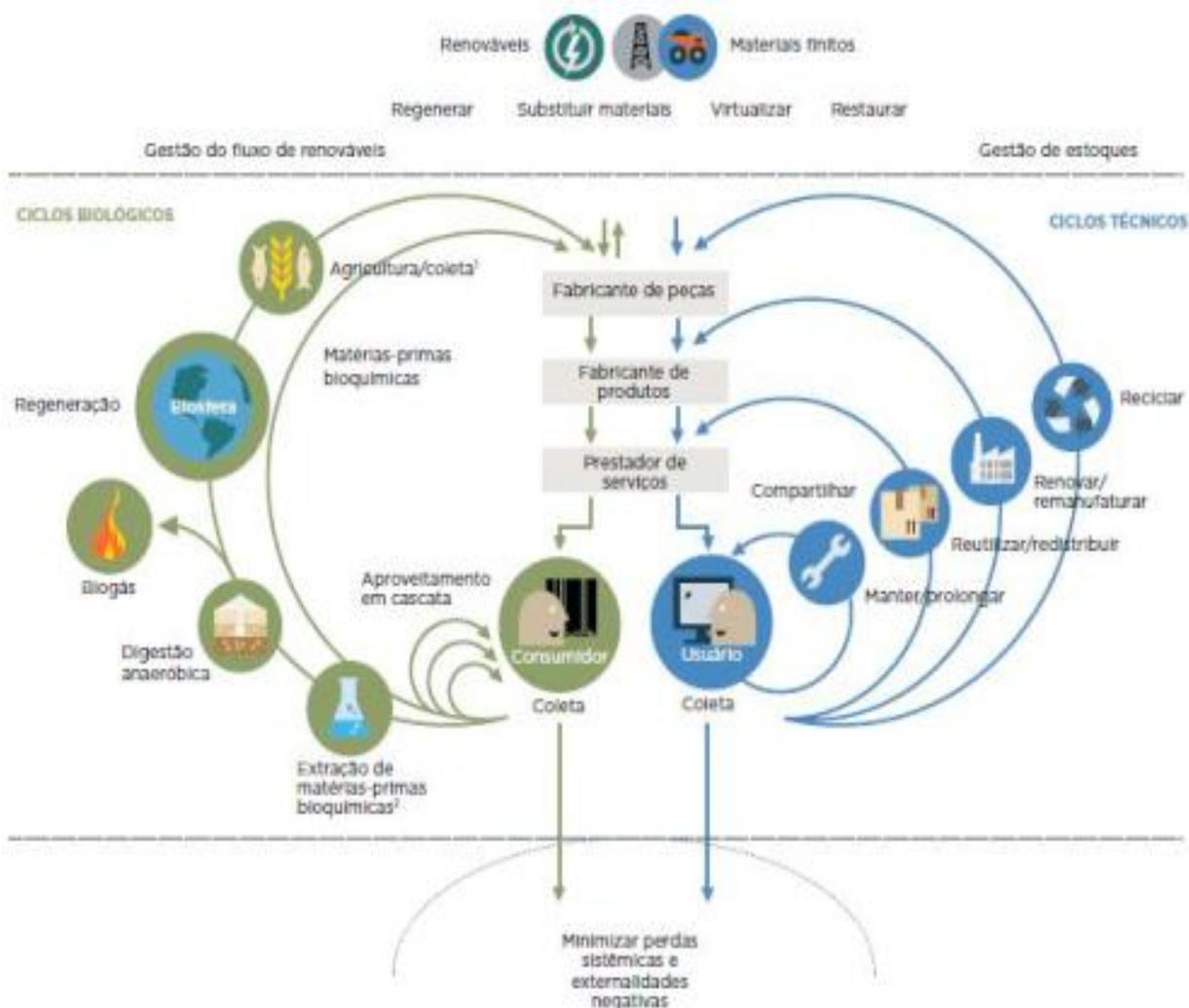


Figura 12: Ciclo Biológico e Técnico da Economia Circular
 Fonte: Costa (2017, p. 22).

E, finalmente, a somatória dos princípios e das características promovem quatro formas de criação de valor:

A primeira, focada nos ciclos menores, preconiza manutenção e reparo, e, posteriormente, reutilização e remanufatura, sendo a reciclagem a última via considerada. A segunda, explicada pelo maior número, ou tempo de duração dos ciclos, tem inerente a ideia de que menos produto, mão de obra e energia precisarão ser utilizados para criar novos. A terceira, cascadeamento do reuso de um produto, em que o redesign e a desconstrução promove uma diversidade de usos até a devolução final à biosfera. A quarta, empodera os insumos puros e não contaminados, o que, principalmente para nutrientes técnicos, aumenta eficiência de coleta e distribuição, além de manter sua qualidade (COSTA, 2017, p. 22).

Para a implementação do modelo são exigidas algumas reformulações das práticas econômicas. As empresas têm o papel de promover ações de mudanças direcionadas a sustentabilidade e responsabilidade social, pois possuem

conhecimento de organização e de tomada de iniciativa.

Hoje, o maior foco das ações políticas e das ferramentas é buscar soluções para os resíduos materiais; e, ações para reutilizar, reparar, redistribuir, remanufaturar e reformar são pouco desenvolvidas e recebem menos atenção. Para avançar rumo à Economia Circular, os projetos devem ser mais inteligentes e contextualizados, com propostas de maior durabilidade além da conscientização sobre as profundas conexões entre os negócios, produtos, bases sociais locais e lideranças com o objetivo de definir novos ciclos de vida e tecnologias (BARROS, 2020).

O conceito carrega ainda a questão do tamanho dos círculos. Os menores são de grande valor para a estratégia. Deve-se conservar a integridade e complexidade de cada produto, evitando mudanças que demandem gastos de novos materiais e energia. Círculos mais longos maximizam a quantidade de ciclos ou o tempo de cada um. Refere-se à reutilização do produto por várias vezes, aumentando o tempo útil de vida. Prolongar o consumo de um produto leva à economia de novos produtos que seriam consumidos nesse período, além de toda energia e mão-de-obra gastos (FARIA, 2018).

A figura abaixo ilustra essa discussão.

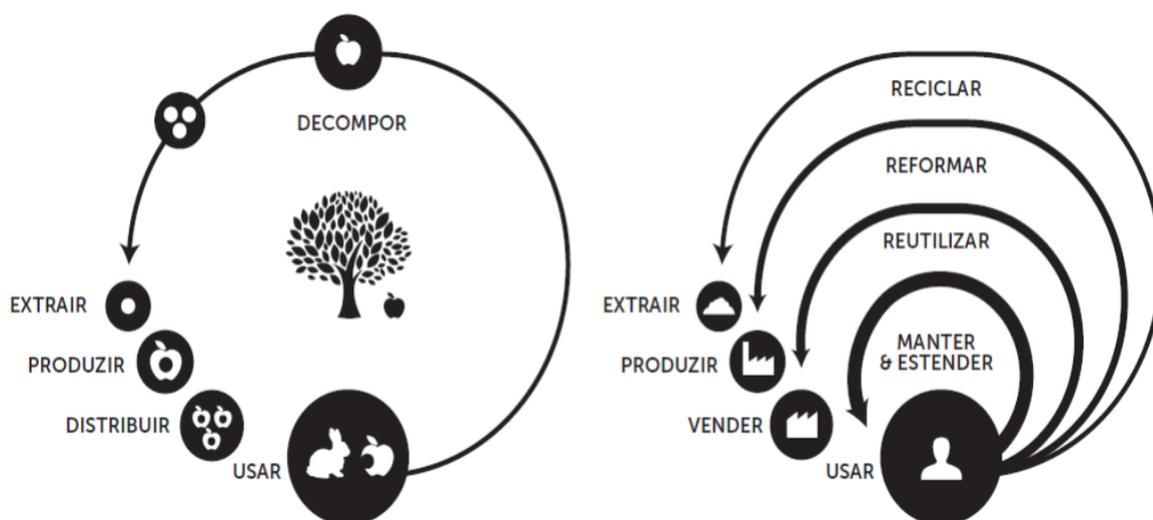


Figura 13: Ciclos da Economia Circular
Fonte: Faria (2018, p.25).

Tem-se ainda o conceito do uso em cascata, de diversificar o reuso, pois não

necessariamente um produto deve ser reutilizado apenas na sua função original. Assim, impede-se a entrada de novos produtos no mercado (FARIA, 2018). Um exemplo é a utilização de tecidos em várias possibilidades, usando a criatividade atrelada à moda ou mesmo colocando roupas usadas em brechós para circularem para outras pessoas. Além deste, o uso de materiais degradáveis como fertilizante para plantas também é um exemplo reuso acessível para todos.

4.3. BENEFÍCIOS DA ECONOMIA CIRCULAR

A seguir, vê-se a lista os benefícios da economia circular, abrangendo as partes em todos os níveis - clientes, empresas e sociedade como um todo (PINTO, 2018, p. 47-48):

1 - Benefícios para a economia

- Reduções de custo com matéria-prima, gestão de resíduos e de emissões;
- Redução de riscos na volatilidade e suprimento de materiais no mercado;
- Criação de oportunidades de novos negócios e crescimento nos setores primário, secundário e terciário;
- Redução das externalidades e
- Estabelecimento de sistemas econômicos mais resilientes.

2 - Benefícios para consumidores

- Melhoria da qualidade dos produtos;
- Redução da obsolescência programada;
- Maior possibilidade de escolha; e
- Benefícios secundários - por exemplo novas funções dos produtos.

3 - Benefícios para as empresas

- Potencial de lucro em novos negócios
- Novas formas de relacionamento com clientes;
- Oportunidades em novos modelos de negócio
- Novas oportunidades de financiamento;
- Criação de resiliência e vantagem competitiva;
- Redução custos e riscos com matérias primas;
- Redução nos gastos com legislação e regulação ambiental;
- Ganhos diretos com recuperação/ reciclagem dos materiais que eram descartados;
- Possibilidade de *green marketing* para novos produtos e serviços;

- Redução da complexidade dos produtos e ciclos de vida mais gerenciáveis e
- Estímulo à inovação e ecodesign.

4 - Benefícios para Sociedade

- Geração de empregos;
- Aumento do senso de comunidade, cooperação e participação através da economia compartilhada;
- Benefícios socioculturais e de bem-estar.

5 - Benefícios para Meio Ambiente

- Redução no uso de matéria-prima virgem;
- Aumento do tempo de vida de matéria-prima por meio da eficiência no uso dos materiais e sua recuperação ao longo da cadeia;
- Diminuição da geração de resíduos e consequente alocação em aterros sanitários;
- Diminuição na geração de emissões.
-

Para que a transição da economia linear para a circular seja efetiva e produza resultados desejados, é preciso uma mudança de cultura e de visão de negócios em toda a cadeia do ciclo de vida do produto, inclusive de todos os interessados e afetados pelo processo.

As transformações precisam ocorrer na concepção de produtos e processos de produção, criar oportunidades e formas de transformação dos resíduos em recursos, novos modelos de negócios e de mercado, como também uma mudança sistêmica e inovadora em diferentes níveis de organizações, sociedade, tecnologia, finanças e políticas, para que essa transformação seja completa (PINTO, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de EC apresentado se mostrou válido e benéfico a partir das vantagens perante o linear, um modo de consumir que não resultará em ganhos pensando coletivamente.

Além da economia de recursos, maior eficiência energética e vantagem competitiva, a longo prazo é o modelo que o planeta necessita para preservação e bem-estar da sociedade, mudando hábitos de consumo e gerindo e reciclando resíduos.

Através de considerações sobre os conceitos da indústria das coisas, inovação e internet das coisas verificou-se que todo tipo de inovação deve, imprescindivelmente, gerar ganhos para a empresa como rentabilidade, aumentar vendas, reduzir custos, diversificar mercado, aumentar o portfólio de produtos e gerar maior competitividade, mas, nem por isso, deixa de ser possível unir inovação a redução de resíduos e menores danos ambientais.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Indústria 4.0 pode economizar R\$ 73 bilhões ao ano para o Brasil**, 2019. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/postagem/industria-4-0-pode-economizar-r-73-bilhoes-ao-ano-para-o-brasil>>. Acessado em out. 2020.
- ACCENTURE. **Potencial da Internet Industrial das Coisas só será atendido com o apoio de governos e empresários, revela Accenture**. 2015. Disponível em: <<https://www.accenture.com/br-pt/company-potential-internet-of-things-government-business-support>>. Acesso em out. 2020.
- ALMEIDA, Roberta De Azedias. **A política nacional de resíduos sólidos para o setor de televisores: um panorama a partir da perspectiva da economia circular**. 2017. 87f. Trabalho de Conclusão de Curso.
- ANDREWS, D. The circular economy, design thinking and education for sustainability. **Local Economy**. v.30, p. 305-315, 2015.
- ARAÚJO, Thaís Duek de. **Economia Circular: breve panorama da produção científica entre 2007 e 2017**. Disponível em: <<http://engemausp.submissao.com.br/19/anais/arquivos/417.pdf>>. Acesso em out. 2020.
- BARROS, Stella Teles. **Design na indústria do vestuário: princípios da sustentabilidade ambiental como estratégia para auxiliar na redução de resíduos têxteis no segmento de Moda Festa**. 2020. 100f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Uberlândia. 2020.
- BEUREN, Ilse Maria. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2003.
- BNDES. Banco Nacional De Desenvolvimento Economico E Social. **Internet das Coisas: estimando impactos na economia**. 2017. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/internet-coisas-iot>>. Acesso em out. 2020.
- BONCIU, F. The European economy: From a linear to a circular economy. **Romanian Journal of European Affairs**. v. 14, p. 78-91, 2014.
- CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A.; SILVA, Roberto da. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- CNI. Confederação Nacional Da Indústria (CNI). **Economia Circular – Oportunidades e Desafios para a Indústria Brasileira**. Brasília: CNI, 2018.

CONTE, Gerson Yuri Cagnani; ARAUJO, Geraldo Jose Ferraresi de. A internet da indústria das coisas: oportunidades e ganhos potenciais. **Ágora: R. Divulg. Cient.**, v. 25, p. 1-17, 2020.

CORDIOLI, F. E. **Proposta de uma ferramenta para avaliar os princípios da economia circular em empresas que praticam a remanufatura**. 2017. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

COSTA, Natália Rodrigues. **Economia circular como proposta para o processo industrial siderúrgico nacional**. 2017. 54f. Monografia de Especialista em Economia do Meio Ambiente, no Curso de Pós-Graduação em Economia do Meio Ambiente, da Universidade Federal do Paraná. Curitiba,. 2017.

EMC. Ellen Macarthur Foundation. **Towards the Circular Economy 1: economic and business rationale for an accelerated transition**. Cowes, Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation, 2012.

EMC. Ellen Macarthur Foundation. **Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition**. v. 1, 130 p., 2013a.

EMC. Ellen Macarthur Foundation. **Towards the Circular Economy: Opportunities for the consumer goods sector**. v. 2, 2013b.

EMC. Ellen Macarthur Foundation. **Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial**. Cowes, Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation. 2017.

EMF. **Circular economy**. Ellen Macarthur Foundation, Cowes, 2010. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>>. Acesso em out. 2020.

EMF. Ellen Macarthur Foundation. **Economia Circular**, 2015. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1/caracteristicas-1>>. Acesso em out. 2020.

EMF. Ellen Macarthur Foundation. **Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition**. 2013.

Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2017.

FARIA, Álvaro De Melo. **Economia Circular: Reinvenção das Formas de Negócio**. 2018. 43f. Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia, de Bacharel em Ciências Econômicas. Uberlândia. 2018.

FILHO, E. J. M. A.; CARDOSO, B. L.; BARBOZA, M. N. L. Intenção de consumo verde no contexto das características egoístas ou altruístas do produto versus a consciência ambiental do usuário. **Caderno EBAPE**, Rio de Janeiro, 17, n. 2, 2019.

FREITAS, Ernani Cesar de; PRODANOV, Cristiano. **Metodologia do Trabalho Científico**. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

GEISENDORF, S.; PIETRULLA, F. The circular economy and circular economic concepts a literature analysis and redefinition. **Thunderbird International Business Review**, v. 60, n. 5, p. 771–782, 2018.

GENG, Y. et al. Measuring China's circular economy. **Science**. v. 339, p. 1526-1528, 2013.

GENG, Y. et al. Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. **Journal of Cleaner Production**. v. 23, p. 216-224, 2011.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GLADEK, Eva. **The Seven Pillars of the Circular Economy**. 2017. Disponível em: <<http://bit.ly/2IDY3hN>>. Acesso em out. 2020.

GONÇALVES, Taynara Martins; BARROSO, Ana Flavia da Fonseca. A economia circular como alternativa à economia linear. **Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe** (2019).

GONZALEZ, Tereza Sanches. **Economia circular**: comparação dos avanços à transição entre Brasil e União Européia. 2018. 70f. Monografia de economia da Universidade Federal Do Rio De Janeiro. Rio De Janeiro. 2018.

HART, S. L. A natural-resource-based view of the firm. **Academy of Management Review**, 4, n. 986-1014, 1995.

HOEK, R. I. V. From reversed logistics to green supply chains. **Supply Chain Management**, 4, n. 129-134, 1999.

KELLER, A. L. **Internet das coisas aplicada a indústria**: dispositivo para interoperabilidade de redes industriais. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2016.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 221–232, 2017.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. **Circular Economy**: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, v. 143, p. 37–46, 2018.

LUZ, Beatriz. (Org.). **Economia circular Holanda**: Brasil: da teoria à prática. 1. ed. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017.

MADAKAM, S. et al. Internet of Things (IoT): A literature review. **Journal of computer and communications**, v. 3, n. 5, 2015. p. 164. 2015.

MORAES, Paloma Krisllen. SMARTPLUG - sistema de tomadas inteligentes para uso racional de energia elétrica. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 964-979, mai. 2020.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of Business Ethics**, v. 140, n. 3, 2017.

OECD. Organisation For Economic Co Operation And Development. **The Oslo Manual: The Measurement of Scientific and Technical Activities**. Paris: OECD; 1997. Disponível em: <<https://www.oecd.org/science/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm>>. Acesso em out. 2020.

OLIVEIRA, A.H. et al. **Aplicações de automação em IoT: Internet of Things**. Revista Científica e Soluções. v. 1, nº 10. 2016.

OLIVEIRA, Gerson Da Cruz. **Desafios para implantação da economia circular: estudo de caso de uma empresa de eletroeletrônicos no contexto brasileiro**. 2019. 84f. Trabalho à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, como Mestre em Gestão para a Competitividade. São Paulo. 2019.

PINTO, Júlia Figueiredo. **Avaliação do potencial da Economia Circular em auxiliar na transição rumo à Economia 4.0**. 2018. 100f. Monografia graduação em Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2018.

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

SAKAMOTO, Sarah Gomes. **Segurança, privacidade e blockchain no contexto de internet das coisas**. 2020. 65f. Monografia de Especialização em Internet das Coisas, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba. 2020.

SALES, Gabriel Fernandes; CARVALHO, Tais Soares De. **Propostas da economia circular aplicadas a uma indústria de embalagens plásticas no oeste paranaense**. 2019. 121f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2019.

SANTOS, B. P. et al. **Internet das coisas: da teoria à prática**. In: Simpósio Brasileiro De Redes De Computadores E Sistemas Distribuídos, Salvador. 2016.

SBARAINI, J. **Inovação em processos: propostas de como gerar um funil adequado para projetos de inovação em processos**. Campo Limpo Paulista: FACAMP, 2013.

SCHALLER, Hanna Assis Bittencourt. **Práticas sustentáveis como fonte de vantagem competitiva nas pequenas empresas brasileiras**. 2019. 49f. Monografia de Administração da Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2019.

SCHARMER, C. O. **Liderar a partir do futuro que emerge**: a evolução do sistema econômico egocêntrico para o ecocêntrico. Traduzido por Cristina Yamagami, Rio de Janeiro: Elsevier. 2014.

SEBRAE. Serviço Brasileiro De Apoio A Micro E Pequena Empresa. **O que é Inovação**. Disponível em: <<http://www.facadiferente.sebrae.com.br/2009/03/11/o-que-e-inovacao/>>. Acesso em out. 2020.

SILVA, M. E. D. Consumo sustentável: a articulação de um constructo sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa (RECADM)**, 2012.

TONACO, Adriano Scarpa et al. Economia circular em distritos industriais mineiros: análise do projeto-piloto em sete lagoas. **Alemur** vol. 4 (2019) pp 13-37. 2019.

TORRES Jr., A. S. e PARINI, F. P. **Economia Circular** – Evolução e perspectiva inovadora. XX SemeAd: São Paulo, 2017.

TRINDADE, S. **A evolução das redes industriais para a Internet das Coisas (IIoT) aplicada a gestão dos processos na indústria 4.0**. 2013. Disponível em: <<https://ianalitica.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em out. 2020.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. **Oxford University Press**, v. 4, n. 1, p. 300, 1987.

WWF, World Wide Fund for Nature. (2012). **Living planet report**. Disponível em: <http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_2012_summary_booklet_final.pdf>. Acesso em out. 2020.