

A CONTRIBUIÇÃO DA ABORDAGEM SISTÊMICA PARA A ECONOMIA CIRCULAR

THE CONTRIBUTION OF THE SYSTEMIC APPROACH TO THE CIRCULAR ECONOMY

SOLIZ ENCINAS, Rodrigo¹

FIGUEIREDO, Luiz Fernando²

Resumo

A economia circular (EC) é incessantemente discutida em todo o mundo. As discussões são focadas principalmente na importância de alcançar a EC e nos benefícios associados, entretanto as barreiras relacionadas à sua implementação são menos debatidas. Entender o contexto em que a circularidade pode prosperar é fundamental para desenvolver as capacidades de lidar com os desafios multifacetados que atualmente dificultam o progresso sustentável nos ciclos de materiais, componentes e produtos (MCPs), tão relevantes na EC. Por meio de uma revisão sistemática realizada entre dezembro de 2022 e fevereiro de 2023, este artigo buscou investigar as definições da abordagem sistêmica (AS) e da economia circular (EC), demonstrando a importância da AS para compreender a EC e desta forma identificar mecanismos de transição sustentáveis para promover uma mudança profunda na economia, no uso de recursos, nos meios de produção, no consumo e no descarte. Essa abordagem holística fornece uma maneira útil de minimizar a complexidade sistêmica e se concentrar nas dinâmicas entre processos e atores na cadeia de valor, que são influenciados por características culturais, espaciais e temporais. Uma abordagem baseada em sistemas pode construir as capacidades necessárias para que designers, engenheiros e solucionadores de problemas identifiquem e compreendam as tendências dos sistemas dinâmicos e, por sua vez, apoiem o pensamento para permitir transições sustentáveis e circulares na sociedade. Assim a AS poderá contribuir para a priorização e transformação das práticas projetuais atuais, acelerando a transição dos processos de MCPs para ciclos mais sustentáveis.

Palavras-chave: economia circular; abordagem sistêmica; circularidade.

Abstract

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. Núcleo de Abordagem Sistêmica no Design (NAS DESIGN)

² Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. Núcleo de Abordagem Sistêmica no Design (NAS DESIGN)

Circular Economy (CE) is constantly discussed worldwide. The discussions mainly focus on the importance of achieving CE and its associated benefits, however, the barriers related to its implementation are less debated. Understanding the context in which circularity can thrive is crucial to developing the capabilities to address the multifaceted challenges that currently hinder sustainable progress in Material, Component, and Product (MCP) cycles, which are so relevant to CE. Through a systematic review conducted between December 2022 and February 2023, this article sought to investigate the definitions of the systemic approach (SA) and circular economy (CE), demonstrating the significance of SA in understanding CE and thereby identifying sustainable transition mechanisms to promote profound changes in the economy, resource utilization, production methods, consumption, and disposal. This holistic approach provides a useful way to minimize systemic complexity and focus on the dynamics between processes and actors in the value chain, influenced by cultural, spatial, and temporal characteristics. A systems-based approach can build the necessary capabilities for designers, engineers, and problem solvers to identify and comprehend trends in dynamic systems and, in turn, support thinking that enables sustainable and circular transitions in society. Thus, the SA can contribute to the prioritization and transformation of current design practices, accelerating the transition of MCP processes towards more sustainable cycles.

Keywords: circular economy; system thinking approach; circularity.

Introdução

O conceito de Economia Circular (EC), embora não seja completamente novo, está ganhando cada vez mais importância no setor político e privado principalmente como ferramenta operacional para abordar questões de sustentabilidade (KORHONEN et al., 2018). Países desenvolvidos e industrializados, como o Japão, foram os primeiros a empregar a EC como estratégia de desenvolvimento econômico, principalmente dentro do setor industrial, com o objetivo de reduzir as importações por meio da minimização da geração de resíduos no processo de produção (UNEP, 2011). A definição foi então ampliada por várias organizações, incluindo a Ellen MacArthur Foundation (2020) que afirma estar "olhando além do atual modelo industrial extrativo de pegar, fazer e desperdiçar".

Como consequência, os impactos ambientais do lixo, as repercussões sociais e os resultados econômicos se tornam os pilares da análise que impulsiona os possíveis investimentos na EC. Sendo assim, a EC pode ser considerada uma nova abordagem de desenvolvimento, onde o consumo, a produção e a gestão de materiais são analisados de forma sistêmica.

Sterman (2000) afirma que para lidar com os problemas cada vez mais complexos da sociedade, destaca a necessidade de desenvolver uma abordagem do pensamento sistêmico, isto é, a habilidade de ver o mundo como um sistema complexo, no qual

entende-se que não pode-se apenas fazer uma coisa e que tudo está conectado a tudo mais.

Fundamentação teórica

Os sistemas econômicos desempenham um papel crucial na maneira como a sociedade funciona e como usamos e gerenciamos os recursos. Nas últimas décadas, tem crescido a preocupação com os impactos ambientais e sociais dos sistemas econômicos lineares tradicionais, levando à emergência de uma nova abordagem, a economia circular. O sistema econômico linear tem sido o modelo dominante por várias décadas, mas suas limitações tornaram-se cada vez mais aparentes, levando à necessidade de um sistema econômico mais sustentável e resiliente com foco na abordagem do pensamento sistêmico.

O pensamento sistêmico como uma ideia permeia tanto a cultura popular quanto vários campos científicos, incluindo: planejamento e avaliação, produção, desenvolvimento de projetos, negócios e gestão, educação, saúde, política, sociologia e psicologia, ciência cognitiva, desenvolvimento humano, ciências ambientais, ciências da terra e sustentabilidade. O pensamento sistêmico pode influenciar muitos dos conceitos, teorias e conhecimentos existentes em cada um desses campos.

Da teoria geral dos sistemas (TGS) à abordagem sistêmica (AS)

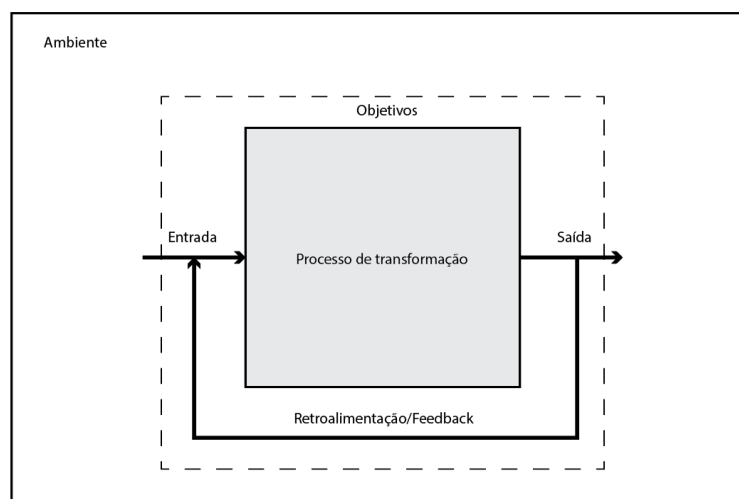
A origem da Abordagem Sistêmica (AS) está nas bases da Teoria Geral dos Sistemas que foram estabelecidas por von Bertalanffy e alguns poucos apoiadores no período da pré-Segunda Guerra Mundial, em Viena. Spengler e alguns outros historiadores desafiaram a representação linear da história como uma progressão de eventos da antiguidade até a civilização moderna, argumentando por uma visão da história como um ciclo do surgimento e declínio de grandes culturas (BERTALANFFY, 1995). Pensadores relativistas históricos influenciaram claramente von Bertalanffy no início de sua carreira: ele começou a formular suas ideias sobre sistemas na década de 1920, quando ainda era jovem. A partir 1950 a Teoria Geral de Sistemas (TGS) começou a ser estudada por Ludwig von Bertalanffy como uma teoria científica, que buscava um modelo explicativo do comportamento de um organismo vivo, abordando questões científicas e empíricas ou pragmáticas dos sistemas. A atenção dos seus estudos estava na conceituação que possibilitaria criar condições de aplicações no mundo real, sob uma perspectiva das questões científicas dos sistemas. Portanto, a TGS é um conceito interdisciplinar aplicado nas mais diversas áreas do conhecimento humano, como por exemplo, das ciências sociais à teoria da comunicação (emissor e receptor podem ser considerados como dois sistemas funcionando mutuamente como meio exterior, ou como dois subsistemas integrados num sistema mais vasto). A teoria dos sistemas de Bertalanffy, baseado em seu conhecimento biológico, procurou evidenciar inicialmente as

diferenças entre sistemas físicos e biológicos. Ao tentar entender além do funcionamento isolado dos sistemas menores existentes em um ser vivo, como por exemplo, o sistema circulatório, o sistema respiratório e outros, e a importância do inter-relacionamento desses sistemas menores, entre si e com o próprio sistema maior (o sistema ser vivo), Bertalanffy conseguiu na verdade, mais do que diferenciar os sistemas, mas sim entender o funcionamento genérico de qualquer sistema existente no Universo.

Segundo Bertalanffy (1995), para o enfoque sistêmico não tem sentido analisar as partes do sistema separadamente, pois uma parte interfere no funcionamento da outra e no funcionamento do sistema em geral. Essa percepção foi então abstraída também para a sociedade em geral, pois as pessoas se inter-relacionam.

Com o objetivo de conceituar sistemas apoiado em Bertalanffy (1995) diz-se que “um sistema pode ser definido como um conjunto de elementos em inter-relação entre si e com o ambiente para a determinação de um objetivo”, conforme figura 1.

Figura 1 – Visualização de um modelo de sistema e seus principais componentes



Fonte: Gerado pelos autores (2022)

Uma das teorias mais aceita para conceituar a abordagem do pensamento sistêmico foi de Richmond (1994), que define como um conjunto de habilidades analíticas sinérgicas usadas para melhorar a capacidade de identificar e compreender sistemas, prever seus comportamentos e elaborar modificações para eles, a fim de produzir efeitos desejados. Essas habilidades trabalham juntas como um sistema. Ele também define o pensamento sistêmico como a arte e a ciência de fazer inferências confiáveis sobre o comportamento ao desenvolver uma compreensão cada vez mais profunda da estrutura subjacente (RICHMOND, 1994). Ainda enfatiza que as pessoas que abraçam o pensamento sistêmico se posicionam de tal forma que possam ver tanto a floresta quanto as árvores. As habilidades sistêmicas, são conceitos essenciais no pensamento sistêmico e podem auxiliar na tomada de decisão e transição para a implementação da EC em empresas, instituições, comunidades ou nações.

Economia circular

A EC foi definida, em 2011, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) como uma economia que reduz o consumo de recursos, a geração de resíduos e reutiliza e recicla resíduos ao longo dos processos de produção, distribuição e consumo.

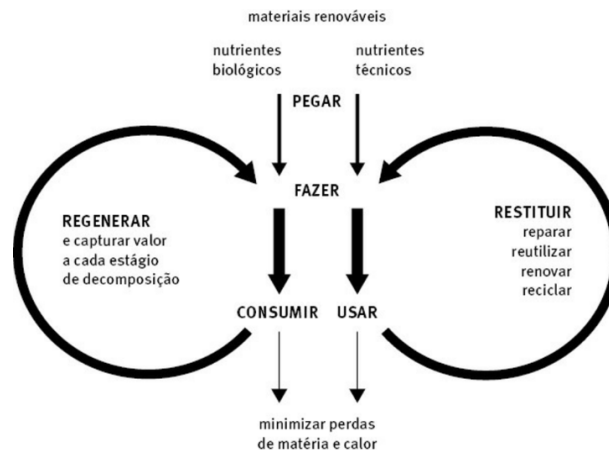
Uma economia circular visa redefinir o crescimento, transformar os processos de produção e concentrar-se em gerar benefícios positivos para a sociedade como um todo. Isso envolve o gradual desacoplamento da atividade econômica do consumo de recursos finitos e do projeto de eliminação do lixo do sistema. Baseado na transição para fontes de energia renováveis, o modelo circular constrói capital econômico, natural e social (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014).

A economia circular é um sistema econômico que substitui o conceito de "fim de vida" pela redução, alternativamente pela reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo. Atua em nível micro (produtos, empresas e consumidores), nível meso (parques eco-industriais) e nível macro (cidade, região, nação e planeta), com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, criando simultaneamente qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, em benefício das gerações atuais e futuras (SUCHEK et al., 2021). É viável por meio de novos modelos de negócios e consumidores responsáveis.

O conceito de economia circular (EC), evoluiu da ecologia industrial e tenta reunir sob um conceito, uma coleção de ideias pré-existentes de vários campos científicos com qualidades e características compartilhadas, como ecossistemas industriais e simbioses industriais, design regenerativo e restaurativo, o princípio dos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar), produção mais limpa, inclusão de fluxos de materiais circulares nos sistemas de manufatura, sistemas de produto-serviço, ecoeficiência, design do berço ao berço, crescimento verde, biomimética, capitalismo natural, resiliência de sistemas socioecológicos e o conceito de zero emissão de gases (GEISSDOERFER et al., 2017).

Os passos nessa direção exigem o fechamento dos processos dos ciclos dos materiais, componentes e produtos (MCPs) por meio da reutilização de resíduos e recursos, bem como a desaceleração dos ciclos de materiais por meio do desenvolvimento de produtos reutilizáveis de longa duração (KORHONEN et al., 2018). As afirmações acima são resumidas na figura 2 abaixo.

Figura 2 – Sistema Circular - (b) economia-borboleta que é regenerativa por concepção.



Fonte: Raworth, Kate. Economia Donut (p. 229 e 239)

A EC é fortemente reconhecida como uma forma de crescimento sustentável em relação aos padrões ambientais e sociais atuais, com várias implicações também para o desenvolvimento regional e industrial (URBINATI, 2017).

Em uma EC todos os agentes inseridos devem repensar quanto aos sistemas produtivos (etapas produtivas, modos de operacionalização, entre outros), consumo de produtos e gestão de resíduos, focando-se na criação de valor em toda cadeia do produto (CUCEK et al., 2012), segundo figura 3.

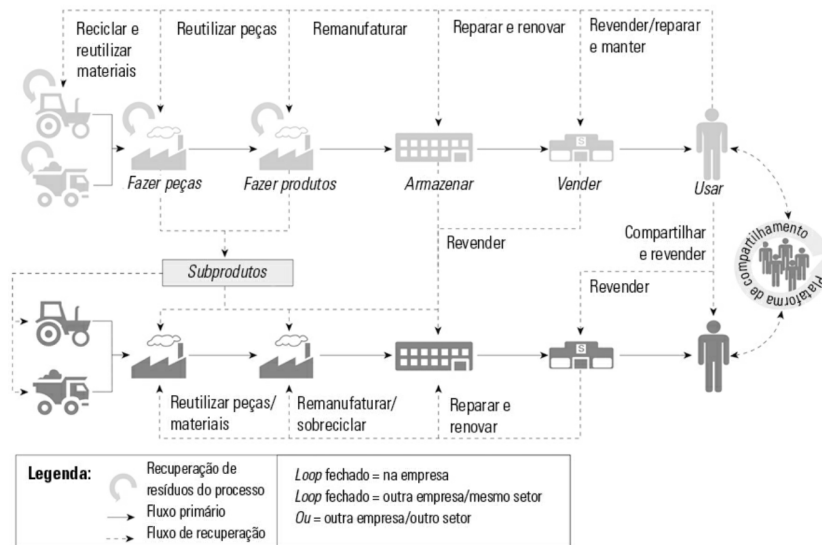
Figura 3 – Framework da Economia Circular.



Fonte: Weetman, Catherine. Economia Circular (2019)

Uma economia circular maximiza o valor dos recursos materiais e minimiza as emissões de gases de efeito estufa, o uso de recursos, os resíduos e a poluição (Stahel, 2016), figura 4 a seguir. A circularidade precisa ser entendida como uma propriedade de um sistema, por exemplo, o sistema de mobilidade de uma cidade, em vez de uma propriedade de um produto ou serviço individual, um carro como propriedade ou como serviço compartilhado.

Figura 4 – Fluxo de transformação na Economia Circular



Fonte: Weetman, Catherine. Economia Circular (2019)

Segundo Weetman (2019), dada a amplitude da definição da EC, uma ampla gama de indicadores é necessária para avaliar o desempenho de qualquer investimento ou política de EC, que são: (i) consumo, (ii) produção, (iii) gestão de materiais, bem como (iv) resultados sociais e ambientais e (v) comércio. O consumo se refere ao comportamento humano (por exemplo, afluência, cultura, preferências pessoais de compra de vários tipos de produtos e serviços) e, junto com o crescimento populacional e econômico, determina o volume total de produtos e materiais utilizados na economia, e o impacto que causam no ambiente.

O função do design na economia circular

Brezet e van Hemel (1997) descrevem que o principal objetivo do design para a economia circular é contribuir para a sustentabilidade. A Comissão Europeia enfatiza o papel do design no plano de ação da União Europeia para a economia circular: "um design melhor pode tornar os produtos mais duráveis ou mais fáceis de reparar, atualizar ou remanufaturar" (EUROPEAN PARLIAMENT RESEARCH SERVICE, 2017). O design para circularidade pode ser visto dentro do campo do design como uma das abordagens para a sustentabilidade. Essas abordagens inovadoras para uma economia circular também exigem o desenvolvimento de novas competências e conhecimentos adequados para designers, engenheiros e demais resolvidores de problemas (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2016).

Portanto, a pesquisa tem por objetivo identificar através dos estudos selecionados a evolução na literatura entre economia circular e abordagem sistêmica, encontrar relações de contribuição entre os dois conceitos e mapear as competências que os solucionadores de problemas precisam para projetar com sucesso produtos e serviços para uma economia circular. No qual entende-se por competência como "um conjunto complexo

funcionalmente vinculado de conhecimentos, habilidades e atitudes que permitem a execução bem-sucedida de tarefas e a resolução de problemas" (WIEK et al., 2011).

Desenvolvimento

Métodos

No desenvolvimento de uma revisão sistemática há a necessidade de se focar nos principais estudos publicados para observar padrões sobre características de pesquisa ou limitações nos campos de estudos (REDONDO et al., 2017).

Optou-se por realizar uma revisão sistemática dos principais documentos científicos que descrevem a importância da abordagem sistêmica para a economia circular. A escolha pela base de dados Scopus justifica-se por ser uma das mais importantes bases multidisciplinares de pesquisas em âmbito nacional e internacional. A priori foram utilizadas as seguintes palavras-chave para o estudo: "system thinking approach", "system* theory", "circular economy". Os procedimentos para realização da pesquisa ocorreram em três fases, conforme informações detalhadas nos próximos parágrafos:

Busca: delimitou-se o escopo da análise, com a pesquisa dos documentos científicos na base da Scopus. Para garantir os limites do estudo nesta fase foram utilizadas as palavras-chave "system approach" OR "system thinking" AND "circular economy" OR "bioeconomy". Foram identificados 38 artigos científicos. Com o propósito de refinar a busca, foram adotados os seguintes critérios: (a) tipo de documento, sendo considerados apenas artigos científicos; (b) idioma do artigo, sendo considerados os artigos na língua inglesa; (c) restrito aos termos das palavras-chave associadas "system thinking approach", "circular economy" e "sustainable development" e (d) limitado a 8 áreas do conhecimento sendo: engenharia, artes e humanas, economia, gestão e negócios, ciências ambientais, ciências sociais, energia e ciências de decisão. No total 22 documentos foram excluídos pois não atenderam aos critérios principais. Essas bases forneceram importantes informações para a análise comparativa do estudo, incluindo áreas de estudos, número de citações, lista de autores, determinação do período de análise, entre outras informações relevantes.

Seleção de artigos: em seguida, os títulos e resumos dos artigos científicos foram lidos e analisados, identificando características, barreiras, tema de estudo e conceitos da teoria geral dos sistemas, abordagem sistêmica e economia circular. A seleção foi definida por 6 artigos científicos em 8 áreas de conhecimento e mais 4 capítulos de livros relacionados ao tema.

Análise do conteúdo: nesta fase foram exportadas planilhas eletrônicas da base Scopus e em seguida importadas no software VOSviewer® visando analisar padrões e as relações entre as variáveis: (a) relação entre principais autores; (b) relação entre as citações e (c) relação entre as principais palavras-chave. Também nesta etapa focou-se em fazer uma leitura dos artigos selecionados, além de leitura de outras literaturas com

temas relacionados ao estudo com o objetivo de criar uma fundamentação teórica e assim identificar de forma qualitativa conceitos, características, benefícios, princípios, valores, similaridades, convergência e divergência dos temas relacionados à teoria geral dos sistemas, abordagem sistêmica, pensamento sistêmico e economia circular.

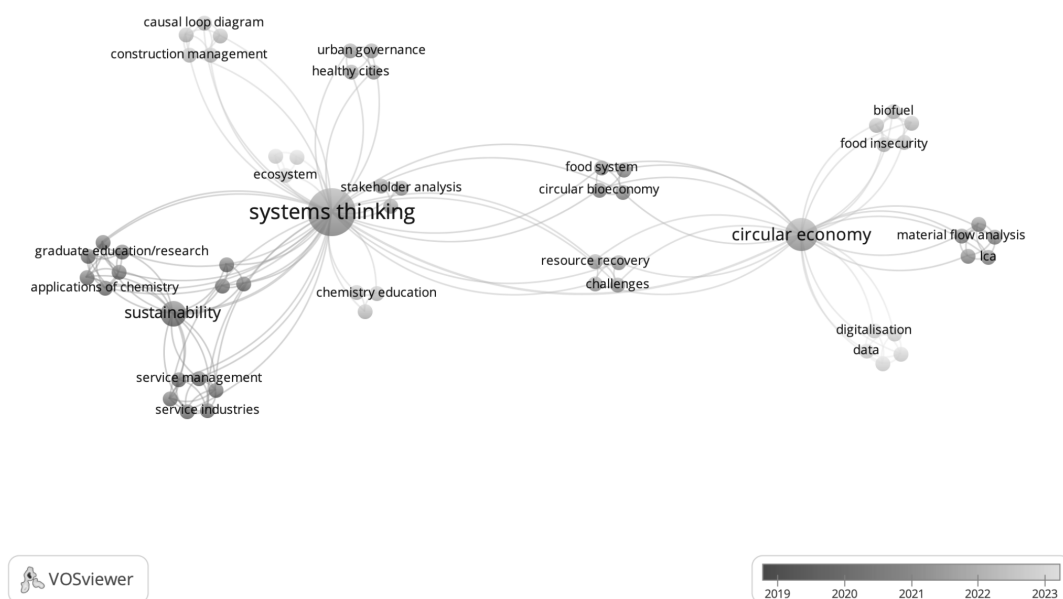
Resultados

Este artigo, obteve como resultados após leitura os seguintes itens: (a) constatação da evolução da contribuição da abordagem sistêmica para a economia circular; (b) evidências da relação e contribuição entre AS e EC; e (c) identificação de habilidade para se projetar de maneira circular.

A evolução recente na relação entre abordagem sistêmica e economia circular

Durante a análise das informações, os artigos selecionados e interpretados por meio do software VOSviewer® apontaram para uma considerável evolução da literatura científica, a partir de 2020, com um maior interesse na relação entre a abordagem sistêmica e a economia circular, quando se obteve um maior número de publicações. Foi observado que nos últimos 2 anos os documentos científicos relacionados à interação entre abordagem sistêmica e economia circular continuam aumentando, conforme figura 6. A descoberta ainda aponta que a relação dos temas está conectada aos desafios da recuperação dos recursos e conceitos de bioeconomia.

Figura 6 – Visualização da relação de palavras-chave entre pensamento sistêmico e economia circular no período entre 2019-2023



Fonte: Imagem gerada pelos autores

Embora a quantidade de literatura sobre a economia circular esteja crescendo, há pouca literatura acadêmica que explore as competências necessárias e as consequências para a educação ou prática do design.

Relatos da contribuição da abordagem sistêmica para economia circular

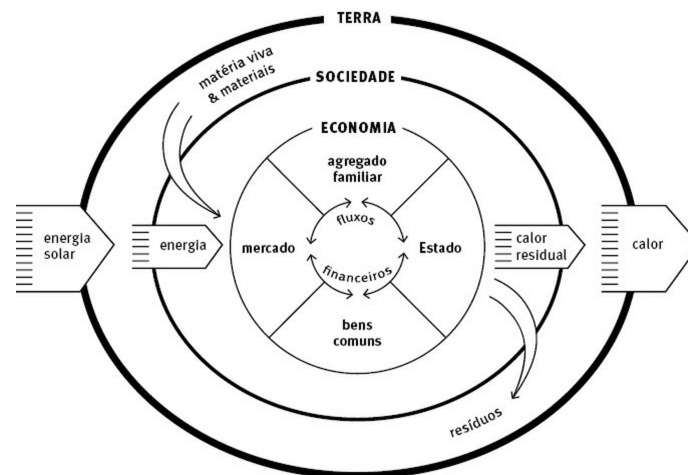
Resumidamente, a economia circular (EC) é um conceito que vai além da redução de resíduos, abraça a ideia de que materiais, componentes e produtos (MCPs) devem ser projetados de forma sistêmica e produzidos de maneira a serem restaurados, retidos e redistribuídos na economia por tanto tempo quanto for ambientalmente, tecnicamente, social e economicamente viável (HAHLADAKIS e IACOVIDOU, 2019).

Uma gestão da transição para economia circular pode preencher esta lacuna, reconhecendo implicitamente o papel da sociedade e da tecnologia na realização de mudanças sustentáveis (ROTMANS et al. 2000). A gestão da transição é uma abordagem teórica que afirma que transições sócio-técnicas radicais são necessárias para os governos, indivíduos, comunidades e empresas, para ajudar na formulação de estratégias práticas para sua implementação e gestão (ROTMANS et al. 2001).

Um número de teorias, estruturas e estratégias foram desenvolvidos ao longo das últimas décadas para facilitar o pensamento sistêmico e a modelagem com o objetivo de promover a sustentabilidade. Algumas das influências teóricas que estão diretamente relacionadas aos sistemas de recuperação de recursos incluem o "berço ao berço" (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2010), a economia de desempenho (STAHEL, 2010), a ecologia industrial (GRAEDEL, 1994) e a simbiose industrial (CHERTOW, 2000). Embora todas estas abordagens forneçam contextos e diretrizes úteis para melhorar a eficiência e a gestão de recursos em um nível setorial e da economia nacional, eles não atendem à necessidade de análises sistêmicas que possam fornecer uma perspectiva multidimensional na criação, destruição e dissipação e transformação de valor em contextos sociais, econômicos e políticos complexos. Seu foco é na redução da movimentação de materiais e energia na economia, ignorando os aspectos sociais, políticos, econômicos e técnicos subjacentes (WEETMAN, 2019).

Uma EC apresenta alguns princípios básicos nas esferas social, econômica e ambiental, destacados por Ellen MacArthur Foundation (2014): (a) Reduzir os desperdícios na produção e nos demais estágios da cadeia produtiva do produto; (b) Projetar e/ou otimizar o produto para o emprego de novos ciclos de reutilização; (c) Eliminar o descarte de resíduos gerados em toda cadeia do produto, e; (d) Empregar recursos renováveis nos processos produtivos e de reutilização.

Figura 5 – Fluxo de transformação na Economia Circular



Fonte: Weetman, Catherine. Economia Circular (2019)

Para se levar adiante as estratégias circulares o pensamento sistêmico é crucial. De acordo com Wiek et al. (2011), a competência de pensamento sistêmico inclui: a habilidade de analisar coletivamente sistemas complexos em diferentes domínios (sociedade, ambiente, economia, etc.) e em diferentes escalas (local a global). Essa competência requer o uso de abordagens e ferramentas participativas do sistema que suportem a modelagem e a análise do sistema para compreender e analisar, respectivamente, as conexões e fluxos às vezes complexos entre diferentes nós em um sistema.

As habilidades para projetar um futuro circular

Observou-se nas literaturas selecionadas que (SQUIRES et al., 2011) define seis capacidades cognitivas para o desenvolvimento do pensamento sistêmico: (a) entender múltiplas perspectivas; (b) trabalhar em um espaço onde os limites ou o escopo do problema ou do sistema podem ser "nebulosos"; (c) compreender contextos operacionais diversos do sistema; (d) identificar relações e dependências inter e intra; (e) compreender o comportamento complexo do sistema; (f) e o mais importante de tudo, prever de forma confiável o impacto de mudanças no sistema.

A literatura também concorda sobre cinco competências desejáveis necessárias para contribuir para o desenvolvimento sustentável, a solução de problemas de sustentabilidade requer o uso de todas as competências; elas não devem ser vistas ou usadas isoladamente (WIEK, 2011), são elas: (a) pensamento sistêmico; (b) competência antecipatória; (c) competência normativa; (d) competência estratégica e (e) competência interpessoal. Estas 5 competências são listadas pela UNESCO (2017) como essenciais para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Elas também servem como um quadro de referência de "perfil de qualificações distintas e reconhecíveis para pesquisa e desenvolvimento." (WIEK, 2011).

As características do pensamento sistêmico e entendimento dos fundamentos dos sistemas citados acima são conceitos essenciais na abordagem sistêmica e que podem

auxiliar na tomada de decisão no campo do design e na transição para a implementação da EC em empresas, instituições, comunidades ou nações.

A tabela 1 organiza as competências em cada um dos campos de estudo abordados neste artigo. Essas competências genéricas podem ser compreendidas como as características, conhecimentos e habilidade que o designer deve considerar ao projetar para uma economia circular.

Tabela 1 – Conjunto de habilidade e características para projetar de forma circular

Campo de estudo	Competências
Abordagem sistêmica	(a) entender múltiplas perspectivas; (b) trabalhar em um espaço onde os limites ou o escopo do problema ou do sistema podem ser "nebulosos"; (c) compreender contextos operacionais diversos do sistema; (d) identificar relações e dependências inter e intra; (e) compreender o comportamento complexo do sistema; (f) e o mais importante de tudo, prever de forma confiável o impacto de mudanças no sistema.
Circularidade	a) Reduzir os desperdícios na produção e nos demais estágios da cadeia produtiva do produto; (b) Projetar e/ou otimizar o produto para o emprego de novos ciclos de reutilização; (c) Eliminar o descarte de resíduos gerados em toda cadeia do produto, e; (d) Empregar recursos renováveis nos processos produtivos e de reutilização.
Sustentabilidade	(a) pensamento sistêmico; (b) competência antecipatória; (c) competência normativa; (d) competência estratégica; e (e) competência interpessoal.

Fonte: Compilado de características definidas pelos autores (2023)

Conclusões

Apesar de muitos esforços aplicados e avanços conquistados em diversas áreas para que o crescimento econômico seja cada vez mais desvinculado do bem-estar humano e que os recursos sejam utilizados de maneira mais eficiente e otimizada, os vestígios das práticas lineares tradicionais continuam criando obstáculos e impedindo a mudança dos processos, estruturas e instituições.

Para romper estes obstáculos e realizar a transição para a EC, é preciso aceitar que a circularidade nem sempre é sinônimo de sustentabilidade, mas que a EC deve-se perseguir no contexto da sustentabilidade. Inadiavelmente é necessário afastar-se de um sistema centrado no lixo, onde a qualidade dos materiais, componentes e produtos (MCPs) se deterioram conforme fluem através dos sistemas de produção, consumo e gerenciamento. São necessárias mudanças radicais nas etapas projetuais de design, avanço tecnológico e inovação, além de mudança de mentalidade nas etapas de consumo e gerenciamento para significativamente diminuir a quantidade de MCPs dissipados no sistema.

Consequentemente, olhar para esses desafios requer uma abordagem holística que garanta que as soluções em um sistema (ou em um ponto do sistema) não criem problemas em outro sistema; uma abordagem que enfrente os problemas na sua própria base. No decorrer do artigo torna-se evidente que uma abordagem sistêmica é um importante mecanismo, que examina e avalia os elementos internos e externos dos

subsistemas e suas inter-relações, e compreende como um sistema de recuperação de recursos evolui cultural, temporal e espacialmente.

É sumamente importante que os cidadãos do planeta adquiram a capacidade de pensar de forma sistêmica para o futuro. Como abordado no artigo o uso do pensamento sistêmico ultrapassa muitas disciplinas, apoiando e conectando-as de maneiras não intuitivas, mas altamente impactantes. Até agora, o conjunto de habilidades do pensamento sistêmico permaneceu nas margens educacionais por uma variedade de razões. Uma dessas razões é a ausência de uma definição amplamente aceita e completa do pensamento sistêmico, entretanto a partir de 2020 nota-se um aumento da tendência de estudos e da relação com a economia circular. Uma AS que possa transcender fronteiras disciplinares pode ser extremamente poderosa na habilitação de melhores profissionais e processos de tomada de decisão que desafiem normas, valores e práticas atuais de mercado. Mais pesquisas são importantes para avaliar a fundo os desafios da transição para a circularidade, para identificar o que precisa ser mudado e ainda para apoiar de maneira mais efetiva essa mudança por meio do desenvolvimento de políticas e ferramentas adequadas.

O sucesso da economia circular depende de uma compreensão profunda do pensamento sistêmico e dos sistemas interconectados que compõem a economia. Essa compreensão holística da economia é crucial para desenvolver estratégias efetivas para o uso de recursos, a gestão de resíduos, o fomento à inovação e o crescimento econômico sustentável. Ao promover a abordagem sistêmica na discussão sobre a economia circular, ajuda-se a construir um sistema econômico mais sustentável e regenerativo que beneficia a todos.

Referências

BERTALANFFY, LUDWIG VON. **Teoria General de los Sistemas**. México : FCE, 10^a ed., 1995.

BREZET, H., VAN HEMEL, C. **Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption**; UNEP: Paris, France, 1997.

CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annu. Rev. Energy Environ.* 25:313–337, 2000.

CUCEK, L., KLEMES, J.J., KRAVANJA, Z. **A review of footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability**. *J. Cleaner. Prod.* 34, 9-20. 2012.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, MCKINSEY & COMPANY. **Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains**. *World Econ Forum* 2014:1–64.

EUROPEAN PARLIAMENT RESEARCH SERVICE. **The Ecodesign Directive:** European Implementation Assessment; Ex-Post Evaluation Unit of the Directorate for Impact Assessment and European Added Value: Brussels, Belgium, 2017.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Circular Economy in Europe:** Developing the Knowledge Base; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2016.

GEELS, F. W. **The multi-level perspective on sustainability transitions:** responses to seven criticisms. Environ. Innov. Soc. Trans. 1:24–40. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>. 2011.

GEISSDOERFER, M. et al. **The Circular Economy:** A new sustainability paradigm. Journal of Cleaner Production, v. 143, p. 757–768, 1 fev. 2017.

GRAEDEL, T. Industrial ecology: definition and implementation Industrial Ecology and Global Change:23-41. 1994.

HAHLADAKIS, J. N., IACOVIDOU, E. **An overview of the challenges and trade-offs in closing the loop of post-consumer plastic waste (PCPW):** focus on recycling. J Hazard Mater 380:120887. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120887>. 2019.

HOPPER, M., & STAVE, K. A. **Assessing the Effectiveness of Systems Thinking Interventions in the Classroom.** In The 26th International Conference of the System Dynamics Society (pp. 1–26). Athens, Greece. 2008.

KORHONEN, J., HONKASALO, A., & SEPPÄLÄ, J. **Circular economy:** the concept and its limitations. Ecological economics, 143, 37-46. 2018.

MCDONOUGH, W., BRAUNGART, M. **Cradle to cradle:** remaking the way we make things. North point press. 2010.

PLATE, R., MONROE, M. **A Structure for Assessing Systems Thinking.** In The 2014 Creative Learning Exchange. 2014.

REDONDO, M., LEON, L., POVEDANO, F. J., ABASOLO, L., PEREZ-NIETO, M. A., LOPEZ-MUÑOZ, F. **A bibliometric study of the scientific publications on patient:** reported outcomes in rheumatology. Seminars in Arthritis and Rheumatism, v. 46, n. 6, p. 828-833, 2017.

RICHMOND, B. **Systems Dynamics/Systems Thinking:** Let's Just Get On With It. International Systems Dynamics Conference. Sterling, Scotland. 1994.

ROTMANS, J., KEMP, R., VAN ASSELT, M. B. A., GEELS, F., VERBONG, G., MOLENDIJK, K. **Transitions and transition management:** the case of a low emission energy supply, ICIS-Report, Maastricht. 2000.

SQUIRES, A., WADE, J., DOMINICK, P., & GELOSH, D. **Building a Competency Taxonomy to Guide Experience Acceleration of Lead Program Systems Engineers.** In 9th Annual Conference on Systems Engineering Research (CSER) (pp. 1–10). Redondo beach, CA. 2011.

STAHEL, W. **The performance economy.** Springer. 2010.

STAVE, K. A., HOPPER, M. **What Constitutes Systems Thinking:** A Proposed Taxonomy. In 25th International Conference of the System Dynamics Society. Boston, MA. 2007.

STERMAN, J. D. **System Dynamics:** Systems Thinking and Modeling for a Complex World. In ESD International Symposium. 2003.

SUCHEK, N., FERNANDES, C. I., KRAUS, S., FILSER, M., & SJÖGRÉN, H. **Innovation and the circular economy:** A systematic literature review. Business Strategy and the Environment, 30(8), 3686-3702. 2021.

SWEENEY, L. B., & STERMAN, J. D. **Bathtub dynamics:** initial results of a systems thinking inventory. System Dynamics Review, 16(4), 249–286. 2000.

UNESCO (UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION). **Education for Sustainable Development Goals:** Learning Objectives; UNESCO: Paris, France, 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Annual Report.** <https://www.unep.org/resources/annual-report/unep-2011-annual-report>. 2011.

URBINATI, A., CHIARONI, D., & CHIESA, V. **Towards a new taxonomy of circular economy business models.** Journal of Cleaner Production, 168, 487-498. 2017.

WEETMAN, C. **A circular economy handbook for business and supply chains :** repair, remake, redesign, rethink. São Paulo: Autêntica Business. Kindle Edition. 2019.

WIEK, A., WITHYCOMBE, L., REDMAN, C. L. **Key competencies in sustainability:** A reference framework for academic program development. Sustain. Sci. 6, 203–218. 2011.