

Qual é o Foco, Mestres e Doutores?

Análise dos Eixos Temáticos para Avanço em Economia Circular

1. INTRODUÇÃO

A Economia Circular (EC) surgiu como um modelo econômico focado em promover o uso consciente e otimizado de recursos por meio da retenção de valor por prolongamento de uso, redução ou eliminação de geração de resíduos, fechamento da produção em ciclos, com perda mínima ou sem perda de recursos e energia (Souza Junior et al., 2020). A abordagem contrapõe os sistemas tradicionais de produção e consumo que consistem na lógica de extrair, usar e descartar. Alinha-se aos pressupostos da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável ao propor alternativas de produção que maximizem a utilidade dos recursos já inseridos nos ciclos de produção e evite a retirada de recursos virgem no ambiente (Fernandes et al., 2020). Este objetivo é operado pelo desacoplamento do crescimento econômico da necessidade contínua de exploração de recursos, que inibe a geração de consequências como o desgaste ambiental e o aceleramento do exaurimento de recursos essenciais para a sociedade (Bocken et al., 2016; Nubholz, 2018).

O avanço no campo da EC perfaz várias iniciativas de tomadores de decisões e formuladores de políticas. Os estudos teóricos e empíricos apresentam contribuição em campos como modelos de negócios circulares (Hoffmann, Morais, & Teodoro, 2019), facilitadores (Boer et al., 2020), barreiras (Guldmann & Huulgaard, 2020), indicadores de circularidade (Heisel & Rau-Oberhuber, 2019), políticas (Völker, Kovacic, & Strand, 2020), metodologias de implementação (Chen et al., 2020), inovação (Pieroni, McAloone, & Pigosso, 2019), interface com a sustentabilidade e desenvolvimento sustentável (Sverko Grdic, Krstinic Nizic, & Rudan, 2020). A variedade de campos e áreas possíveis para exploração, a diversidade do fenômeno no campo, assim como os avanços no contexto das empresas e de políticas para a economia circular faz com que o tema seja recorrente e atual (Lieder, Asif, & Rashid, 2020). O campo é emergente e pulverizado em várias frentes de exploração.

A lógica cíclica dos processos de produção no contexto da economia circular é alcançada por meio de inovações, que permitem a reutilização, reparo e reciclagem com base em design projetado para longo prazo (Briassoulis, Pikasi, & Hiskakis, 2020). Os loops são fechados em ciclos que impedem a saída dos recursos da produção. Isso resulta em ciclos de produção consecutivos e fluxos de recursos planejados para reduzir a geração de resíduos e perda de valor. A adoção de práticas circulares rompe com os princípios lineares de produção ao incorporar padrões elevados de fabricação e design, que levam ao desperdício zero num cenário ideal (Bag & Pretorius, 2020). As operações de engenharia e modelos de gestão devem ser ajustados para comportar a transição para a economia circular, o que demanda esforço de diferentes setores de produção e áreas de conhecimento (Chen et al., 2020).

Do ponto de vista teórico, o campo demanda definição e esclarecimento para possibilitar a consolidação da economia circular (Geissdoerfer et al., 2017). A justificativa desta pesquisa encontra fundamento no fornecimento de resposta à seguinte questão chave: **quais alvos existentes e que avanços as pesquisas especializadas em economia circular, restritas a teses e dissertações, fornecem para o progresso no campo?**

Este estudo desenvolve uma revisão sistemática de literatura que evidencia os eixos temáticos e áreas de interesse no campo da economia circular que são abordados em estudos de alta especialização, frutos de trabalhos de mestrado e doutorado. São apontadas 11 áreas predominantes de interesse de pesquisadores em teses e dissertações, denominadas como categorias, e outras 5 áreas menores, denominadas de subcategorias de estudo. Os temas são explorados a partir da frequência de sua ocorrência nas pesquisas e dispostos num modelo teórico que permite visualizar o panorama amplo do comportamento do campo. Propõem-se

um framework que organiza os diversos temas identificados e fornece um entendimento holístico sobre a inserção da economia circular nos programas de mestrado e doutorado.

A originalidade deste trabalho deriva do esforço em mapear, compreender e descrever a articulação das diferentes abordagens que a economia circular recebe em estudos de alta especialização, relacionados a documentos de dissertações e teses. Várias revisões recentes acrescentam conhecimento ao campo ao pacificar e promover direções para avanços futuros, como nos estudos de Acerbi e Taisch (2020), Bag e Pretorius (2020), Bansal et al., (2020) e Hussain e Malik (2020). A escolha da literatura cinzenta, limitada a teses e dissertações, foi feita em função de buscar compreender quais temas são estudados em pesquisas profundas, frutos de estágios de graduação e formação de especialistas a nível de mestrado e doutorado. As revisões de artigos revisados por pares e demais documentos de literatura cinzenta são mais comuns. Portanto, o desenvolvimento de revisão sistemática de teses e dissertações apresenta um panorama ainda inexplorado em profundidade, questão que é tratada na presente pesquisa.

O estudo está estruturado em seções. Além da introdução, na segunda seção está disposto framework teórico da pesquisa. Na terceira seção descrevem-se os procedimentos de pesquisa. Na quarta seção dispõe-se a análise dos temas. A quinta seção são discutidos os principais achados do estudo e apresenta-se o framework integrado dos temas. A sexta seção conclui o estudo.

2. FRAMEWORK TEÓRICO

A economia circular é definida como um modelo de economia que é restaurador e regenerativo em sua essência, que visa a maximização da utilidade e a permanência dos recursos nos ciclos de produção, conceito amplamente difundido pela Ellen Macarthur Foundation (EMF). Seus princípios são baseados em três aspectos fundamentais: i) preservar e melhorar o uso do capital natural, ii) otimizar a utilidade e o rendimento dos recursos, iii) promover a eficácia dos sistemas produtivos (EMF, 2015). A mudança de paradigmas na lógica de produção rumo a processos circulares e mais sustentáveis numa perspectiva temporal visa reduzir o consumo de recursos virgens, manter recursos nos sistemas produtivos, agregar valor pelo uso, fechar e estreitar ciclos de recursos para prolongar sua utilidade (Geissdoerfer et al., 2017).

A circularidade dos recursos aumenta a longevidade de seu uso, diminui drasticamente as emissões e permite a permanência dos recursos e a diminuição das perdas pelo desperdício (Konietzko, Bocken, & Hultink, 2020). Os modelos de negócios baseados na lógica circular recebem crescente atenção de indústrias e formadores de políticas como uma forma de promover o desenvolvimento econômico, a sustentabilidade no uso dos recursos e o estímulo à proteção do ambiente natural (Chen et al., 2020). As práticas alinhadas a EC, como restauração, regeneração, reciclagem e reutilização promovem a criação e transição para modelos de negócios circulares e o desenvolvimento de processos e produtos que permitam a permanência dos recursos no sistema produtivo (Fellner & Lederer, 2020). O sistema pode enfrentar dificultadores e barreiras para sua implementação, como altos custos de transição inicial, falta de cooperação entre fornecedores, desagregação da cadeia de suprimentos, fragilidades quanto às habilidades necessárias, resultados de longo prazo e altos custos de processos (Jaeger & Upadhyay, 2020).

A circularidade pode ser mensurada e analisada no nível micro (produtos, componentes, materiais), nível meso (inter firma, cadeia de suprimentos, parques industriais) e nível macro (governos, países, políticas) (Ghisellini et al., 2016; Saidani et al., 2019). Diferentes ações podem ser compreendidas com impactos em distintos níveis, visto que as atividades podem ter alcance restrito conforme seu objetivo. No nível micro são comuns a discussão e exploração de temas como os modelos de negócios circulares e a avaliação do ciclo de vida. O tema, embora seja abordado por distintas áreas de conhecimento, recebe crescente atenção por pesquisas da área de engenharia e de negócios. O foco dado pelas diversas subáreas da engenharia visa a melhoria dos processos, do aproveitamento dos materiais e da energia, planejamento do produto

para possibilitar a reutilização dos materiais e componentes após o uso, entre outros. Na área de gestão, a preocupação é com a proposição de negócios alinhados com os princípios da economia circular e inovação para a transição circular (Bansal et al., 2020). O nível meso pode direcionar atenção para a eficiência de recursos e para a reutilização, ambas práticas que transmitem valor ao longo da cadeia de fornecimento. Os resíduos e recursos não úteis para um dado processo podem ser aproveitados em outro, o que agrega valor e cumpre o propósito de permanência dos recursos nos ciclos de produção (Bracquené, Dewulf, & Duflou, 2020). No nível macro as políticas para a economia circular e a gestão de resíduos são temáticas relevantes e atuais. O estímulo à implementação de práticas circulares é executado pela instituição de regulamentações a nível de governo, que definem papéis e atribui responsabilidades na transição para o modelo circular de economia. A destinação de resíduos com mitigação de impacto ambiental é um desafio para governos, sobretudo com a inserção da possibilidade de geração de valor pelo aproveitamento de materiais inservíveis ou rejeitos. Os resíduos podem ser transformados novamente em recursos para reinserção no ciclo de produção (Morseletto, 2020). As diferentes iniciativas para a economia circular devem ser exploradas e articuladas, do ponto de vista teórico e prático, para que sejam aproveitadas as oportunidades e geradas alternativas para diferentes produtos e serviços. Isso fomenta a transição para a economia circular em várias frentes e acelera sua inserção nos negócios e nas políticas governamentais.

3. MÉTODO

O método utilizado nesta pesquisa é uma revisão sistemática de literatura que toma como base dissertações e teses de mestrado e doutorado. A revisão foi desenvolvida de acordo com Tranfield et al. (2003) e o processo é resumido em três etapas. Schopfel e Prost (2020) apontam que a porcentagem de artigos que mencionam literatura cinzenta, que inclui teses e dissertações, é relativamente baixa, variando em torno de 0,05% do total de materiais utilizados em pesquisas acadêmicas. Entretanto, seu uso é ascendente se considerada a trajetória de 1999 a 2018, com referência ao crescimento médio de 5% ao ano. Seu escopo contempla uma grande variedade de fontes e formas de operação incluído o Google, Google Scholar e repositórios de universidades como as principais fontes de busca especializada no campo.

Na primeira etapa foram definidas as strings e executadas as buscas nas bases de dados. As bases utilizadas foram o portal da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) (URL <http://bdtd.ibict.br/vufind/>), que integra os sistemas de informação de teses e dissertações existentes nas instituições de ensino e pesquisa do Brasil, para levantamento de documentos produzidos no contexto brasileiro, e o Google Scholar (URL <https://scholar.google.com>), para identificação da pesquisa e produção de dissertações e teses no contexto mundial. No primeiro, utilizou-se a string “economia circular”, com retorno de 68 trabalhos. No Google Scholar, foram utilizadas a string “circular economy”, na combinação AND com “thesis” e “dissertation”. O retorno foi de 18.600 resultados. A busca final foi executada nos dias 08 e 09 de agosto de 2020, sem nenhuma restrição cronológica. As strings foram identificadas no título, resumo, palavras-chave e conteúdo.

Como a busca no Google Scholar retornou uma quantidade expressiva de resultados, procedeu-se à estratificação e identificação da relevância dos trabalhos para inclusão na revisão. O exame preliminar dos resultados da pesquisa indicou a redução drástica da utilidade e vinculação ao escopo do estudo a partir dos 500 primeiros resultados, tendendo a zero o número de estudos aproveitados. Entretanto, para certificar a inclusão de todos os possíveis estudos na revisão, foram avaliados os 1.000 primeiros resultados. Isso vai além do recomendado por Haddaway et al. (2015) e Schopfel e Prost (2020), que recomendam a inclusão de 200-300 resultados ordenados por relevância para revisões sistemáticas que utilizam literatura cinzenta. Ao final, a amostra inicial foi de 1.068 estudos.

Na segunda etapa procedeu-se à leitura preliminar dos trabalhos. Os materiais foram avaliados a partir da leitura do título, resumo, palavras-chave e do formato/tipo de manuscrito.

Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: i) trabalhos com formato ou tipo diferente a tese ou dissertação, ii) estudos duplicados ou redundante (apenas um dos estudos encontrados foi considerado), iii) estudos publicados em formato resumido, iv) impossibilidade de localizar o arquivo do documento na íntegra *online*, v) estudos escritos em língua diferente a inglês ou português, vi) estudos que não abordam economia circular ou cujo foco não esteja alinhado ao escopo da pesquisa. Não se utilizou nenhum critério de segmentação com base na área de estudo ou metodologia, sendo incluídos teses e dissertações de todas as possíveis áreas e com as mais variadas abordagens metodológicas. Após a aplicação dos critérios de exclusão, obteve-se a amostra final de 108 trabalhos inclusos para a análise, sendo 83 dissertações de mestrado e 25 teses de doutorado.

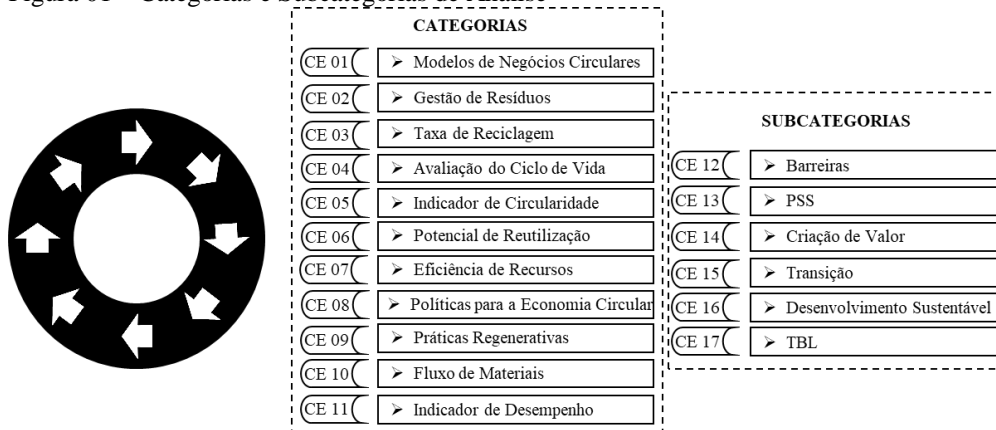
A terceira etapa compreende a extração dos resultados e categorização com base em argumentos teóricos. As teses e dissertações foram exploradas com o intuito de identificar informações pertinentes à caracterização do tema e dos estudos e para a definição de categorias analíticas. Os documentos foram recuperados e analisados para a tabulação de informações bibliométricas, como autoria, ano de publicação, orientação do trabalho, universidade a qual a tese ou dissertação está vinculada, área de conhecimento, país sede, setor aplicado, conceito de economia circular adotado como norteador da pesquisa, nível de implementação da economia circular, objetivo, metodologia, principais resultados, limitações e recomendações, entre outras informações. Após o levantamento das informações descritivas que os resultados evidenciaram, definiu-se categorias analíticas para a condução do aprofundamento sobre a análise dos resultados, demonstrando as perspectivas e possibilidades para avanço no tema com base nas limitações dos estudos progressos.

Os temas-chave das categorias analíticas para desenvolvimento e contextualização da inserção da economia circular no contexto dos programas de mestrado e doutorado deu-se a partir da visualização da articulação das áreas e do direcionamento que o avanço do campo demonstra. Os dados foram analisados por meio de um processo dinâmico de definição, classificação, categorização e leitura das relações existentes. Não se adotou qualquer tipo de codificação já descrita em outros estudos de revisão, para promover novidade no arranjo entre os temas e categorias. Após o refinamento dos dados e das unidades de análise, os argumentos teóricos foram dispostos e organizados para a geração de confluência sobre a lógica dos estudos. A partir dos argumentos discutidos, são traçadas perspectivas para avanços em futuros estudos com escopo base no formato de tese ou dissertação, de forma holística.

4. ANÁLISE TEMÁTICA

Os resultados da revisão da literatura indicam a concentração de estudos em grupos e subgrupos de interesse, denominados como categorias e subcategorias de análise. O desenvolvimento e interpretação dos resultados são comportados em 11 categorias predominantes e 5 subcategorias, dispostas e codificadas na Figura 01.

Figura 01 – Categorias e Subcategorias de Análise



As áreas temáticas categorizadas são analisadas face às diferentes interações que as pesquisas produzem, definidas a partir de elementos teóricos identificados previamente na literatura. Os temas são apresentados da seção 5.1 a 5.12, considerando a disposição ordenada em função de sua recorrência nos estudos, conforme segue: 5.1 Modelos de Negócios Circulares, 5.2 Gestão de Resíduos, 5.3 Taxa de Reciclagem, 5.4 Avaliação do Ciclo de Vida, 5.5 Indicador de Circularidade, 5.6 Potencial de Reutilização, 5.7 Eficiência de Recursos, 5.8 Políticas para a Economia Circular, 5.9 Práticas Regenerativas, 5.10 Fluxo de Materiais, 5.11 Indicador de Desempenho, e 5.12 Subcategorias da Economia Circular, com os temas de Barreiras, *Product-Service System*, Criação de Valor, Transição para a Economia Circular, Desenvolvimento Sustentável e *Triple Bottom Line*.

4.1 Modelos de Negócios Circulares

A categoria de Modelo de Negócios Circulares comporta a discussão sobre a emergência de formação de modelos de negócios alinhados aos princípios da economia circular (Geissdoerfer et al., 2017). A proposição de formas diferenciadas de negócios implica não apenas na mudança na forma como se produz, mas sobretudo em como os modelos operacionais são configurados, nas relações entre elos de uma cadeia de fornecedores e em sistemas de inovação que estimulem a incorporação de melhores práticas para a economia circular (Rossi et al., 2019). A mudança de paradigma derivada da transformação da lógica de produção para um sistema em ciclos fechados demanda o redesenho do design de produtos e processos para viabilizar o desencadeamento das ações cabíveis para a circularidade de material e redução de perda de energia por entropia (Lieder, Asif, & Rashid, 2020). Portanto, é necessário inovar para incorporar os conceitos da EC nos negócios (Salvador et al., 2020).

A transição dos modelos de negócios envolve a implementação de princípios associados as estratégias operacionais, que necessariamente envolvem a adoção de práticas de produção mais limpas (Merli et al., 2018) e o fechamento dos recursos em ciclos (Bocken et al., 2016). Sobretudo quanto ao aspecto de implementação da economia circular nas empresas, a transição para o modelo ou mesmo a criação de modelos de negócios já adequados aos princípios compreende a proposta, criação, captura e entrega de valor contínuo (Lieder, Asif, & Rashid, 2020).

4.2 Gestão de Resíduos

A categoria de Gestão de Resíduos apresenta estudos sobre as possibilidades de tratamento eficiente dos rejeitos de produção ou da atividade humana e sua transformação em recursos produtivos (Parajuly et al., 2020). Ao mesmo tempo em que o ambiente fornece recursos, também é um assimilador de resíduos. Os princípios da economia circular implicam na tomada dos resíduos como uma fonte alternativa de recursos (Acerbi & Taisch, 2020). Não se trata apenas da redução dos rejeitos de produção, mas sobretudo da criação de valor por sua reincorporação no sistema produtivo (Chen et al., 2020). Além de reduzir externalidades pela diminuição do descarte, também permite que os ciclos de produção sejam realimentados com materiais já retirados no ambiente. Portanto, na lógica circular de produção, o que antes era resíduo deve ser considerado como matéria-prima de outros produtos, mantendo um circuito fechado de produção (Haupt & Hellweg, 2019).

A atividade industrial e a humana com desperdício zero é uma fonte de incorporação de valor e ganhos de eficiência que vão além da simples conversão de ganhos. A redução de resíduos depositados em aterros e reincorporados efetivamente no sistema produtivo permitem ganhos adicionais a outras atividades inerentes à economia circular, como reciclagem e recuperação (Fellner & Lederer, 2020). Além de incorporação de valor aos ciclos técnicos, nos ciclos biológicos a compostagem permite que o ambiente receba novamente as matérias extraídas, o que garante a circularidade dos diferentes níveis.

4.3 Taxa de Reciclagem

A categoria Taxa de Reciclagem contribui para a reinserção de materiais no ciclo produtivo e reduz a carga ambiental do descarte (Fellner & Lederer, 2020). Dentre as principais possibilidades de criação de valor relacionadas à economia circular estão as baseadas no *downcycling* e *upcycling*, que consistem na recuperação ou aumento do valor de materiais previamente descartados. É comum que essas práticas sejam próprias para reincorporação de materiais nas etapas de início ou de final da cadeia de fornecedores, ou seja, próximas às entradas e saídas de materiais (Lüdeke-Freund, Gold, & Bocken, 2018).

É pertinente destacar que as externalidades negativas derivadas na destinação inadequada do lixo se estendem do aspecto ambiental ao social, visto que implicam na contaminação do solo e da água, degradação de ambientes naturais e na geração de doenças associadas a falta de saneamento básico (Hanumante, Shastri, & Hoadley, 2019). Os efeitos indesejados do descarte incorreto de materiais associam-se a deficiências de gestão das políticas econômicas e sociais, que comprometem a saúde pública.

4.4 Avaliação do Ciclo de Vida

A categoria de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é base para a implementação de circularidade nos produtos e materiais, ao propor um sistema consistente e plenamente orientado por resultados quanto à identificação de possibilidades de fechamento dos ciclos (Kambanou & Sakao, 2020). Para todos os produtos, resultados de processos de manufatura, podem ser traçadas estratégias para desaceleração da perda de valor a partir do estudo das etapas de produção, uso e disposição. A ACV é uma metodologia amplamente difundida como ferramenta para mensurar as possibilidades de inserção de elementos circulares ao processo produtivo (Primc et al., 2020). Mediante a avaliação dos estágios de produção e uso de produtos e componentes, é possível planejar e propor ações para reduzir as pressões sobre os produtos, traçar estratégias para reuso, acondicionamento, recomposição e remanufatura. A avaliação do ciclo de produção e de uso é ferramenta para fornecer informações suficientes para estabelecer parâmetros entre produtos, compará-los e aprimorá-los (Souza Junior et al., 2020).

A avaliação do ciclo de vida alinhada aos preceitos da economia circular permite que estratégias sejam propostas para cada etapa de produção e consumo. As ações são aplicáveis a outras premissas circulares, como a reutilização, a reciclagem ou incineração (Kambanou & Sakao, 2020). Para estratégias abertas, como a reciclagem, os produtos podem ser avaliados para a reinserção na manufatura de outros produtos, ou para a incorporação no mesmo sistema do produto. Em todos os casos, podem ser traçadas possibilidades de melhoria para reduzir ao máximo a perda de material ou de energia (Hoffmann, Morais, & Teodoro, 2019).

4.5 Indicador de Circularidade

A categoria Indicador de Circularidade é tomada como a razão entre o valor econômico de cada sessão recirculada e o valor econômico de todas as partes do processo (Linder et al., 2020). De modo amplo, os indicadores de circularidade objetivam a mensuração do nível de circularidade de produtos, componentes e materiais, assim como a possibilidade de restauração dos fluxos e limitação da perda de energia (EMF, 2015). Os diferentes indicadores podem ser dimensionados em grupos que exploram os níveis micro (produto, componente, material, energia, consumidores), meso (parques industriais, clusters, cadeia de suprimentos) ou macro (cidade, província, país, governos). Podem ser orientados por diferentes finalidades, como mensuração de valor econômico, conservação de materiais e energia, fluxos de recursos, entre outros.

O *Material Circular Indicator* (MCI) proposto pela Ellen MacArthur Foundation, tomado com exemplo, pode ser aplicado no nível de produto e nível corporativo. Permite comparar quão circular é um produto, tomando como referência sua permanência de uso ou prolongamento de uso, e quão circular são produtos dentro de um mesmo portfólio, de um ponto de vista comparativo (EMF, 2015). A modalidade de avaliação proposta pela EMF possibilita mensurar a utilidade de recursos oriundos da reciclagem ou da recirculação, avaliar

componentes de fase de fim de vida quanto à viabilidade de reutilização ou reciclagem, e ainda promover meios de intensificar o uso de produtos e materiais, prolongando sua vida útil.

4.6 Potencial de Reutilização

A categoria Potencial de Reutilização trata do nível de implementação do reuso de materiais e insumos no processo produtivo circular, fazendo a reentrada constante de materiais pelo reuso de componentes (Park & Chertow (2014). Os modelos de negócios circulares permitem e estimulam a reutilização contínua de componentes e materiais. A reinserção dos produtos permite a extensão da utilidade e agregação de valor pelo uso. O estreitamento dos loops de materiais, com objetivo no fechamento dos ciclos de produção e redução das saídas de materiais é um esforço que ganha potencialidade a cada possibilidade de reinserção de componentes no sistema produtivo (Sartal, Ozcelik, & Rodríguez, 2020). Um potencial ascendente de reutilização implica na minimização de perda de energia pelo processamento, assim como na trajetória circular dos materiais, premissas fundamentais do modelo circular. Para diferentes produtos podem ser traçadas distintas estratégias para fechamento dos loops ou desaceleração da perda de utilidade (Hussain & Malik, 2020).

A reutilização de componentes e produtos pode ser potencializada pela execução de ciclos menores. Ciclos de uso menores implicam em menos trocas para reutilização, e por consequência, menos produtos são utilizados. Nesse sentido, é mais eficiente priorizar os ciclos internos, associados a trocas menores, do que ciclos externos, nos quais os produtos passam por estágios mais intensos de transformação, como no caso da reciclagem (Lüdeke-Freund, Gold, & Bocken, 2018).

4.7 Eficiência de Recursos

A categoria Eficiência de Recursos trata da otimização e maximização do uso de materiais e energia (Di Maio et al., 2017). Num contexto de consolidação de práticas sustentáveis e circulares, a forma como as empresas utilizam os recursos com foco na eficiência é fundamental (Bracquené, Dewulf, & Duflou, 2020). A utilização otimizada e consciente de recursos, a gestão de seus fluxos e uso com a finalidade de extensão da utilidade é potencializada num contexto global de constante crescimento da demanda com uma disposição reduzida e finita de recursos. O crescimento orientado pela sustentabilidade passa pela gestão eficiente dos recursos disponível, pelo prolongamento de seu uso e pelo respeito aos limites de exploração que o planeta suporta. Os avanços tecnológicos permitem que as perdas de valor e de recursos ao longo da cadeia de fornecimento sejam reduzidas ou eliminadas mediante a incorporação de práticas alinhadas aos princípios circulares (Julianelli et al., 2020).

Os tomadores de decisões e formuladores de políticas tem a árdua tarefa de articular o uso eficiente de recursos com a melhoria do desempenho pelo seu uso (Slorach et al., 2020). O cenário demanda a proposição de indicadores capazes de descrever a situação e traçar alternativas mediante a disposição de oportunidades para alavancagem por meio da redução, reutilização e reciclagem. Os limites para a implementação de ações em economia circular são impostos pela eficiência no arranjo dos recursos. Quanto mais deficitário o uso do recurso, mais dificultados serão a obtenção de resultados (Briassoulis, Pikasi, & Hiskakis, 2020).

4.8 Políticas para a Economia Circular

A categoria Políticas para a Economia Circular insere o tema no contexto das regulamentações, estímulos e ações governamentais para que a economia circular seja incorporada em diferentes níveis na sociedade (Silvestri, Spigarelli, & Tassinari, 2020). As políticas de regulação determinam responsabilidades e estipulam metas para diferentes setores como uma forma conjunta de esforço para seu atingimento. Em todo planeta podem ser encontradas iniciativas de governos para a elaboração e implementação de estratégias para a transição para a economia circular (Avdiushchenko & Zajac, 2019). A transição somente terá efeito consolidado se contar com o esforço coletivo e conexão entre setores. Portanto, o registro de ações de sucesso auxilia no fomento e estimula a edificação de um cenário internacional

quanto à implementação, evolução e consolidação da economia circular nas agendas governamentais (Slorach et al., 2020).

A reconfiguração dos modelos de negócios demanda mudança sistemática e inovação para incorporar padrões novos de produção. As políticas de estímulo a transição circular precisam fomentar a reestruturação das cadeias de valor para que modelos diferenciados de produção e gestão possam gerar meios de transformar resíduos em recursos e otimizar sua utilização (Hanumante, Shastri, & Hoadley, 2019). A transposição do modelo linear de produção requer que o planejamento seja transversal entre os diversos setores, fundamentada em políticas de promoção à mudança e estímulo à ação. A transformação do modelo econômico deve ser uma fonte de estímulo para que a lógica circular seja difundida até o menor dos elos da cadeia de produção e incentive a adoção de padrões de comportamento de consumo mais conscientes.

4.9 Práticas Regenerativas

A categoria de Práticas Regenerativas compreende a progressão contínua para adoção de ações restaurativas e reconciliatórias para os sistemas de produção na lógica circular (Lütje & Wohlgemuth, 2020). Aliada aos demais princípios da economia circular, a progressão regenerativa resulta em menores níveis de demanda por recursos externos e na longevidade dos ciclos (Zhou et al., 2019). Ao contrário do sistema circular de produção, a linearidade é degenerativa em sua essência, visto que os fluxos de recursos e energia não são retroalimentados pelo próprio sistema. O fim do uso implica no descarte e na perda do recurso como uma medida final (Zhou et al., 2020). Os recursos entram num fluxo cujo resultado é o desperdício de ativos e a subutilização de materiais. Este modelo provoca a redução do potencial de uso e a geração de externalidades econômicas e socioambientais derivadas do processo produtivo.

A incorporação de práticas regenerativas aprimora o capital natural pelo consumo controlado de recursos e extensão de sua utilidade, intercalando com a inserção de recursos de origem renovável sempre que possível. Por meio da desmaterialização de produtos e utilização de serviços, uso de recursos renováveis nos processos produtivos, condicionamento, regeneração e recuperação de produtos e componentes, os ciclos de produção recebem menos pressão e os sistemas naturais são menos impactados pela atividade industrial (Sartal, Ozcelik, & Rodríguez, 2020). Além da possibilidade de redução de impacto, deve-se buscar meio para efetivamente torna-se parte simbiótica da natureza e de seus recursos (Haupt & Hellweg, 2019).

4.10 Fluxos de Materiais

A categoria Fluxo de Materiais possibilita às empresas a adoção de práticas que maximizem o uso de recursos originários de processos regenerativos, reduzindo a entrada de matéria-prima nova (Saidani et al., 2019). A partir do mapeamento dos fluxos e trâmites de materiais, medidas de otimização, reciclagem e racionalização podem ser projetadas para cada parte do processo produtivo. A lógica da compreensão dos fluxos de materiais na indústria deriva da incorporação de elementos próprios da dinâmica da natureza. No sistema natural, os recursos e a energia são utilizados e reaproveitados num fluxo constante e ininterrupto, no qual não são geradas externalidades e nem resíduos. O consumo de materiais é altamente otimizado e a recirculação ocorre com perdas mínimas, num sistema fluido. No sistema industrial, a compreensão dos fluxos de recursos demanda que as perdas de matérias-primas e energia sejam mínimas, viabilizadas sobretudo em função da recuperação e reaproveitamento de todo componente (Slorach et al., 2020).

A principal barreira para a otimização completa dos fluxos de materiais são as disfunções nas relações entre produtos e fornecedores. A cenário ideal para a incorporação dos fluxos otimizados implica na execução de processos cooperativos entre parceiros numa cadeia de fornecimento, de modo que resíduos de um processo possam ser incorporados facilmente em outros processos produtivos (Guldmann & Huulgaard, 2020). O valor dos materiais fica

retido no produto e as perdas são evitadas. A qualidade dos fluxos de materiais tem impacto sobre os diferentes elementos da cadeia de produção e refletem em benefícios ambientais mútuos. A avaliação dos fluxos de materiais para correção de inconsistências e aprimoramento de processos é relevante para potencializar o desempenho circular (Sassanelli et al., 2019).

4.11 Indicador de Desempenho

A categoria Indicador de Desempenho encontra definição na razão entre o desempenho ambiental real e o desempenho ambiental ideal, na forma de obtenção de ganhos e benefícios mútuos na relação empresa versus ambiente natural (Huysman, et al., 2017). O tema de desempenho é amplamente estudado e já consolidado na área de estudo de gestão e negócios (Gruman & Saks, 2011). É tomado em estudos da área como uma variável dependente, na qual distintos elementos exercem poder de influência e condicionamento na forma de uma relação de dependência. Para diferentes parâmetros de análise, distintas medidas ou resultados para o desempenho podem ser geradas (Sassanelli et al., 2019). No contexto da economia circular, o desempenho é medido em função de condições específicas, para aferição de valores e práticas ou resultados de ações orientadas para a circularidade. Como no campo da sustentabilidade, a obtenção de desempenho fica condicionada ao critério ao qual se vincula a análise e a unidade sobre a qual o estudo se aplica (Alexander, 2020).

A mensuração do desempenho, no contexto da economia circular, vincula-se a longevidade do uso ou duração de um recurso no ciclo (Franklin-Johnson et al., 2016). O indicador de longevidade está associado ao desempenho ambiental, que remete a quão extenso pode ser a utilidade de um material, componente ou produto até que seja necessário o retrabalho para novo uso. A métrica permite verificar a contribuição para que os recursos sejam retidos e mantidos plenamente em uso. Num sistema perfeitamente circular, a utilidade de uso tende ao infinito (Buonocore et al., 2019). Um produto com vida útil mais longa é mais alinhado aos princípios da economia circular do que aquele com menos tempo de uso. A permanência do uso do produto implica na redução da necessidade por produtos novos.

4.12 Subcategorias de Economia Circular

Outros tópicos foram abordados no contexto de aplicação e implementação da economia circular em diferentes níveis, do aspecto micro ao macro. Estes temas registram menor frequência em relação aos demais já discutidos, mas comportam contribuição e avanço para a incorporação do tema em áreas diversas.

A subcategoria de barreiras agrega contribuição no campo ao explorar temas que dificultam ou atrasam a incorporação da economia circular nas empresas e na agenda dos formadores de políticas (Guldmann & Huulgaard, 2020). O contorno das barreiras e a potencialização de motivadores pode acelerar a transformação da economia rumo ao fechamento dos ciclos de produção. A superação de barreiras pode ser operada a partir de levantamento de informações e dados precisos quanto aos diferentes ciclos de materiais e produtos, que inclusive permitem o levantamento dos custos e benefícios de sua implementação a nível setorial.

O *Product-Service System* (PSS) é tratado no sentido de possibilitar a redução de impactos ambientais ao reduzir o consumo de recursos pelo prolongamento do uso de produtos. O uso não fica condicionado à posse, e sim ao pagamento pelo uso (Fernandes et al., 2020). Dentre outros benefícios, são inerentes ao PSS a redução de extração de matérias virgens e de geração de resíduos e externalidades, que implicam no aumento da eficiência e no valor do produto (Bansal et al., 2020). Às empresas gera-se a oportunidade de negócio para projetar e desenvolver produtos que atendam às necessidades dos consumidores ao mesmo tempo em que são prolongadas as relações. O tema é potencialmente promissor como uma via para facilitar a transformação do modelo tradicional para a economia circular.

A subcategoria de criação de valor no contexto da economia circular é gerada na oportunidade de extrair valor pelo prolongamento dos ciclos de utilidade dos produtos e

componentes (Nubholz, 2018). Ao estender ou reinserir continuamente os materiais no ciclo de produção, incorpora-se valor por meio da utilização prolongada, no caso dos ciclos técnicos, e uso em cascata, nos ciclos biológicos (EMF, 2015). Portanto, o valor é criado ao explorar adicionalmente o valor retido nos produtos pelo fechamento dos recursos em ciclos, que permite adicionalmente conservar a energia e reduzir sua perda na fabricação (Linder et al., 2020).

A transição para o modelo circular é tema abordado de forma holística nos estudos de economia circular (Boer et al., 2020). Implica na implementação gradativa e contínua dos princípios inerentes à filosofia de “reduzir para agregar”. O processo de transição para a EC demanda engajamento, transformação, inovação e mudança nos modelos tradicionais. Visa incorporar a noção fundamental de que é necessário estabelecer condições reais para a vida no planeta ao respeitar seus limites e promover o respeito ao ambiente natural (Chen et al., 2020).

A subcategoria denominada como desenvolvimento sustentável compreende a articulação das ações e a produção de efeitos mediante a incorporação de princípios próprios da EC como meio para o alcance de uma forma de desenvolvimento alinhada aos princípios da sustentabilidade do planeta (Chen et al., 2020). Embora descrita como subcategoria, o tema de desenvolvimento sustentável é mais amplo e explorado teoricamente do que a EC (Silvestri, Spigarelli, & Tassinari, 2020). O fechamento dos ciclos de produção é uma forma de viabilização prática de elementos para que a ação antrópica seja menos agressiva ao meio e mais alinhada à criação de condições para a sustentabilidade.

A subcategoria *Triple Bottom Line* alinha as discussões de economia circular e da sustentabilidade (Kravchenko, Pigosso, & McAloone, 2020). A incorporação da sustentabilidade na tomada de decisão e na formulação de políticas implica na consideração das dimensões social, ambiental e econômica. A falta de articulação entre as diferentes dimensões e as práticas de economia circular é citada como uma fragilidade, sobretudo quanto ao aspecto social (Mesa, Esparragoza, & Maury, 2018). Para que ambos os temas se alinhem, é necessário considerar uma lógica operacional que integre as diferentes dimensões.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E PROPOSIÇÃO DO FRAMEWORK INTEGRADO DA ECONOMIA CIRCULAR

Uma abordagem sistemática na integração de diferentes iniciativas para a promoção da economia circular garante resultados mais promissores do que ações isoladas nesse mesmo contexto (Kristensen & Mosgaard, 2020). A criação de valor pela extensão da utilidade dos recursos pode ser prolongada pela cadeia de fornecimento para a obtenção de desempenho ainda mais elevado. O fechamento dos ciclos de produção e eliminação de geração de resíduos também encontra melhoria em eficiência quando os fluxos de materiais dentro da empresa e entre empresas dependentes dos mesmos recursos é racionalizado (Julianelli et al., 2020). Portanto, a efetiva transição para uma economia circular implica necessariamente na integração entre diferentes elos para obtenção de resultados mais promissores.

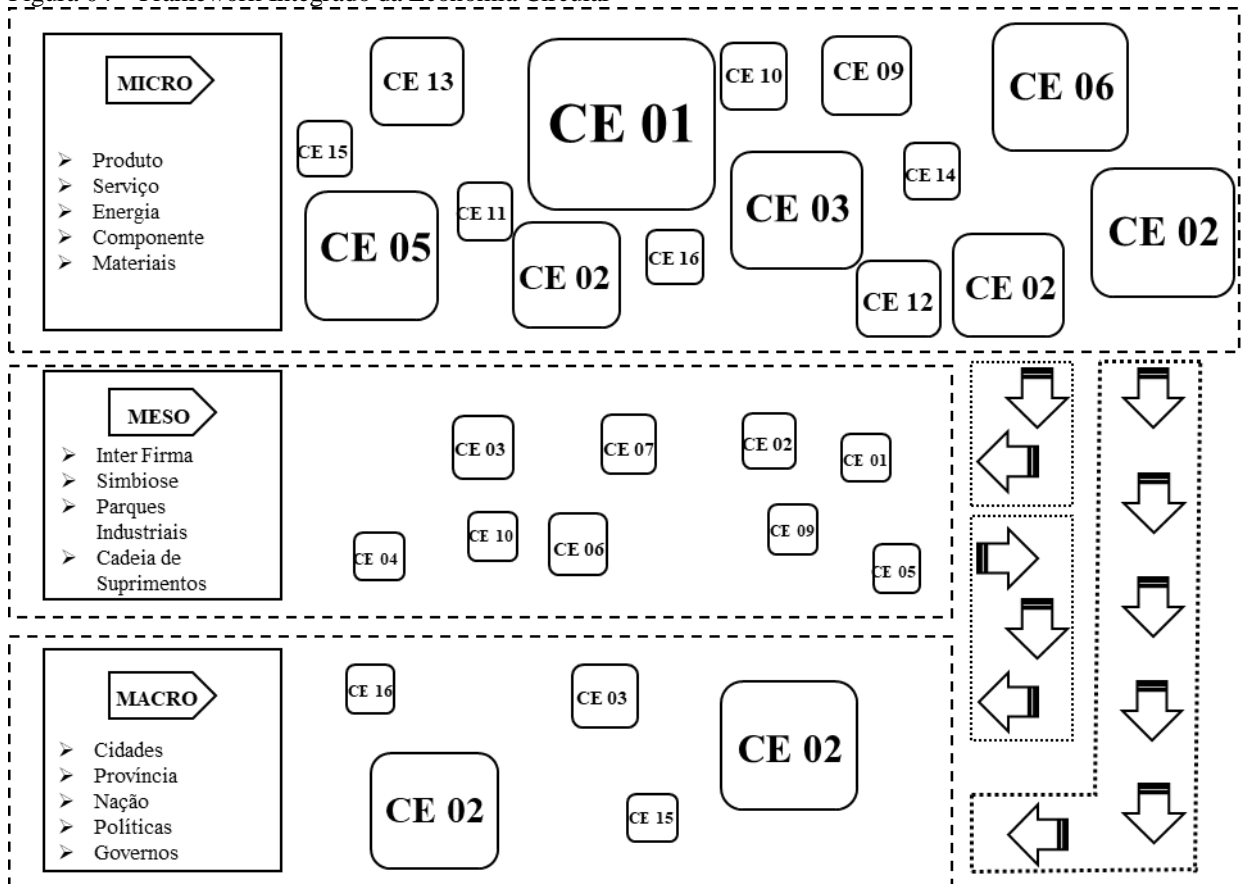
A incorporação da economia circular nas agendas dos tomadores de decisão requer iniciativas que produzam resultados que fomentem práticas emergentes em diferentes campos, como ambiental, social, econômico, institucional, tecnológico, comercial (Škrinjarić, 2020). A proposição de modelos de negócios inovadores e processos de engenharia alinhados aos princípios circulares, além de necessários para o avanço da implementação de respostas a questões de ordem socioambiental, também viabiliza a inovação e evolução na forma como o homem se relaciona com o ambiente e em como produz seus meios de vida (Linder et al., 2020). O fluxo de recursos, nesse contexto, não segue para o descarte no estágio de pós uso, mas para a perpetuação de seu uso em ciclos.

A interface entre os princípios da economia circular e os pressupostos da sustentabilidade permitem a conjugação de alternativas para o progresso socioambiental e econômico (Pieroni et al., 2019). A experimentação de novos modelos de negócios tem apoio em abordagem amplamente difundida pelas iniciativas em sustentabilidade (Bansal et al.,

2020). A estruturação dos pressupostos base que fundamentam a lógica circular de economia são explorados nas teses e dissertações revisadas. O campo é promissor e desperta interesse crescente por parte de pesquisadores, sobretudo nos últimos cinco anos. A diversidade de metodologias e formas de desenvolvimento de pesquisa alertam para a necessidade de atenção quanto aspectos sistêmicos, assim como a critérios de validade e confiabilidade, sobretudo no caso de fenômenos emergentes.

O framework apresentado na Figura 04, disposto a seguir, organiza e sintetiza os temas chave que são explorados no contexto da economia circular a partir de estudos de teses e dissertações. Os temas são ajustados nos níveis macro, meso e micro da economia circular (Ghisellini et al., 2016; Saidani et al., 2019). As categorias e subcategorias são ajustadas para representação dos principais elementos que compõe o constructo teórico.

Figura 04 – Framework Integrado da Economia Circular



Os estudos são predominantes no nível micro, que compreende a exploração de temas relacionados a produtos, serviços, energia, componentes e materiais. O nível micro está relacionado às ações de economia circular operadas em empresas e focadas nos consumidores. Neste sentido, a principal categoria mapeada é a de negócios circulares. A implementação de estratégias e modificação de negócios em função da circularidade é premissa básica para a incorporação do tema nas empresas. Os modelos de negócios são descritos como veículos para a inovação rumo à economia circular. A configuração do modelo de negócio determina a lógica com todas as demais operações serão feitas na empresa para promover o fechamento dos ciclos, a retenção e criação de valor. Das demais categorias, a avaliação do ciclo de vida e indicadores de circularidade também são amplamente explorados como ferramentas para a EC. Ambos os temas remetem a aspectos técnicos essenciais para a mensuração dos efeitos e do desempenho. A avaliação do ciclo de vida permite traçar estratégias para cada estágio de produção e uso dos produtos, o que possibilita planejar o uso e disposição dos recursos. O indicador de

circularidade demonstra o nível de incorporação e de tendência rumo ao fechamento dos ciclos de produção face ao contraponto linear.

As pesquisas derivadas do nível meso da economia circular estendem o estudo dos seus efeitos para além do contexto da empresa, envolvendo as cadeias de valor, as relações inter firma, os parques industriais, clusters e efeitos de simbiose industrial. Esta dimensão é a com menor número de pesquisas, o que demonstra a existência de grande potencial a ser explorado. Os estudos são concentrados prioritariamente em eficiência de recursos, gestão de resíduos e potencial de reutilização. A lógica do registro da frequência é válida, uma vez que estas categorias são as que mais possibilitam a transposição inter firma de valor. A eficiência no uso de recursos, quando operada ao longo da cadeia de suprimentos, gera ganhos em cascata para os diversos elos comerciais. O potencial de reutilização e a gestão de resíduos remetem a uma lógica próxima. Os resíduos derivados de um processo industrial deixam de ser efetivamente resíduos quando são incorporados em outro processo produtivo, o que garante a criação de valor pela manutenção do recurso no ciclo de produção. No caso da reutilização, o princípio é o mesmo. Nem sempre é possível reutilizar componentes ou materiais para uma mesmo processo. Desse modo, a parceria comercial gera a obtenção de ganhos mútuos.

As teses e dissertações com foco no nível macro (cidades, províncias, nação, governo, políticas) exploram a progressão do tema no aspecto mais amplo, via proposição de regulamentações e ações de impacto de maior alcance. Os principais eixos temáticos são voltados para as políticas direcionadas à economia circular e à gestão de resíduos. O foco em políticas reforça a intenção dos governos em tornar a economia mais circular, e o promovem com a implementação de regulamentações que atribuem responsabilidades e metas para os diversos setores da sociedade. De fato, a transição circular não é tarefa para uma ou outra empresa, mas para a articulação de setores e governos com objetivo comum. A atribuição de metas direciona cada elo para sua respectiva responsabilidade, o que permite identificar e corrigir disfunções com mais agilidade. O tópico de gestão de resíduos aplicada ao nível macro evidencia a ação em economia circular para um tema que produz efeitos para além do aspecto ambiental, englobando o impacto na saúde pública do tratamento e aproveitamento de resíduos.

Dada a configuração das pesquisas, pode-se afirmar que diferentes áreas de interesse se concentram em diferentes linhas de enfrentamento das questões dirigidas para a transição circular. O avanço nos distintos níveis é incentivado por áreas de interesse que compartilham objetivos comuns, mas que traçam estratégias com meios próprios de desenvolvimento. As melhorias de processos para fechamento dos ciclos de produção, prolongamento do uso e agregação de valor derivam de aprimoramentos de engenharia e projeto de produtos. As inovações e mudanças nos modelos de negócios necessárias à modificação da lógica dos empreendimentos são reforçadas pelas áreas de conhecimento de gestão e negócios. Os pressupostos e princípios fundamentais que norteiam os negócios e processos são fomentados por estudos de áreas específicas de interesse da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Portanto, a configuração temática e o progresso científico e prático, derivado das pesquisas especializadas frutos de mestrado e doutorado, refletem o esforço interdisciplinar da ciência em promover avanço para melhoria da prática.

A abordagem dos temas derivados do campo teórico, com formulação de avanços e melhoria técnicas, sobretudo nos casos de estudos aplicados a resolução de questões práticas, viabiliza meios de obtenção de resultados para empresas e governos. A configuração presente nas pesquisas, nas quais é predominante a ausência de teoria científica consolidada, direciona para o tratamento de mudanças fundamentais nos padrões de produtos e negócios. Incrementos conceituais implicam em projeções para garantir a geração de capacidades de longo prazo e preservação do valor econômico e ambiental dos recursos e energia.

Apesar de latente, a interface entre a economia circular e constructos adjacentes, como sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, não foi desenvolvida como um elemento de

centralidade nas pesquisas. No campo da economia circular, princípios e pressupostos transitam nos modelos de negócios sustentáveis e são apoiados por metodologias e práticas. Embora existam semelhanças substanciais quanto ao escopo que cada construto difunde, assim como diferenças quanto a centralidade e dimensionamento de tema, as pesquisas não interligam prioritariamente resultados comuns para os campos. Tanto a sustentabilidade quanto o desenvolvimento sustentável são áreas de estudo mais estruturadas e que contam com maior clareza sobre o que é e o que não é próprio de seus constructos. No entanto, é perceptível que a economia circular é um campo de experimentação e que avança a passos largos, mas permanece como um conceito difuso. Isso é mais evidente no contexto das empresas, onde muitas implicações da economia circular focam em uma ou poucas atividades, o que pode dificultar a inferência sobre “ser sustentável”. As ações para a economia circular, embora consistentes e mensuráveis no aspecto de desempenho e circularidade, podem ser questionáveis como elementos de promoção da sustentabilidade em seu sentido amplo e irrestrito.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As contribuições científicas no campo da economia circular evoluíram substancialmente nos últimos anos rumo à obtenção de suporte para a consolidação do campo. As produções científicas especializadas, resultados de trabalhos e relatórios de pesquisas de mestrado e doutorado, fornecem informações em várias frentes e diversas áreas do conhecimento. Esta revisão sistemática, desenvolvida com o intuito de verificar quais alvos existentes e que avanços as pesquisas especializadas em economia circular, restritas a teses e dissertações, fornecem para o avanço no campo, traz contribuições para o entendimento e aprofundamento do tema enquanto área promissora de pesquisa.

Foram mapeadas 11 categorias e 5 subcategorias que agrupam as pesquisas de teses e dissertações com foco em economia circular. Os eixos temáticos são segmentados em diversos aspectos e resumidos quanto aos objetivos, principais resultados e contribuições teóricas e práticas para o fornecimento de um panorama que descreve a organização dos diferentes assuntos. Os temas centrais nos estudos sobre economia circular são associados aos seguintes tópicos: i) Modelos de Negócios Circulares, focados na criação ou aprimoramento de práticas de gestão e de condução de negócios, ii) Gestão de Resíduos, associado a redução, reaproveitamento em processos produtos ou eliminação de rejeitos, no contexto das empresas e de governos, iii) Taxa de Reciclagem, direcionado a reinserção de materiais e recursos nos ciclos de produção, iv) Avaliação do Ciclo de Vida, para verificação e planejamento das possibilidades de prolongamento do uso de recursos e agregação de valor, v) Indicador de Circularidade, orientado para mensuração de resultados e verificação de níveis de circularidade, vi) Potencial de Reutilização, que se consiste em possibilitar o prolongamento do uso de recursos mediante o reuso, vii) Eficiência de Recursos, que objetiva racionalizar e maximizar o valor do recurso pelo uso, viii) Políticas para a Economia Circular, direcionada à formulação de regulamentação e atribuição de responsabilidade, ix) Práticas Regenerativas, associadas ao potencial de regeneração no fechamento de ciclos de produção, x) Fluxo de Materiais, para verificação das possibilidades de identificação de pontos de perda ou reinserção de recursos, e xi) Indicador de Desempenho, tomado como uma ferramenta de aferição de resultado. Os diferentes temas de estudo fazem parte um contexto mais amplo, que sintetiza as iniciativas e frentes de trabalho estudadas para a transição da economia para a circularidade, fechamento dos ciclos de produção, agregação de valor e extensão da utilidade dos recursos.

REFERÊNCIAS

- Acerbi, F., & Taisch, M. (2020). A literature review on circular economy adoption in the manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, 123086. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123086
- Albuquerque, T. L. M. (2018). Análise dos custos e externalidades no contexto da economia circular. Dissertação de Mestrado, Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, Brasil.
- Alexander, R. (2020). Emerging roles of lead buyer governance for sustainability across global production networks. *Journal of Business Ethics*, 162(2), 269-290. doi: 10.1007/s10551-019-04199-4

- Avdiushchenko, A., & Zając, P. (2019). Circular Economy Indicators as a Supporting Tool for European Regional Development Policies. *Sustainability*, 11(11), 3025. doi:10.3390/su11113025
- Bag, S., & Pretorius, J. H. C. (2020). Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework. *International Journal of Organizational Analysis*. doi: 10.1108/IJOA-04-2020-2120
- Bansal, S., Jain, M., Garg, I., & Srivastava, M. (2020). Attaining circular economy through business sustainability approach: An integrative review and research agenda. *Journal of Public Affairs*. doi:10.1002/pa.2319
- Bocken, N. M., De Pauw, I., Bakker, C., & Van Der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308-320. doi: 10.1080/21681015.2016.1172124.
- Boer, D., Segarra, M., Fernández, A. I., Vallès, M., Mateu, C., & Cabeza, L. F. (2020). Approach for the analysis of TES technologies aiming towards a circular economy: Case study of building-like cubicles. *Renewable Energy*, 150, 589-597.
- Bracquené, E., Dewulf, W., & Duflou, J. R. (2020). Measuring the performance of more circular complex product supply chains. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104608. doi:10.1016/j.resconrec.2019.104608
- Briassoulis, D., Pikasi, A., & Hiskakis, M. (2020). Recirculation potential of post-consumer /industrial bio-based plastics through mechanical recycling - Techno-economic sustainability criteria and indicators. *Polymer Degradation and Stability*, 109217. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2020.109217
- Buonocore, E., Paletto, A., Russo, G. F., & Franzese, P. P. (2019). Indicators of environmental performance to assess wood-based bioenergy production: A case study in Northern Italy. *Journal of Cleaner Production*, 221, 242–248. doi:10.1016/j.jclepro.2019.02.272
- Chen, T.-L., Kim, H., Pan, S.-Y., Tseng, P.-C., Lin, Y.-P., & Chiang, P.-C. (2020). Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: Challenges and perspectives. *Science of The Total Environment*, 136998. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.136998
- Damen, M. A. (2013). A resources passport for a circular economy: An assessment of the possible content and format of a resources passport in order to successfully contribute to the achievement of the circular economy. Master's Thesis, Utrecht University, Utrecht, Netherlands.
- Di Maio, F., Rem, P. C., Baldé, K., & Polder, M. (2017). Measuring resource efficiency and circular economy: A market value approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 163–171. doi:10.1016/j.resconrec.2017.02.009
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition*.
- Fellner, J., & Lederer, J. (2020). Recycling rate–The only practical metric for a circular economy?. *Waste Management*, 113, 319-320. doi: 10.1016/j.wasman.2020.06.013
- Fernandes, S. C., Pigosso, D. C., McAloone, T. C., & Rozenfeld, H. (2020). Towards product-service system oriented to circular economy: A systematic review of value proposition design approaches. *Journal of Cleaner Production*, 257, 120507. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120507
- Franklin-Johnson, E., Figge, F., & Canning, L. (2016). Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance. *Journal of Cleaner Production*, 133, 589–598. doi:10.1016/j.jclepro.2016.05.023
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy–A new sustainability paradigm?. *Journal of cleaner production*, 143, 757-768. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, 114, 11-32. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007
- Gkalfas, C. (2019). *Studying the impact of a mobile application in food waste reduction, circular economy, and social interaction inside the community*. Master's Thesis, Linnaeus University, Kalmar, Sweden.
- Gruman, J. A., & Saks, A. M. (2011). Performance management and employee engagement. *Human resource management review*, 21(2), 123-136. doi: 10.1016/j.hrmr.2010.09.004
- Guldmann, E., & Huulgaard, R. D. (2020). Barriers to circular business model innovation: A multiple-case study. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118160. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118160
- Haddaway, N. R., Collins, A. M., Coughlin, D., & Kirk, S. (2015). The role of Google Scholar in evidence reviews and its applicability to grey literature searching. *PloS one*, 10(9), e0138237. doi: 10.1371/journal.pone.013823
- Hanumante, N. C., Shastri, Y., & Hoadley, A. (2019). Assessment of circular economy for global sustainability using an integrated model. *Resources, Conservation and Recycling*, 151, 104460. doi:10.1016/j.resconrec.2019.104460
- Haupt, M., & Hellweg, S. (2019). Measuring the Environmental Sustainability of a Circular Economy. *Environmental and Sustainability Indicators*, 100005. doi:10.1016/j.indic.2019.100005
- Heisel, F., & Rau-Oberhuber, S. (2020). Calculation and evaluation of circularity indicators for the built environment using the case studies of UMAR and Madaster. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118482. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118482

- Hoffmann, B. S., Morais, J. S., & Teodoro, P. F. (2019). Life cycle assessment of innovative circular business models for modern cloth diapers. *Journal of Cleaner Production*, 119364. doi:10.1016/j.jclepro.2019.119364
- Hussain, M., & Malik, M. (2020). Organizational enablers for circular economy in the context of sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120375. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120375
- Huysman, S., De Schaepmeester, J., Ragaert, K., Dewulf, J., & De Meester, S. (2017). Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 120, 46-54. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.01.013
- Jaeger, B., & Upadhyay, A. (2020). Understanding barriers to circular economy: cases from the manufacturing industry. *Journal of Enterprise Information Management*. doi: 10.1108/JEIM-02-2019-0047
- Julianelli, V., Caiado, R. G. G., Scavarda, L. F., & Cruz, S. P. D. M. F. (2020). Interplay between reverse logistics and circular economy: critical success factors-based taxonomy and framework. *Resources, Conservation and Recycling*, 158, 104784. doi: 10.1108/IJOA-04-2020-2120
- Kambanou, M. L., & Sakao, T. (2020). Using life cycle costing (LCC) to select circular measures: A discussion and practical approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104650. doi:10.1016/j.resconrec.2019.104650
- Kinnunen, P. (2019). Towards circular economy in the mining industry: implications of institutions on the drivers and barriers for tailings valorization. Master's Thesis, Tampere University, Tampere, Finland.
- Konietzko, J., Bocken, N., & Hultink, E. J. (2020). Circular ecosystem innovation: An initial set of principles. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119942. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119942
- Kravchenko, M., Pigosso, D. C., & McAloone, T. C. (2020). A Procedure to Support Systematic Selection of Leading Indicators for Sustainability Performance Measurement of Circular Economy Initiatives. *Sustainability*, 12(3), 951. doi: 10.3390/su12030951
- Kristensen, H. S., & Mosgaard, M. A. (2020). A review of micro level indicators for a circular economy—moving away from the three dimensions of sustainability?. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118531. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118531
- Lieder, M., Asif, F. M., & Rashid, A. (2020). A choice behavior experiment with circular business models using machine learning and simulation modeling. *Journal of Cleaner Production*, 120894. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120894
- Linder, M., Boyer, R. H. W., Dahllöf, L., Vanacore, E., & Hunka, A. (2020). Product-level inherent circularity and its relationship to environmental impact. *Journal of Cleaner Production*, 121096. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121096
- Lüdeke-Freund, F., Gold, S., & Bocken, N. M. (2019). A review and typology of circular economy business model patterns. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 36-61. doi: 10.1111/jiec.12763
- Lütje, A., & Wohlgemuth, V. (2020). Tracking Sustainability Targets with Quantitative Indicator Systems for Performance Measurement of Industrial Symbiosis in Industrial Parks. *Administrative Sciences*, 10(1), 3. doi:10.3390/admsci10010003
- Merli, R., Preziosi, M., & Acampora, A. (2018). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 703-722. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.112
- Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). Developing a set of sustainability indicators for product families based on the circular economy model. *Journal of cleaner production*, 196, 1429-1442. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.06.131
- Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). Developing a set of sustainability indicators for product families based on the circular economy model. *Journal of cleaner production*, 196, 1429-1442. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.06.131
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104553. doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104553
- Nußholz, J. L. (2018). A circular business model mapping tool for creating value from prolonged product lifetime and closed material loops. *Journal of Cleaner Production*, 197, 185-194. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.06.112
- Paavola, M. (2020). Transport and mobility in an urban circular economy. Master's Thesis, Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT, Lappeenranta, Finland.
- Parajuly, K., Fitzpatrick, C., Muldoon, O., & Kuehr, R. (2020). Behavioral change for the circular economy: A review with focus on electronic waste management in the EU. *Resources, Conservation & Recycling: X*, 100035. doi: 10.1016/j.rcrx.2020.100035
- Park, J. Y., & Chertow, M. R. (2014). Establishing and testing the “reuse potential” indicator for managing wastes as resources. *Journal of Environmental Management*, 137, 45–53. doi:10.1016/j.jenvman.2013.11.053
- Pieroni, M. P., McAloone, T. C., & Pigosso, D. C. (2019). Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches. *Journal of Cleaner Production*, 215, 198-216. doi: 10.1017/dsi.2019.258
- Pieroni, M.P.P., McAloone, T.C., Pigosso, D.C.A. (2019). Business model innovation for circular economy and sustainability: a review of approaches. *J. Clean. Prod.* 215, 198e216. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.01.036.

- Pinheiro, E. (2020). Implementação dos princípios da economia circular em clusters de vestuário: uma proposta de modelo. Tese de Doutorado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Brasil.
- Primc, K., Kalar, B., Slabe-Erker, R., Dominko, M., & Ogorevc, M. (2020). Circular economy configuration indicators in organizational life cycle theory. *Ecological Indicators*, 116, 106532.
- Roséen, J. (2019). Enabling Circular Economy with Digital Technology: A case study On the Swedish Online Secondhand Business Sellpy. Master's Thesis, Uppsala University, Uppsala, Sweden.
- Rossi, E., Bertassini, A. C., Ferreira, C. dos S., Neves do Amaral, W. A., & Ometto, A. R. (2019). Circular Economy indicators for organizations considering Sustainability and Business Models: plastic, textile and electro-electronic cases. *Journal of Cleaner Production*, 119137. doi:10.1016/j.jclepro.2019.119137
- Saidani, M., Kendall, A., Yannou, B., Leroy, Y., & Cluzel, F. (2019). Closing the loop on platinum from catalytic converters: Contributions from material flow analysis and circularity indicators. *Journal of Industrial Ecology*. doi:10.1111/jiec.12852
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542-559. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.014
- Salvador, R., Barros, M. V., da Luz, L. M., Piekarski, C. M., & de Francisco, A. C. (2020). Circular business models: Current aspects that influence implementation and unaddressed subjects. *Journal of Cleaner Production*, 250, 119555. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119555
- Santagata, R., Zucaro, A., Viglia, S., Ripa, M., Tian, X., & Ulgiati, S. (2020). Assessing the sustainability of urban eco-systems through Emergy-based circular economy indicators. *Ecological Indicators*, 109, 105859. doi:10.1016/j.ecolind.2019.105859
- Sartal, A., Ozcelik, N., & Rodríguez, M. (2020). Bringing the circular economy closer to small and medium enterprises: Improving water circularity without damaging plant productivity. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120363.
- Sassanelli, C., Rosa, P., Rocca, R., & Terzi, S. (2019). Circular Economy performance assessment methods: a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2019.05.019
- Schöpfel, J., & Prost, H. (2020). How scientific papers mention grey literature: a scientometric study based on Scopus data. *Collection and Curation*. doi: 10.1108/CC-12-2019-0044
- Silvestri, F., Spigarelli, F., & Tassinari, M. (2020). Regional development of Circular Economy in the European Union: a multidimensional analysis. *Journal of Cleaner Production*, 120218. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120218
- Škrinjarić, T. (2020). Empirical assessment of the circular economy of selected European countries. *Journal of Cleaner Production*, 120246. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120246
- Slorach, P. C., Jeswani, H. K., Cuéllar-Franca, R., & Azapagic, A. (2020). Environmental sustainability in the food-energy-water-health nexus: A new methodology and an application to food waste in a circular economy. *Waste Management*, 113, 359–368. doi:10.1016/j.wasman.2020.06.012
- Souza Junior, H. R. A., Dantas, T. E. T., Zanghelini, G. M., Cherubini, E., & Soares, S. R. (2020). Measuring the environmental performance of a circular system: Emergy and LCA approach on a recycle polystyrene system. *Science of The Total Environment*, 138111. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138111
- Sverko Grdic, Z., Krstinic Nizic, M., & Rudan, E. (2020). Circular Economy Concept in the Context of Economic Development in EU Countries. *Sustainability*, 12(7), 3060. doi:10.3390/su12073060
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222. doi:10.1111/1467-8551.00375
- Völker, T., Kovacic, Z., & Strand, R. (2020). Indicator development as a site of collective imagination? The case of European Commission policies on the circular economy. *Culture and Organization*, 1–18. doi:10.1080/14759551.2019.1699092
- Wang, S. (2020). Promoting a Circular Economy in the Mobile Phone Product System in China. Master's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Zhou, Y., Stanchev, P., Katsou, E., Awad, S., & Fan, M. (2019). A circular economy use of recovered sludge cellulose in wood plastic composite production: Recycling and eco-efficiency assessment. *Waste Management*, 99, 42–48. doi:10.1016/j.wasman.2019.08.037