

O PAPEL DO DESIGN E DA BIOMIMÉTICA NA ECONOMIA CIRCULAR: Uma revisão sistemática da literatura

THE ROLE OF DESIGN AND BIOMIMICRY IN THE CIRCULAR ECONOMY: A systematic literature review.

AMARAL, Júlia; Bacharel; Cesar School

Jrrsa@cesar.school

RATTES, Rafael; Doutor; Cesar School

rrlra@cesar.school

Resumo

Através de uma revisão sistemática da literatura, foi investigada as formas as quais a Economia Circular e a Biomimética se relacionam e se sobrepõem no design. Para pôr a Economia circular em prática, é necessário estudo e compreensão aprofundada dos ciclos naturais em diferentes escalas e a Biomimética contém ferramentas que auxiliam nessa compreensão. A aplicação de temas abordando a observação dos ciclos naturais a fim de reproduzi-los no design em busca de um sistema circular, tem grande potencial na criação de produtos e sistemas que podem auxiliar na resolução de problemas. Esses temas podem ser aplicados ao design, sistemas de produção, modelos de negócios e no desenvolvimento de sistemas regenerativos. Porém, é necessário um consenso entre autores, investimento e colaboração na direção de uma mudança sistêmica. Sendo necessária uma abordagem holística que enxerga sistemas como uma rede interligada e unir e sistematizar diferentes práticas em uma abordagem interdisciplinar.

Palavras Chave: Design de Produto; Biomimética e Economia Circular.

Abstract

Through a systematic literature review, the ways in which the circular economy and biomimicry relate and overlap in design were investigated. To put the circular economy into practice, it is necessary to study an in-depth understanding of natural cycles on different scales, and biomimicry contains tools that assist in this understanding. The application of themes addressing the observation of natural cycles in order to reproduce them in design in search of a circular system has great potential for creating products and systems that can help solve problems. These themes can be applied to design, production systems, business models, and the development of regenerative systems. However, consensus among authors, investment, and guidance towards systemic change are necessary. A holistic approach is needed that sees systems as an interconnected network and brings together and systematizes different practices in an interdisciplinary approach.

Keywords: Product Design; Biomimicry and Circular Economy.

1 Introdução

As consequências do atual sistema de produção indiferente às formas de descarte e utilização de recursos naturais vem se agravando no ecossistema com fatores como a poluição, desertificação e mudanças climáticas, por exemplo. Apenas no Brasil, um levantamento realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) afirma que em 2022 foram produzidos 81,8 milhões de toneladas de resíduos nas áreas urbanas, representando aproximadamente 224 mil toneladas diárias e, segundo a Abrelpe, apenas 4% desse lixo é reciclado.

Enquanto o sistema de produção seguir linearmente (da produção para o consumo e, em seguida, o descarte) mesmo que haja esforços para reverter as ações danosas ao meio ambiente como a reciclagem, por exemplo, não há como acompanhar a produção de lixo que aumenta gradativamente e que quebra recordes a cada ano. Segundo a International Solid Waste Association, uma associação internacional sediada em Viena que promove e desenvolve cuidados com resíduos sólidos em busca de uma sociedade sustentável, no ano de 2019 o mundo bateu seu recorde na produção de lixo eletrônico com 53,6 milhões de toneladas, o equivalente a 7,3 quilos por habitante. Estima-se que em 2030 serão 74 milhões de toneladas em todo o mundo (“ISWA: The International Solid Waste Association”, 2020).

Essa produção de lixo e as implicações que se sucedem esse descarte são consequências de uma falha de design e a situação é ainda mais complexa quando se fala de reciclagem ou de embalagens retornáveis como propostas de solução. Cardoso (2016) narra em O Design para um mundo complexo casos de produtos retornáveis que fazem mais danos ao meio ambiente do que produtos descartáveis, uma vez que para um produto retornável de fato retornar, ele gastaria mais combustível e energia no processo do que um produto descartável. A complexidade do mundo atual e do sistema amplifica as falhas de design e se faz necessário pensar no design de artefatos considerando o todo.

Para conter e reverter tais efeitos, surgem então novas formas e metodologias no design que buscam soluções com foco em regeneração ambiental e sustentabilidade, termo definido pela World Wide Fund for Nature baseado na definição pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento como o desenvolvimento que não esgota recursos naturais para as gerações futuras (“Sustentabilidade”, [s.d.]). Essas formas de conter ainda necessitam de uma definição clara, inclusão e aplicação de forma honesta e fiel ao conceito, uma vez que, a falta de fidelidade cria produtos que se autodenominam sustentáveis, mas que apenas adicionam uma nova camada ao problema. Um exemplo é apresentado por Salas-Zapata e Ortis-Muñoz (2017) que, após analisar trabalhos de pesquisa científica publicados no ano de 2013, foi visto que 91,3% dos que incluíam o termo sustentabilidade em seu título não forneceram sua definição ou não foram claros quanto o método de pesquisa utilizado, isto se repetiu inclusive em estudos cujo objetivo consiste justamente em uma análise da sustentabilidade ou práticas de sustentabilidade, tendo risco de gerar um problema de validade de construto. Estudos com tal deficiência são incapazes de demonstrar que as categorias e variáveis analisadas são coerentes e fiéis a um dado conceito de sustentabilidade (SALAS-ZAPATA; ORTIZ-MUÑOZ, 2017). É necessário então que não só essas formas e metodologias sustentáveis entrem em vigor, mas que também sejam executadas de forma correta, coerente e efetiva. Propostas como a Economia Circular e a Biomimética.

1.1 Problema

A Economia Circular é um modelo econômico que transforma um sistema antes linear (produção, consumo e descarte) em um sistema circular com o objetivo de formar ciclos auto sustentáveis. Porém, existe uma falta de clareza sobre como é operado o procedimento de pesquisa. A Economia Circular carece de uma definição da centralidade do conceito e da prática que envolve a sustentabilidade, esses fatores unidos à predominância de trabalhos produzidos majoritariamente de cunho teórico ou estudos de caso, dão a Economia Circular características de um tema emergente ou pouco consolidado (KUZMA et al., 2020). Outro fator é que para de fato alcançá-la, é necessário diversos processos complexos que cruzam as fronteiras do design e passam a ser de reforma estrutural e sistêmica:

"[...] uma economia linear é caminhar para a destruição do planeta, utilizar a economia circular reduziria os impactos ambientais. Há, portanto, necessidade de mudanças nos diversos níveis, desde decisões e políticas dos governos e mudança da economia para a economia verde." (GARLET; PAZMINO, 2022. p. 8)

Um processo de produção, distribuição e consumo circular é caracterizado quando menos ou nenhum componente residual é gerado, ao mesmo tempo, em que produtos e energia permanecem com o mesmo valor ao final do ciclo de consumo, assim como ocorre nos ciclos da natureza (KUZMA et al. 2020). Logo, a fim de pôr a Economia circular em prática é necessário estudo e compreensão aprofundada dos ciclos ecológicos da natureza em pequena e grande escala e é aqui onde entra a Biomimética.

A Biomimética é o estudo dos princípios estratégicos e padrões naturais a fim de serem aplicados a designs para solucionar problemas de forma sustentável e eficiente. Ela parte do pressuposto de que os ciclos e organismos biológicos são complexos, multifuncionais e adaptados ao entorno de modo que desempenham funções regenerativas e positivas para o sistema onde estão integrados (BENYUS, 1997). A biomimética foi, também, um dos movimentos dos quais serviu de base para o desenvolvimento da teoria da economia circular (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2013a). Mesmo com um conceito baseado em utilizar 3.8 bilhões de anos de evolução de vida da terra como professores para desenvolver tecnologias sustentáveis, a biomimética, que tem seu uso mais similar a uma ferramenta, é ainda contestada, pois, sem um consenso de aplicação bem definidos, nem todos os produtos que afirmam ter sido desenvolvidos através da biomimética, tem resultados sustentáveis, o que vai contra o propósito da biomimética em si (ILIEVA et al., 2022).

Por mais que exista uma relação entre a economia circular e a biomimética, com ambos conceitos advindo de um mesmo movimento sob uma mesma ótica e tendo a capacidade de complementarem, estas são raramente associadas em trabalhos científicos, indicando que, em contrapartida, do aumento de publicações e pesquisas surgindo sobre ambos assuntos, essas áreas de pesquisa têm se desenvolvido em paralelo (DUPIM, 2019). É necessário entender, então, como ambos os conceitos se relacionam no contexto do design e explorar como são e devem ser relacionados a fim de assegurar resultados efetivos. O que leva à seguinte pergunta de pesquisa: Como podemos compreender melhores formas de abordagem do design de artefatos físicos a partir da correlação entre a Economia Circular e a Biomimética?

1.2 Objetivo Geral

A meta deste trabalho é investigar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, as diferentes formas das quais a Economia Circular e a Biomimética podem ser relacionadas e se complementarem num contexto do design. A partir disso, ambos os conceitos serão analisados para ser possível compreender suas abordagens, critérios e ferramentas individualmente a fim de identificar tais relações e compará-las.

1.3 Objetivos Específicos

OE1: Analisar os conceitos de biomimética e economia circular.

OE2: Compreender as abordagens, critérios e ferramentas utilizados na Economia Circular

OB3: Compreender as abordagens, critérios e ferramentas utilizados na Biomimética.

OB4: Identificar as relações entre a economia circular e a biomimética para o desenvolvimento de artefatos.

1.4 Justificativa

A Economia Circular e a Biomimética são temas de grande potencial, porém, considerados emergentes. É necessário consolidar as práticas de tais temas e contribuir para a evolução dos mesmos, uma vez que, essa falta de consolidação resulta em, no caso da biomimética, produtos com resultados pouco ou nada sustentáveis (ILIEVA et al., 2022), ou no caso da economia circular, ser esquecido, conforme evidenciado por artigos relacionados a biomimética que tem princípios e modelos semelhantes aos da economia circular, mas com outras nomenclaturas, dificultando uma análise completa (DUPIM, 2019). Estabelecer uma conexão entre ambos conceitos irá maximizar o potencial incumbido e fornecer um avanço nos estudos teóricos, acelerando a implementação.

É necessário, primeiro, uma clara definição do que será abordado, especialmente em estudos relacionados a conceitos sustentáveis, a fim de, promover trabalhos coerentes (SALAS-ZAPATA; ORTIZ-MUÑOZ, 2017). Assim, é preciso analisar como a Biomimética e a Economia Circular funcionam separadamente, e o potencial que elas têm aplicadas em conjunto. Com a biomimética tendo o potencial de auxiliar a economia circular por meio da reestruturação de sistemas produtivos e da aplicação de práticas e ferramentas para desenvolver tecnologias (DUPIM, 2019). De acordo com Hélène Amalric, designer especializada em biomimética e líder do Biotope Project no Ecological Centre Terre Vivante (ISÈRE), a Economia Circular e a Biomimética são duas abordagens complementares já que, a biomimética fornece uma metodologia para a economia circular ao encontrar soluções para problemas específicos (AMALRIC, 2018).

Diante da necessidade de enfrentar problemas futuros, é fundamental existir comunicação entre diferentes domínios disciplinares que destaque suas semelhanças através da interdisciplinaridade (MALVESTITI; DANDOLINI, 2021). Abordagens colaborativas e transdisciplinares são vantajosas num contexto acadêmico onde mais de uma perspectiva é essencial para visualizar com exatidão o escopo de um projeto ou problema a ser resolvido. A compreensão de como a Economia circular pode se relacionar com a Biomimética no contexto do design, estudando quando e como ocorre essa correlação e entendendo como devem ser relacionados pode auxiliar na criação de diretrizes a fim de sistematizar práticas e formas para assegurar a efetividade da aplicação.

2 Estado da Arte

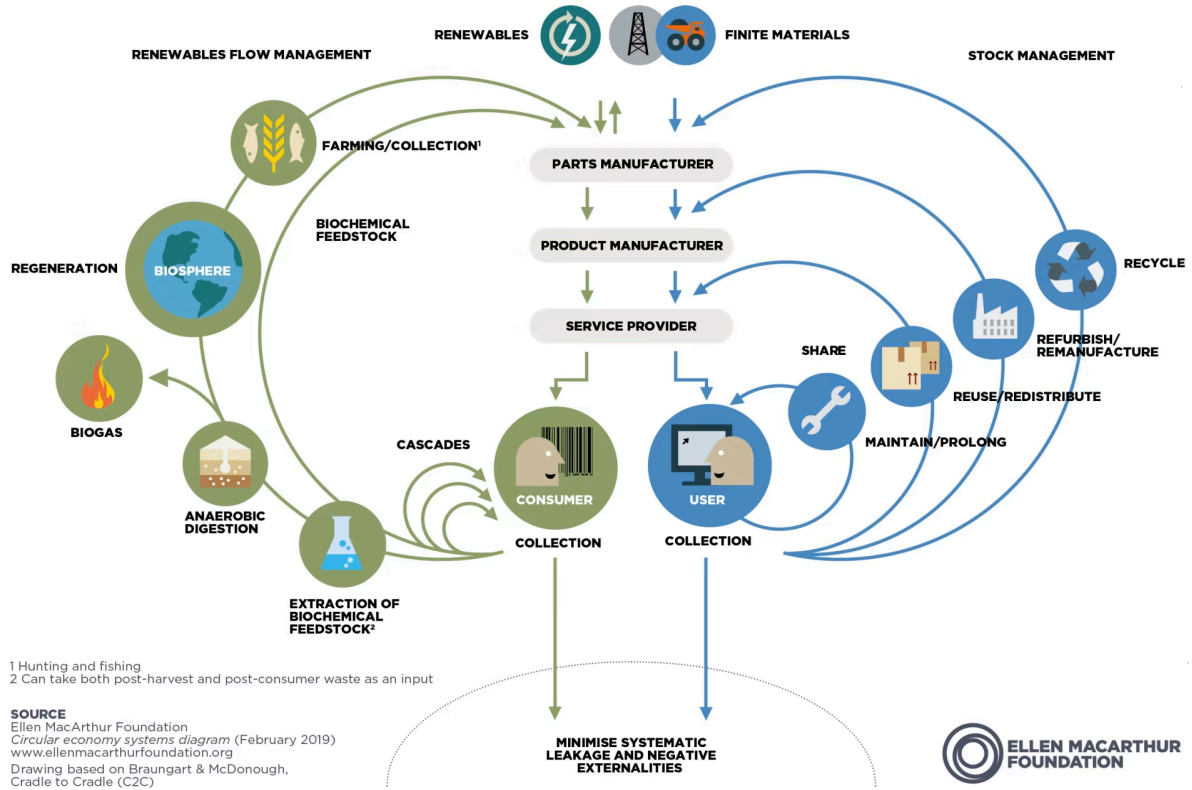
2.1 Economia circular

As origens do conceito da economia circular se deram no fim da década de 1970, quando as primeiras escolas de pensamento acerca de repensar ideias práticas e alternativas para o sistema vigente ganharam força no meio acadêmico. Porém, o que é considerado o marco inicial para a difusão do termo economia circular foi o artigo “Economics of Natural Resources” de 1989 publicado por dois ambientalistas e economistas britânicos, David W. Pearce e R. Kerry Turner. O texto já utilizava do termo desenvolvimento sustentável e apresentava preocupações quanto ao estado econômico e ambiental à medida que chegava o fim do século XX. O artigo é surpreendentemente atual, alegando uma interdependência entre o crescimento econômico, o apoio a sistemas ambientais e o perigo da intervenção humana desgovernada em larga escala em frente a um possível esgotamento. A economia circular surge então como uma alternativa que visa simular ciclos da natureza na economia a fim de evitar o desperdício, bem como a poluição e a degradação de ecossistemas naturais.

Diante da busca de soluções, a economia circular, com o passar dos anos, se desenvolveu em conjunto com outras escolas de pensamento, como a cradle to cradle, economia industrial, design regenerativo, capitalismo natural e ecologia industrial, que buscavam novas formas de desenvolvimento com ênfase na sustentabilidade e reaproveitamento de recursos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013b). Idealmente, a economia circular implementaria formas de gerar, recuperar e manter o valor de um material a longo prazo, sem gerar resíduos ou afetar o meio ambiente, estabelecendo um ciclo bem estruturado de produção e reaproveitamento inspirado nos ciclos naturais (DUPIM, 2019).

Em uma Economia Circular verdadeira, os recursos se regenerariam em um ciclo biológico ou seriam restaurados em um ciclo técnico (PEREIRA, 2020). O “diagrama de borboleta” (Figura 1) ilustra esse fluxo contínuo de materiais em uma economia circular separados em dois ciclos principais: o técnico e o biológico. No ciclo técnico o produto é mantido em circulação por meio de reusos, reparos e em último caso a reciclagem. No ciclo biológico os componentes biodegradáveis seriam devolvidos à terra para regenerar a natureza (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2017b).

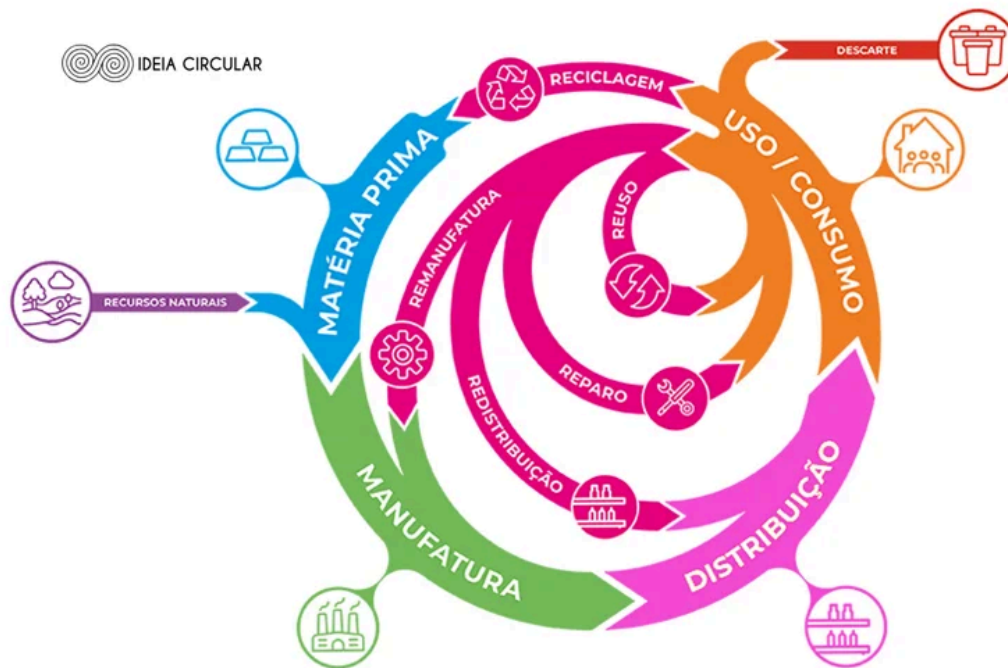
Figura 1 - Diagrama de Borboleta



Fonte: ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2017b)

O ciclo deve ser projetado para eliminar o máximo possível a geração de resíduos e com bens projetados para a reutilização. Assim, produtos seriam construídos para serem duráveis, facilmente desmontados e reutilizados com a intenção de impedir que suas peças fiquem com o consumidor ou alcancem o lixo (PEREIRA, 2020). O blog Ideia Circular (2020) escolheu representar essa distribuição semelhantemente, com ciclos em ciclos evidenciando as transições interconectadas e tendo o descarte como a última possibilidade (Figura 2).

Figura 2 - Proposições de ciclos dentro de ciclos para transições interconectadas



Fonte: DEIA CIRCULAR (2020)

Por ser um conceito relativamente recente e pouco consolidado (KUZMA et al., 2020) foram então concebidas diferentes diretrizes e acrônimos para estabelecer normas e sistematizar seu funcionamento, tais como os 5Rs do zero desperdício como apresenta a Figura 3:

Figura 3-5 R 's do zero desperdício.



Fonte: SUSTAINABILITY 100 PLUS (2022)

Em tradução livre: Recusar, reduzir, reutilizar, reciclar e decompor. Indicando a completa aversão ao desperdício e, em casos de impossibilidade de reciclagem, que a matéria se decomponha e retorne à natureza. Porém desta diretriz em particular existe mais de uma versão. Uma variação do gráfico apresentado pela Ellen Macarthur Foundation adaptado pelo Espectro 3D, substitui reduzir por repensar, reutilizar por reduzir, reciclar por reutilizar e decompor por reciclar (Figura 4).

Figura 4 - Nova versão para os 5R's



Fonte: ESPECTRO 3D (2023)

O grupo Circle Economy também apresenta o DISRUPT Framework (em tradução livre Disrupção) segundo a Figura 5, um acrônimo em três níveis que consiste em: executar um design pensando no futuro adotando uma perspectiva sistêmica ao projetar um determinado produto tendo em mente o seu tempo útil e descarte; incorporar tecnologias digitais a fim de monitorar e otimizar o uso de recursos e fortalecer conexões entre atores da cadeia de suprimentos por meio de plataformas digitais; sustentar e preservar o que já existe por meio de reparos e restaurações a fim de prolongar a vida útil do produto; repensar o modelo de negócios considerando oportunidades de criar maior valor e alinhar incentivos por meio de modelos moldados pela interação entre produtos e serviços; utilizar o descarte como recurso reaproveitando materiais através do reaproveitamento e da reciclagem; priorizar recursos regenerativos assegurando materiais renováveis, reusáveis e não tóxicos eficientemente; e se unir para criar um valor coletivo, trabalhando coletivamente na cadeia de recursos, organizações e setores públicos com o intuito de gerar transparência e valor coletivo.

Figura 5 - Framework DISRUPT



Fonte: CIRCLE ECONOMY (2020)

É um importante atrativo para a economia circular que seja, acima de tudo, lucrativa. No sistema atual é mais importante garantir que eliminar o desperdício de produtos e materiais é gerador de lucro do que o risco de um colapso do sistema. É possível observar essa ênfase no lucro para vender a ideia em organizações e programas de difusão da economia circular e do desenvolvimento sustentável, não porque esses grupos ou estudos sejam necessariamente gananciosos, mas porque assegurar lucro aumenta as chances de investimento, coisa necessária para o aceleração do processo. Conforme a Ellen Macarthur Foundation, estabelecida em 2010, a economia circular é baseada em três princípios impulsionados pelo design: A eliminação do desperdício e da poluição, circular materiais e produtos em seu valor mais alto e regenerar a natureza. Também é considerado que um produto ou serviço, seja desenvolvido desde sua concepção para ser ambientalmente qualificado ao longo do seu ciclo de vida, agregando valor econômico para o mesmo (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2014).

Projetar um ciclo biológico é um processo que abrange um sistema intrincado e carece de tempo e investimento, uma vez que, é necessário que indústrias que aderirem a essa forma de economia devem se dedicar a pesquisar a degradação de seus próprios produtos e garantir o maior ciclo de vida possível para eles, coisa que é atípica atualmente uma vez que décadas de obsolescência programada garantiram o circulamento de capital em produtos projetados para serem substituídos (GARLET; PAZMINO, 2022).

Faz trinta e quatro anos desde o que se considera a origem do termo e ainda não existe um consenso claro sobre diretrizes de aplicação ou sua eficácia. Até 2017 não existia sequer um monitoramento de dados disponíveis para acompanhar o progresso da economia circular ou sequer se havia um progresso. Em 2018 o grupo Circle Economy começou a lançar métricas para monitorar a circularidade da economia. Sua métrica consiste em medir materiais que são reciclados de volta à economia global após o fim de sua vida útil. Mesmo com mais e mais trabalhos abordando a economia circular e com foco no desenvolvimento sustentável, a economia não acompanhou essa evolução. Em 2018 a circulação era de 9.1%, em 2020 caiu para 8.6% e em 2023 foi avaliada em apenas 7.2% significando que, desde que se passou a observar, pelo menos 90% dos recursos do planeta são desperdiçados a cada ano. Para acelerar essa transição, um modelo que permite repensar práticas econômicas a partir de ciclos naturais naturalmente se beneficiaria de uma ciência que estuda processos e fenômenos da natureza a fim de reproduzi-las como a Biomimética.

2.2 Biomimética

A biomimética foi colocada em prática bem antes da definição do termo. Desde os projetos de máquinas voadoras de Da Vinci inspirados a partir de observações da anatomia dos pássaros até a invenção do velcro em 1907 por Georges de Mestral ao tentar entender como os carrapichos se prendiam aos pelos do seu cachorro, a natureza sempre foi uma mentora. O termo em si foi definido em 1969 pelo engenheiro americano Otto Schmitt e, em 1974, entrou para o dicionário Webster (MENA, 2018). Porém, foi nos anos de 1990 que o termo foi amplamente popularizado com o livro de 1997 Biomimética: Inovação inspirada na natureza por Janine Benyus.

Benyus definiu sua abordagem como uma disciplina que estuda as melhores ideias da natureza e então imita esses designs e processos para solucionar problemas humanos, podendo ser aplicada para criar soluções para todos os setores socioeconômicos (BENYUS, 1997). A biomimética é baseada em três princípios:

- Natureza como mentora: Observar a natureza como um meio de aprendizado.
- Natureza como modelo: Simular formas, processos e estratégias que ocorrem na natureza para desenvolver soluções para problemas.
- Natureza como forma de medida: Julgar a sustentabilidade das soluções por um viés ecológico.

O Biomimicry Institute (2019) define mais três elementos essenciais infundidos no que é considerada a essência da biomimética e que representam os valores centrais na hora de transpor as estratégias da natureza para o design:

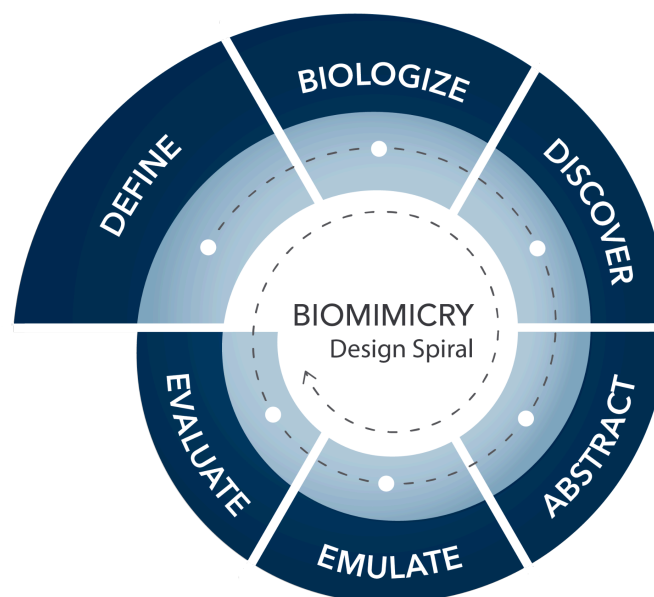
- Emulação: Prática baseada no aprendizado por meio de pesquisas científicas com o objetivo de replicar tais princípios em processos e produtos regenerativos.
- Ethos: A ética por trás da biomimética. Considerando a responsabilidade de utilizar os aprendizados com a natureza para impactar positivamente o meio ambiente.

- **Reconexão:** Interpretar a humanidade como parte dos sistemas interconectados da natureza. A partir do momento que houver uma compreensão da espécie humana como parte dos ciclos naturais e não separados dele, se estabelece um respeito por tais ciclos e uma melhor compreensão dos mesmos.

Baseado nesses princípios, o The Biomimicry Design Spiral (Figura 6) é um método de design criado para facilitar processos de desenvolvimento que desejem utilizar da natureza uma guia para o desenvolvimento de soluções. São descritos nele os seis passos mais importantes que um time de design deve aderir ao utilizar da biomimética e fornece um ponto de partida que pode ou não ser integrado a outras metodologias. O método é cíclico podendo ser feito e revisado quantas vezes for necessário. Os passos consistem em:

- **Definir:** Articular o impacto intencionado para o produto com critérios e delimitações para definir o seu sucesso.
- **Biologizar:** Analisar as funcionalidades as quais a solução irá abordar e reenquadrá-las em termos biológicos a fim de "perguntar à natureza."
- **Descobrir:** Buscar modelos naturais que abordam as mesmas funções e introduzi-las no contexto da solução identificando as estratégias utilizadas que apoiam seu funcionamento.
- **Resumir:** Estudar as características essenciais que tornam esses processos biológicos bem sucedidos e então reformular essas características em "estratégias de design."
- **Emular:** Buscar padrões e relacionamentos entre as estratégias e aprimorar as principais lições desenvolvendo conceitos de design baseados nesses elementos.
- **Avaliar:** Avaliar como os princípios encontrados servem para desenvolver uma solução que se encaixe nas delimitações e critérios pré definidos do projeto considerando a viabilidade técnica e do modelo de negócios. Depois, refinar e revisar cada etapa conforme necessário.

Figura 6 - The Biomimicry Design Spiral



Fonte: BIOMIMICRY INSTITUTE (2019)

Enquanto diversos autores consideram o uso da biomimética uma abordagem inerentemente ecológica (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2019a; BENYUS 1997), existem questionamentos quanto a sua aplicabilidade, pois uma mudança sistêmica considerando o desempenho social, ecológico e econômico não dependem de uma mudança de um problema em específico, como o caso da biomimética, mas em um contexto considerando um todo, ou seja, a biomimética sozinha não exerce grandes transformações em larga escala (DUPIM, 2019). Considerando esses fatores se entende que a biomimética, através de seus estudos e observações, poderia servir como uma espécie de ferramenta a fim de alcançar uma economia de fato circular.

3 Metodologia

Esta pesquisa se caracteriza como uma abordagem qualitativa, de natureza básica com objetivo de ser uma pesquisa explicativa com um levantamento bibliográfico. Como foram estabelecidos nos objetivos, a fim de analisar o estado da arte entre os conceitos da Economia Circular e a Biomimética, compreender suas abordagens, critérios e ferramentas utilizados e identificar as relações entre a economia circular e a biomimética para o desenvolvimento de artefatos. Este trabalho realizou uma revisão sistemática da literatura, trata-se de um estudo de natureza descritiva que busca estabelecer o estado da arte de um determinado tema podendo também ser utilizado como um método de pesquisa para a solução de um problema. Tem uma forma de revisão de processo bem definida que permite a rastreabilidade dos critérios ao longo de sua realização, possibilitando que outros pesquisadores possam replicá-la. Ela permite:

- Reconstruir de forma coerente e integrada o corpo teórico associado a um determinado problema de pesquisa.
- Identificar lacunas ou convergências dentro de uma temática.
- Formular uma pergunta de investigação científica relevante para o avanço do campo do conhecimento.

3.1 Atividades de Pesquisa

Na revisão sistemática da literatura é preciso definir um planejamento para a catalogação de fontes primárias de pesquisa, definir critérios de busca e um protocolo de pesquisa para conduzir essas buscas com a utilização de filtros de leitura para que esses trabalhos possam ser identificados e catalogados de forma que seja possível produzir uma síntese. Assim, foram definidas as seguintes atividades de pesquisa separadas em 3 fases:

FASE 1: Planejamento

- Catalogação das fontes primárias
- Definição dos Strings de busca
- Definir critérios de inclusão e qualificação de conteúdos
- Definir protocolo de pesquisa

FASE 2: Condução das buscas

- Definir filtros de leitura
- Busca na base de dados de acordo com os critérios pré definidos
- Identificar e classificar artigos de acordo com o protocolo

- Elaborar um formulário de registro
- FASE 3: Relatório e Divulgação
- Síntese e reflexão crítica das informações extraídas dos artigos
 - Análise e catalogação de trabalhos
 - Construção de um Relatório de Revisão Sistemática
- FASE FINAL:
- Conclusões

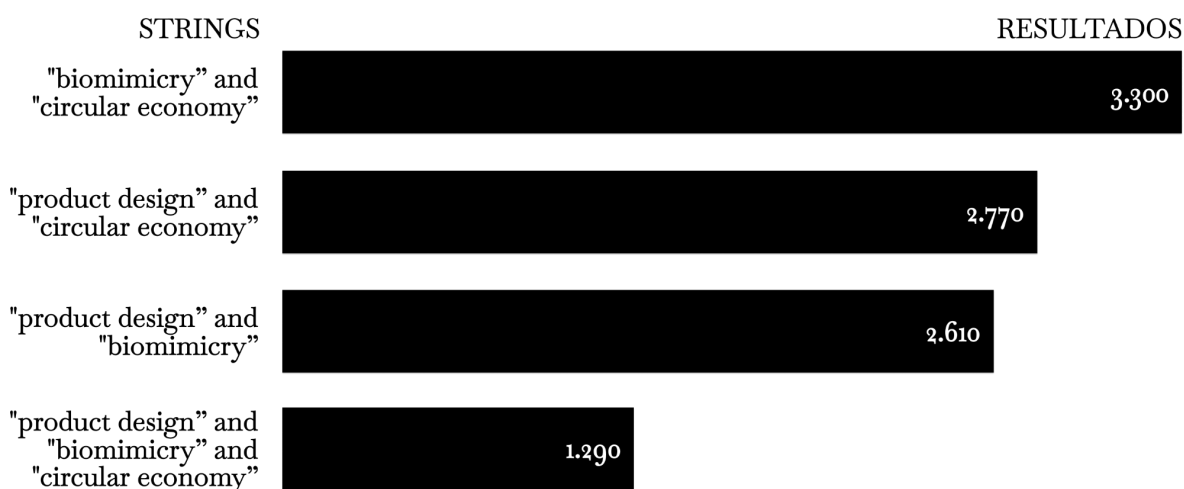
3.2 FASE 1: Planejamento

Primeiro foi definido que as fontes primárias de pesquisa seriam o Portal de Periódico Capes e o Google Scholar, em seguida, foram definidas as palavras chave que seriam utilizadas para compor o string de busca. Como a questão apresentada seria a compreensão das melhores formas de abordagem do design de artefatos a partir da correlação entre a Economia Circular e a Biomimética, foi definido que o tipo de design pesquisado seria o design de produto por ser o design mais relacionado a economia e o que mais produz resíduos.

Para ter uma melhor perspectiva e medidas de comparação entre os resultados e as relações entre os assuntos, foram executados testes com diferentes strings de busca agrupando as palavras chave em duplas e em seguida em conjunto para calcular a diferença quantitativa de resultados.

Foi primeiro executada uma pesquisa no Google Scholar com o string de busca: "product design" and "biomimicry" obtendo 2.610 resultados; depois foi pesquisado "biomimicry" and "circular economy" obtendo 3.300 resultados e em seguida "product design" and "circular economy" com 2.770 resultados e, por fim, o string "product design" and "biomimicry" and "circular economy" com apenas 1.290 resultados, como pode ser visto na Figura 7:

Figura 7 - Gráfico de resultados



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

O maior fluxo de trabalhos se tem na relação entre a biomimética e a economia circular sendo 19% maior que a segunda pesquisa com mais fluxos, sendo essa o design de produto e economia circular, e sendo 155% maior do que o número de resultados da pesquisa que envolve os três assuntos correlacionados. Entende-se então que já foi constatada a relação entre os três temas na literatura, uma vez que existe uma quantidade de trabalhos substancial confirmando a hipótese, porém, ainda não foi devidamente e amplamente discutido o papel do design diante das possibilidades de contribuição e as influências do mesmo nesses campos.

A partir desses resultados foi formulado um novo string de busca sendo este "product design" and "biomimicry" OR "biomimicry" and "circular economy" OR "product design" and "biomimicry" and "circular economy", para assegurar que nenhum trabalho escape da revisão. O string foi pesquisado no Google Scholar e no portal de periódicos Capes sob o seguinte protocolo de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 - Tabela de Inclusão e exclusão

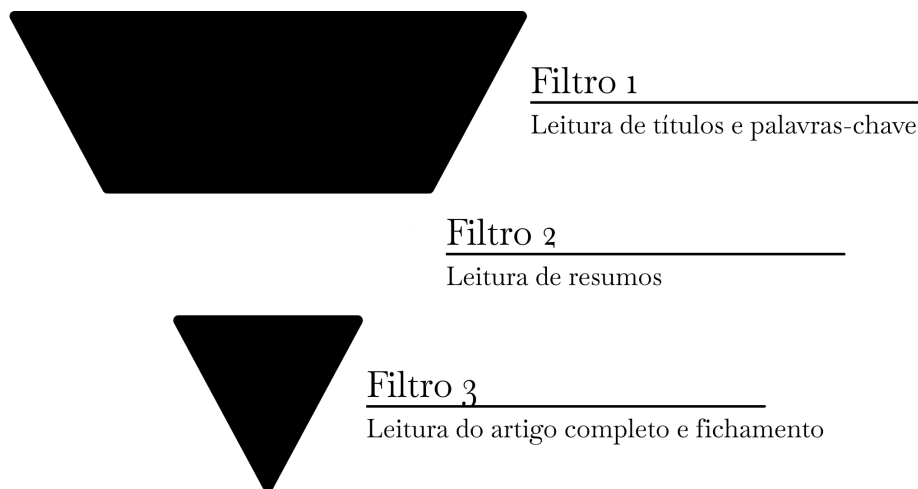
	CRITÉRIOS PARA INCLUSÃO	CRITÉRIOS PARA EXCLUSÃO
ESCOPO	Pesquisas que relacionem abordagens entre a biomimética e a economia circular no Design de Produto.	Pesquisas que abordem apenas ou a biomimética ou a economia circular, sem correlacioná-los.
REFERÊNCIA	Artigos de periódicos publicados.	Não ser um artigo acessível ou ser uma entrevista publicada em periódico.
ACESSO	Trabalhos acessíveis no Portal de periódicos CAPES e no Google acadêmico	Trabalhos que necessitem de pagamento para obter acesso.
IDIOMA	Idiomas dominados pela autora: Português e Inglês.	Idiomas que a autora não domina.
ANO	Pesquisas publicadas nos últimos 5 anos	

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

3.3 FASE 2: Condução das buscas

Foram definidos 3 filtros de leitura uma vez que os strings de busca e as bases de dados foram definidas (Figura 8). A primeira fase da leitura seria analisar o título e as palavras-chave de todos os resultados disponíveis que cumprem o requisito dos critérios de pesquisa para se assegurar de que os trabalhos em questão abordem o tema. A segunda fase passa a ser reunir todos os trabalhos escolhidos e analisar os resumos para que, de fato, se tenha a certeza de que o periódico se encaixa na análise, caso não, o trabalho é descartado. A terceira fase é, finalmente, ler cada artigo completo e produzir um fichamento do seu conteúdo.

Figura 8 - Filtros de Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A condução das buscas foi executada na primeira semana de Outubro de 2023 e as seguintes semanas foram dedicadas a aplicação dos filtros de leitura. No portal de periódicos Capes foram encontrados apenas 108 resultados, enquanto no Google Scholar foram encontrados 1.620 resultados. É importante observar que muitos trabalhos foram eliminados no primeiro filtro por conta de serem trabalhos que requerem pagamento pelo acesso, diminuindo drasticamente o número de artigos selecionados em comparação com a quantidade de resultados obtidos. Enquanto no Google Scholar, após o primeiro filtro, foram selecionados apenas 53 artigos, no portal Capes foram 14 artigos.

No segundo filtro de leitura que se refere à leitura de resumos, foi observado um efeito já previsto, mas ainda sim importante: termos que substituem as palavras chaves designadas. No lugar de biomimética foram encontrados termos como "bioinspiração", no lugar de Economia circular foram observados termos como "Eco Design" ou "cradle to cradle" que por si só é uma abordagem da biomimética para o design baseado na circularidade. No lugar de Product Design foram observados uma série de termos diferentes que fizeram o protocolo de pesquisa ser repensado e passar a aceitar trabalhos que não necessariamente citam o product design, mas que citam o design como um todo.

Foram observados uma quantidade considerável de periódicos sobre a importância da reeducação do design sob uma lente sustentável, estudos de caso e aplicação de modelos de negócio em indústrias, que não se encaixavam nos critérios da revisão porém, é interessante observar a versatilidade da biomimética acompanhada pelo design possibilitando até mesmo modelos de negócios para gestão corporativa. Outro efeito previsto foram artigos que relacionavam o papel da biomimética no design, mas sem relacionar a economia circular, enquanto houve artigos que apresentavam o papel do design de produto na economia circular mas que não faziam a conexão com a biomimética afirmando a necessidade da correlação entre os assuntos. Apenas 5 artigos passaram para a próxima fase. No terceiro e último filtro de leitura apenas um artigo não se adequou nos critérios definidos. A Tabela 2 apresenta os resultados em números de acordo com cada filtro aplicado:

Tabela 2 - Resultados por filtro

Base de dados	Encontrados através do string de busca	Selecionados após o primeiro filtro	Selecionados após o segundo filtro	Selecionados após o terceiro filtro
CAPES	108	14	0	0
Scholar	1.620	53	5	4

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

3.4 FASE 3: Relatório e Divulgação

Os artigos finais estão dispostos na seguinte tabela 3.

Tabela 3 - Artigos escolhidos

NOME	AUTOR	PALAVRAS CHAVE	ANO
Economia circular e biomimética: uma análise no contexto de sistemas regenerativos	Daiane Arruda de Almeida Dupim	biomimetismo economia circular ILPF sistemas de integração sistemas regenerativos	2019
Integrative Systems of Production: A framework and model for designers, based on ecosystem metabolisms and functions	Tom Snow	Systemic design ecological design biomimetics circular economy regenerative agriculture.	2020
Nature-Inspired Design: Biomimicry and Cradle to Cradle	Azra Kekic Ljiljana Stojanovic Bjelic Dragana Neskovic Markic	Waste circular economy Biomimicry cradle to cradle	2020
Biomimetics and circular economy in the Brazil semi-arid: Application of functional principles of xerophilous plants	Wedsley Oliveira de Melo Isabel Lausanne Fontgalland	Brazil Water Biomimetics Artificial Intelligence	2023

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

TRABALHO #01

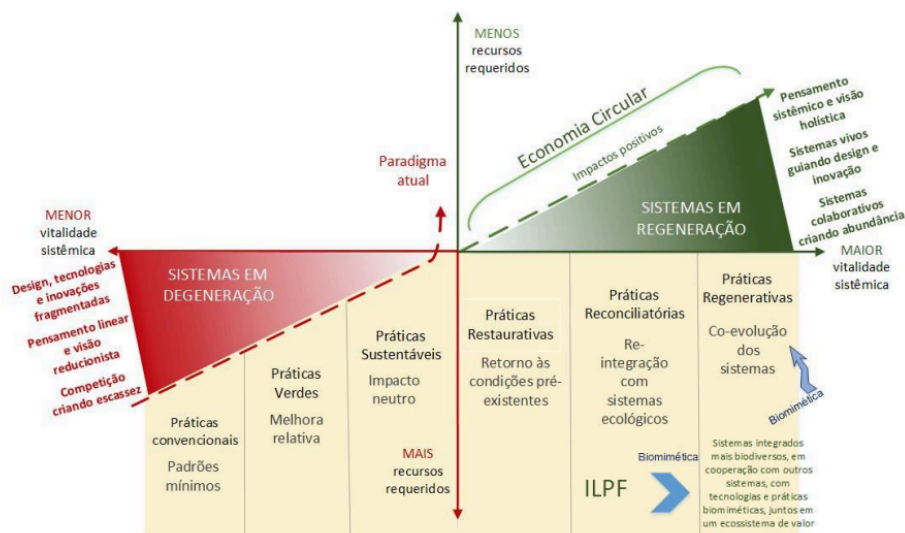
- **Nome:** Economia circular e biomimética: uma análise no contexto de sistemas regenerativos.
- **Autor(a):** Dupim, Daiane Arruda de Almeida
- **Ano:** 2019

- **Palavras Chave:** biomimetismo; economia circular; ILPF; sistemas de integração; sistemas regenerativos.

Por meio de um estudo de caso em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, foi exemplificada a relação entre economia circular, biomimética e práticas regenerativas. A dissertação defende uma implementação sistêmica e efetiva de estratégias circulares cujo processo de transição pode ser facilitado pela biomimética. Foram identificadas sobreposições existentes entre os temas a nível conceitual e prático, e constatado que ambos conceitos estão relacionados ao desenvolvimento de sistemas de regeneração.

É enfatizado o fato de que tanto a economia circular quanto a biomimética são tópicos relativamente crescentes e que há divergências entre os autores quanto ao escopo conceitual. São abordados os princípios e práticas da biomimética no contexto da economia circular, que estão centrados no desenho de fluxos de materiais para facilitar sistemas de valor entre setores industriais, avaliar seu impacto ambiental e otimizar o ciclo de vida dos produtos por meio do design. Foi sistematizada uma trajetória de sistemas em degeneração para sistemas em regeneração com a intenção de defender práticas restaurativas, conciliatórias e regenerativas como é ilustrado na figura 9. Tais possíveis aplicações são exemplos de como para desenvolver tecnologias mais eficientes e sustentáveis na engenharia ambiental, a biomimética pode ser utilizada inspirando-se em soluções encontradas na natureza.

Figura 9 - Trajetória de sistemas em degeneração para sistemas em regeneração.



Fonte: DUPIM (2019)

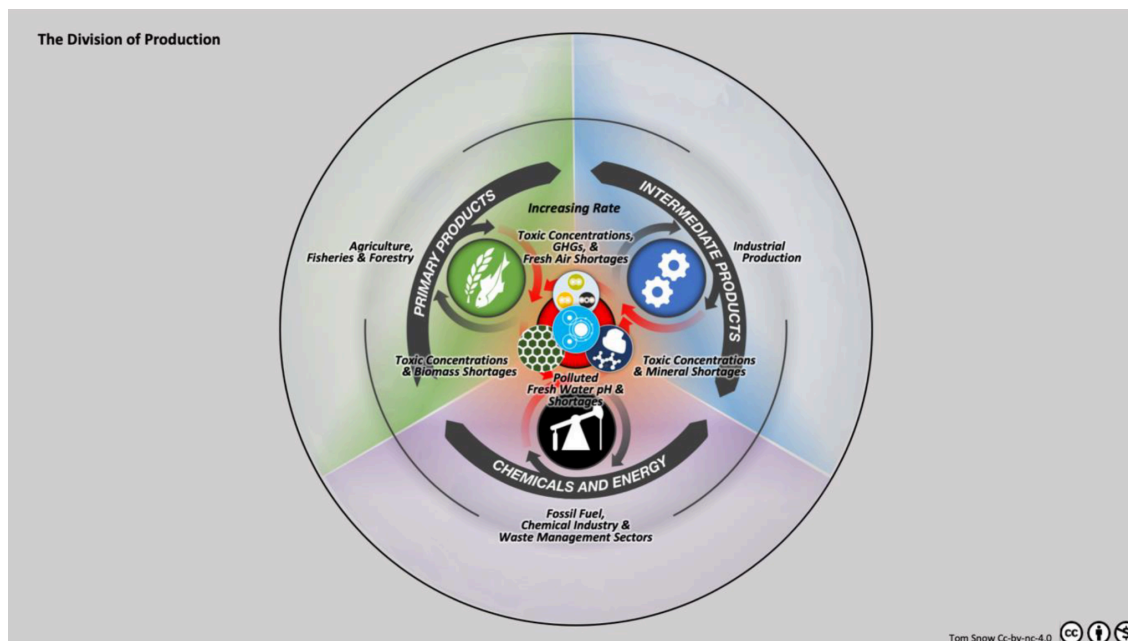
TRABALHO #02

- **Nome:** Integrative Systems of Production: A framework and model for designers, based on ecosystem metabolisms and functions.
- **Autor:** Tom Snow
- **Ano:** 2020
- **Palavras Chave:** Systemic design; ecological design; biomimetics; circular economy; regenerative agriculture.

A fim de apoiar designers que trabalham em sistemas regenerativos de produção. Uma estrutura e um modelo integrativos foram desenvolvidos baseados em metabolismos, funções de ecossistemas, sistemas de design sinérgicos, bem como a agricultura regenerativa, bioeconomia e a economia circular.

A estrutura para Sistemas Integrativos de Produção é baseada no conceito de pensar sobre sistemas de produção como ecossistemas. Isso é realizado a partir de uma analogia entre três os grupos metabólicos: produtores, consumidores e decompositores. É considerado como diferentes organismos funcionam em relação ao seu ambiente e também analisa como formas de produção diferentes funcionam em relação umas às outras e ao ambiente. Na figura 10 é definida uma visualização simples de divisões que existem em operações de diversos setores de produção. A divisão de produtos primários se configuram como materiais cultivados principalmente nos setores agrícola, pesqueiro e florestal e se seguem os ciclos de transformação e energia do ciclo de produção.

Figura 10 - Divisão de Produção.



Fonte: SNOW (2020)

Não é fornecido uma lista abrangente de implementações da estrutura em contextos do mundo real, no entanto são mencionados exemplos como o Complexo Ford River Rouge, que integra sistemas vivos sinérgicos numa planta industrial, e também o aquecedor de água térmico híbrido Solarus Smart Energy Solutions e sistema fotovoltaico, que produz um benefício coletivo da

água aquecida por energia solar que percorre o sistema, retirando o calor do sistema fotovoltaico, tornando-o mais eficiente. É o único artigo que apresenta um modelo integrador de desenvolvimento baseado nesses princípios.

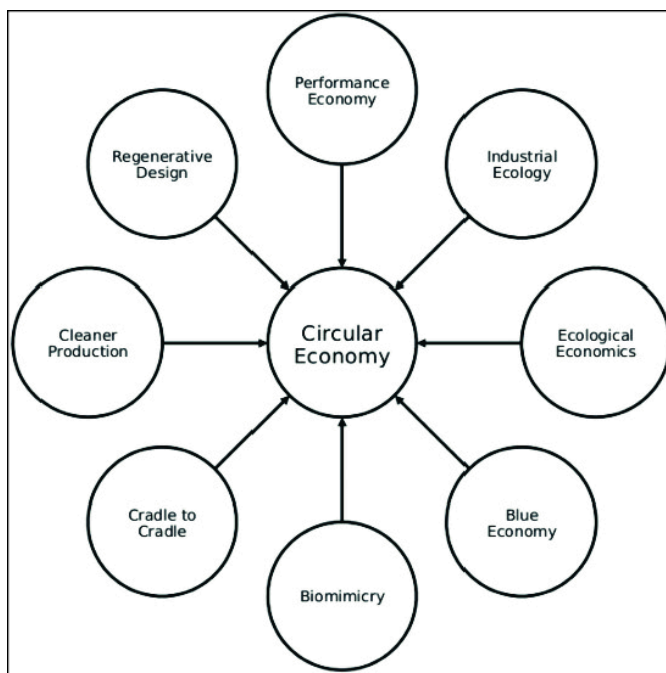
TRABALHO #03

- **Nome:** Nature-Inspired Design: Biomimicry and Cradle to Cradle.
- **Autores:** Azra Kekic; Ljiljana Stojanovic Bjelic; Dragana Neskovic Markic.
- **Ano:** 2020
- **Palavras Chave:** Waste; circular economy; Biomimicry; cradle to cradle.

Reconhecendo a necessidade de uma reformulação da economia e da forma a qual produtos e sistemas são concebidos, o artigo defende a correlação entre biomimética, economia circular e cradle to cradle em um contexto de design circular a fim de defender que a compreensão das estruturas e sistemas da natureza irão prover soluções para problemas complexos.

Aplicando tais princípios em conjunto, a ligação entre os conceitos pode auxiliar no desenvolvimento de novas tecnologias ecológicas e bio-sustentáveis, e realizações científicas que podem ajudar na resolução de problemas. O trabalho defende as razões pelos quais tais conceitos podem se beneficiar de uma correlação a partir da semelhança entre seus princípios e também conectando com o design do berço ao berço (cradle to cradle) que, como uma abordagem biomimética para o design de produtos e sistemas, modelaria os processos da indústria em da natureza, onde materiais são vistos como nutrientes que circulam em metabolismos saudáveis. Na figura 11 é apresentado quais conceitos foram relacionados em proximidade com os princípios ou potencial de complementaridade na Economia Circular.

Figura 11 - Divisão de Produção.



Fonte: BRUJEL et al., (2019)

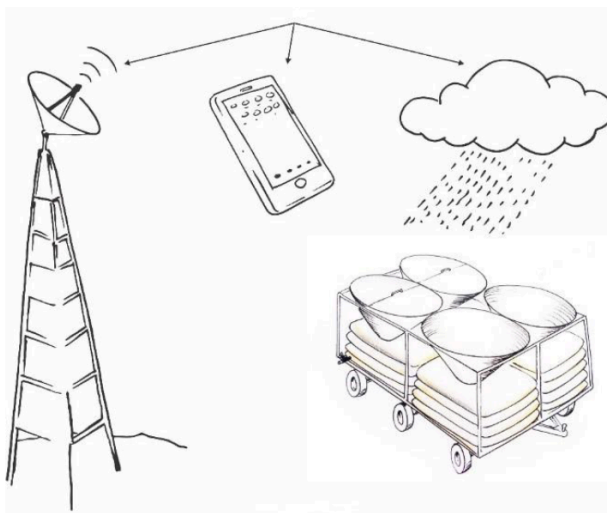
TRABALHO #04

- **Nome:** Biomimetics and circular economy in the Brazil semi-arid: application of functional principles of xerophilous plants.
- **Autores:** Wedsley Oliveira de Melo; Isabel Lausanne Fontgalland.
- **Ano:** 2023
- **Palavras Chave:** Brazil; Water; Biomimetics; Artificial Intelligence

O trabalho apresenta o desenvolvimento de uma tecnologia móvel que capta e armazena água da chuva como fonte de água potável para a população rural de áreas secas do semiárido brasileiro. A elaboração do sistema é baseada na aplicação de características fisiológicas de plantas xerófilas e na identificação dos padrões visuais das estruturas internas dos cactos do semiárido brasileiro. Baseado nesses princípios biomiméticos foi criada uma cisterna móvel adaptada a um sistema de monitoramento meteorológico, projetado para captar e armazenar água da chuva em locais diversos devido à sua mobilidade (figura 12).

Não é fornecida uma lista de desafios ou limitações da implementação deste sistema, contudo, não está claro como será a distribuição ou a manutenção em áreas remotas. Estes desafios poderiam potencialmente ser abordados através de mais investigação e desenvolvimento, bem como através de parcerias com comunidades e organizações locais para garantir que o sistema seja sustentável e eficaz na satisfação das necessidades da população. É o único artigo que apresenta o desenvolvimento de um produto utilizando os conceitos da biomimética.

Figura 12 - Sistema móvel de coleta e armazenamento de água da chuva.



Fonte: MELO; FONTGALLAND (2023)

4 Análise dos Resultados

Baseado nesses resultados, é possível observar que de acordo com o protocolo desenvolvido, nenhum dos artigos possui em suas palavras chave a indicação pretendida de design de produto, sendo necessária uma leitura para identificar os conceitos de design no texto, confirmando que ainda existe uma necessidade de correlacionar tais temas no âmbito a fim de facilitar a pesquisa e o mapeamento desses assuntos ou estabelecer um processo ou metodologia relacionando essas áreas dentro de uma prática de design.

É interessante apontar que foram selecionados respectivamente em ordem cronológica um estudo de caso, um framework (modelo integrador de desenvolvimento), uma defesa da conexão temática entre os conceitos adicionando ainda mais um fator (cradle-to-cradle) e um desenvolvimento de um artefato baseado nos princípios estudados. Pode-se indicar um certo avanço no campo a partir da maior variação de trabalhos envolvendo seus princípios não só mais preenchidos apenas de estudos de caso, mas também de desenvolvimento de frameworks e artefatos além de outros resultados que não passaram na revisão que indicam desenvolvimento de modelos de negócios e escala de produção baseados em metabolismos naturais ilustrando as infinitas possibilidades de aplicabilidade que se estendem além do âmbito de design. Tais possibilidades necessitam de investimento e colaboração de diferentes setores de aplicação.

O que se conclui é a possibilidade de se criar produtos e solucionar problemas a partir de diferentes abordagens de observação da natureza (biomimética observa, cradle-to-cradle aplica, o design constrói e a circularidade é conquistada), porém, sem um consenso de correlação e sem investimento e colaboração essas ideias promissoras podem não sair do papel.

Após a revisão, foi confirmada a correlação não apenas da biomimética e da economia circular no contexto das aplicações do design, bem como a correlação entre outros conceitos metodológicos e de iguais princípios baseados na observação das estruturas naturais da circularidade presente nas mesmas que têm o potencial de se complementarem na hora de desenvolver uma variedade de sistemas, projetos ou artefatos que não precisam necessariamente estarem dentro do âmbito do design. Por exemplo, a presença frequente do termo sistemas regenerativos, que não foi prevista a repetição durante o curso da pesquisa. Essa correlação deve sempre seguir os conceitos de circularidade presentes nos metabolismos naturais para ser de fato considerada uma aplicação bem sucedida e já existem frameworks e metodologias que auxiliam nessa missão.

A aplicação da Biomimética no design em busca de um sistema circular tanto material quanto sistêmico pode ser de fato vantajosa e tem um grande potencial na hora de criar produtos e sistemas eficientes que podem auxiliar na resolução de problemas e projetos regenerativos. Mas para melhor compreensão das formas de abordagem é necessário um consenso entre os autores que se estenda além da circularidade e observação da natureza, e um maior investimento.

4.1 Afirmações

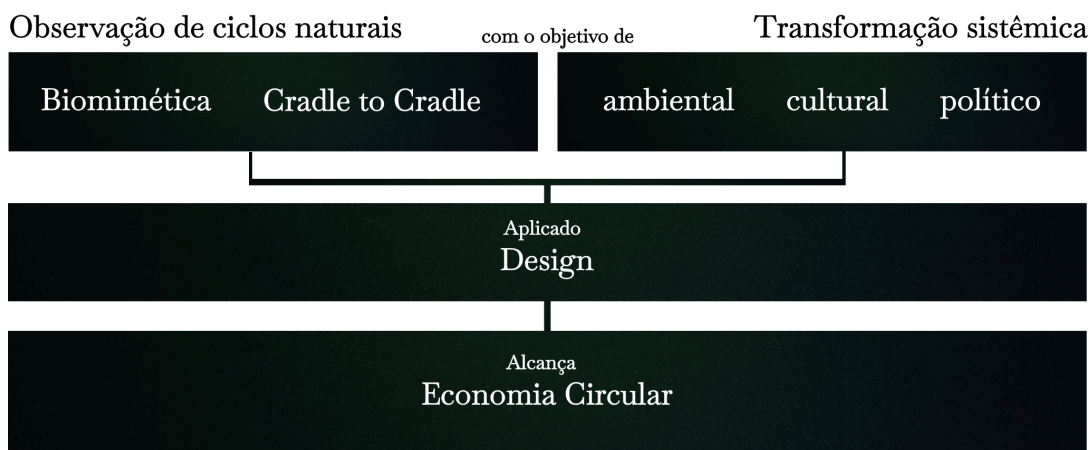
É possível estabelecer as seguintes afirmações:

- Temas que lidam com a observação dos ciclos naturais a fim de reproduzi-los tais como a Biomimética, e o cradle to cradle podem e devem ser aplicados em diversos fatores do design em um caminho na direção da economia circular.
- Esses temas não estão diretamente relacionados apenas a design de produto mas no

design como um todo tendo uma aplicação também em sistemas de produção, modelos de negócios e no desenvolvimento de sistemas regenerativos.

- As aplicações são possíveis, porém é necessário investimento e uma movimentação da comunidade como um todo colaborando na direção para uma mudança sistêmica.

Figura 13 - Temas interligados para alcance da EC.



Fonte: A autora (2023)

A partir dessas afirmações compreendemos que a aplicação de metodologias baseadas na observação de ciclos naturais, tais como a biomimética e o cradle-to-cradle, com o objetivo de impactar ecossistemas, setores sociais, culturais, entre outros, no design, auxilia no avanço da jornada para uma economia circular como é sistematizado na figura 9.

Faz se necessário, então, abordar todos os segmentos da sociedade com um outro olhar, um olhar voltado para os sistemas naturais, que vão muito além de apenas ciclos de consumo mas também inter-espécies e como os ecossistemas interagem entre si, ou seja, é preciso no design uma abordagem holística integrada. Uma proposta de enxergar sistemas como um todo. Ao unir diferentes temáticas e identificar onde elas se complementam, é possível usar ideias tais como a biomimética, para criar produtos e desenvolver sistemas a partir de um ponto de vista holístico, ou seja, não enxergando apenas o resultado mas o caminho que leva ao resultado, o seu desenvolvimento, consumo e descarte, bem como ele vai interagir no ambiente, os materiais que o compõem e todos os ciclos materiais e imateriais que o objeto sofrerá. É pensar nos ciclos de artefatos tanto físicos quanto digitais por um viés que inclui não só todos os elementos que compõem esse sistema, mas também o próprio designer como parte desse ecossistema.

Uma vez que a natureza não é formada por ciclos isolados e sim por uma rede interligada de ciclos que nascem e renascem, assim também deve ser a maneira que o olhar do designer deve ser treinado para que seja possível enxergar as possibilidades dos produtos e como eles vão agir no ambiente. Assim, uma economia realmente circular poderá ser alcançada com essa mudança de visão sendo facilitada através dos frameworks e princípios já desenvolvidos da biomimética, e alcançada por meio de um trabalho colaborativo não apenas dos designers mas também social.

5 Considerações Finais

Este trabalho cumpriu com os objetivos de investigar as diferentes formas das quais a Economia Circular e a Biomimética podem ser relacionadas e se complementarem dentro de um contexto do design. Através de uma revisão sistemática da literatura foi compreendida e expandida as possibilidades das abordagens dos temas individualmente e em conjunto.

Foi entendido que a aplicação da Biomimética e temas que abordam a observação dos ciclos naturais a fim de reproduzi-los no design tem um grande potencial de criação de um sistema circular. Esses temas podem ser aplicados ao design como um todo, em sistemas de produção, modelos de negócios e no desenvolvimento de sistemas regenerativos. Porém os métodos de aplicação e a própria teoria ainda carecem de consenso e de um framework bem definido.

Abordagens transdisciplinares e complementares conectando os conceitos baseados na observação dos ciclos naturais, são favoráveis e irão fornecer um avanço nos estudos teóricos dentro de um contexto acadêmico, auxiliando na criação de critérios e diretrizes para sistematizar técnicas assegurando a efetividade da aplicação na prática.

Para entender melhor esses meios de construção e quais caminhos são possíveis para o seu desenvolvimento, o papel do designer é repensar, criar, desenvolver e aperfeiçoar abordagens. Retreinar o olhar e desenvolver artefatos não nocivos ao meio ambiente e até mesmo com um potencial regenerativo. Por essa razão há a importância de conduzir mais pesquisas sobre as formas as quais a abordagem conjunta da biomimética, fornecendo uma metodologia para a economia circular pode auxiliar nesses processos, bem como formas de expandir os conhecimentos, afunilar, sistematizar normas, definir diretrizes e encontrar formas eficientes de medir os impactos de tais produtos em pesquisas futuras.

Acelerando a implementação de produtos que sigam esses princípios de sobreposição no mercado, esses produtos teriam grande potencial para ser mais eficientes, utilizar o mínimo de energia possível e exercer o mínimo ou nenhum impacto ambiental. Sendo produtos mais acessíveis e com tempo de vida maior, considerando que seriam projetados para ciclos de vida circulares e produziram pouco ou nenhum resíduo, evitando desperdícios e assegurando um custo benefício além dos efeitos positivos ao meio ambiente.

Existe ainda um longo caminho pela frente até que esse objetivo seja alcançado, indicado pelos resultados desta pesquisa que geraram ainda mais possibilidades, por exemplo, um aspecto não esperado foi a presença de sistemas regenerativos com frequência, indicando uma conexão mais profunda em potencial e ainda mais um passo de integração desses temas que entra para a lista de temáticas abordadas em trabalhos futuros para entender como essa relação pode afetar o design e como o design pode contribuir ou se apoiar nesse ponto.

É pertinente afirmar que a pesquisa sofreu um empecilho na etapa da revisão pela quantidade de trabalhos que exigiram pagamento pelo acesso dos mesmos, indicando uma falta de investimento e acessibilidade desses temas e resultados.

Foi percebida a necessidade de uma abordagem holística integrada que enxerga sistemas como um todo. Unindo diferentes temáticas como a biomimética e cradle-to-cradle no design e identificando onde elas se sobrepõem e se complementam. Para criar produtos e desenvolver sistemas a partir de um ponto de vista que não enxergue apenas o resultado mas o caminho que leva ao resultado, desenvolvimento, consumo, descarte, mas todos os ciclos materiais e imateriais que o objeto sofrerá.

Assim, o olhar do designer deve ser treinado para que seja possível enxergar e compreender a rede interligada de ciclos biológicos, o que é possível aprender com eles e as possibilidades dos produtos e como eles vão agir no ambiente. Essa mudança pode ser facilitada através de frameworks e princípios já desenvolvidos pela biomimética. Com esse olhar, o design pode ser a peça chave para o alcance de uma economia circular.

6 Referências

ISWA: **The International Solid Waste Association**. Disponível em: <https://www.iswa.org/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

BENYUS, J. M. **Biomimética**: inovação inspirada pela natureza. [s.l.] Editora Cultrix, 2007.

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. Ubu Editora LTDA-ME, 2016.

REVISTA GESTÃO ORGANIZACIONAL. **Design do método de pesquisa em Economia circular**: Uma revisão sistemática da literatura. UNOCHAPECÓ/UDESC. 3 ago. 2020. ISSN 1983-6635.

DUPIM, Daiane Arruda de Almeida. **Economia circular e biomimética**: uma análise no contexto de sistemas regenerativos. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SCHULZE, Günther. **Growth within**: A circular economy vision for a competitive Europe. Ellen MacArthur Foundation and the McKinsey Center for Business and Environment.

GARLET, Sofia Assis; PAZMINO, Ana Veronica. **O design e a obsolescência programada**. 2022.

ILIEVA, Lazaara et al. **Biomimicry as a sustainable design methodology**—Introducing the ‘Biomimicry for Sustainability’ framework. *Biomimetics*, v. 7, n. 2. 2022.

AMALRIC, HÉLÉNA. [Insights] **Biomimicry and circular economy**. [Entrevista concedida a] Héléna Amalric. *le Réseau de l'économie circulaire en Auvergne-Rhône-Alpes*, 8 ago. 2018.

MALVESTITI, Rosane; DANDOLINI, Gertrudes Aparecida. **Abordagem transdisciplinar na gestão do conhecimento**: Implicações teóricas. In: *Anais do Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação—ciki*. 2021.

SALAS-ZAPATA, Walter Alfredo; ORTIZ-MUÑOZ, Sara Milena. **Analysis of meanings of the concept of sustainability**. *Sustainable Development*, v. 27, n. 1, p. 153-161, 2019.

CARLOS, L.; PEREIRA, F. **O Design para a Economia Circular, repensando a forma como fazemos as coisas**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/40304/1/2020_LuizCarlosFernandesPereira.pdf. Acesso em: 30 Mar. 2023.

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. **Economics of natural resources and the environment**. Johns Hopkins University Press, 1989.

CGR 2023. Disponível em: <https://www.circularity-gap.world/2023>. Acesso em: 25 Mai. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **What Is a Circular Economy?** Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

5 Rs to Build a Better Tomorrow: Rethink, Reduce, Reuse, Recycle, Revive. Disponível em: <https://www.sustainability100plus.com/abinbev-article-page/5-rs-to-build-a-better-tomorrow-rethink-reduce-reuse-recycle-revive-6955451.html>. Acesso em: 15 Abr. 2023.

MENA, I. **Verbete Draft: o que é Biomimética.** Disponível em:
<<https://www.projeto draft.com/verbete-draft-o-que-e-biomimetica/>>.

BIOMIMICRY INSTITUTE. **What Is Biomimicry?** Disponível em:
<<https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>>.

SANTOS, Aguinaldo dos et al. **Seleção do método de pesquisa:** guia para pós-graduando em design e áreas afins. Curitiba: Insight, p. 10-42, 2018.

MELO, W. O. DE; FONTGALLAND, I. L. **Biomimetics and circular economy in the Brazil semi-arid: application of functional principles of xerophilous plants:** Biomimética e economia circular no semi-árido do Brasil: aplicação de princípios funcionais das plantas xerófilas. Brazilian Journal of Business, v. 5, n. 1, p. 331–346, 31 jan. 2023.

SNOW, T. **Integrative Systems of Production.** FormAkademisk - forskningstidsskrift for design og designdidaktikk, v. 13, n. 4, p. 5, 17 dez. 2020.

KEKIC, A.; STOJANOVIC BJELIC, L.; NESKOVIC MARKIC, D. **Nature-Inspired Design:** Biomimicry and Cradle to Cradle. Quality of Life (Banja Luka) - APEIRON, v. 18, n. 1-2, 16 mar. 2020.

WWF. **Sustentabilidade.** Disponível em:

https://www.wwf.org.br/participe/porque_participar/sustentabilidade/. Acesso em: 19 Set. 2023.