



NICOLE | **LATIN
AMERICA**
Latin America Network for Soil and Water Management

WHITE PAPER

**ECONOMIA CIRCULAR E A
GESTÃO DE ÁREAS
CONTAMINADAS**

VOLUME I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS

É permitida e incentivada a distribuição deste documento, em partes ou por inteiro, desde que referenciada a autoria da rede NICOLE Latin America. No entanto, é vetada a comercialização de parte ou da obra completa, seja na forma eletrônica ou impressa. Este é um trabalho colaborativo, sem fins lucrativos.

São Paulo, 2023.

AUTORES

ANA BAREZI

Engenheira Ambiental e Especialista em Sustentabilidade



“Acredito que a economia circular é uma abordagem essencial para lidar com os desafios ambientais, econômicos e sociais que enfrentamos atualmente. É uma maneira inovadora de repensar a forma como produzimos e consumimos, promovendo a redução do desperdício, a diminuição da poluição e a preservação dos ecossistemas. Todos podemos fazer a nossa parte para promover uma economia circular, seja através de escolhas conscientes de consumo ou de iniciativas empreendedoras que busquem solucionar de forma inovadora os desafios da sociedade atual.”

ANA LUISA PORTO

Geóloga na Vale



“A economia circular desempenha um papel fundamental na construção de uma sociedade mais sustentável e consciente. Por meio de uma abordagem integrada e sistêmica, a economia circular estimula a máxima utilização dos recursos disponíveis. É importante que a sociedade avance em direção à circularidade na economia, buscando criar sinergias entre as indústrias e garantir a utilização responsável dos recursos naturais à nossa disposição. Essa transição é essencial para preservar o meio ambiente e promover um modelo econômico mais equilibrado e duradouro.”

BIANCA BRANDIZZI

Engenheira ambiental especialista em GAC, Sustentabilidade e ESG Gerente de Sustentabilidade na Worley



“A Economia Circular vem como uma alternativa sólida e integrada para mudança de status quo em prol da sustentabilidade. Com base em todas as alterações no meio ambiente que temos observado e comprovadas pela ciência, é urgente e iminente que a sociedade repense como os projetos, negócios e a economia estão hoje estruturados. E, como profissionais da área, é nossa obrigação pensar e aplicar as melhores soluções.”

BEATRIZ INÊS

Dra. Química e Meio Ambiente (UFSC), Docente, pesquisadora e perita ambiental



“Falar em Ecologia Industrial remete à abundância do território e esta é intrínseca à própria natureza. Cabe ao Homem conscientizar-se de que não são recursos materiais as matrizes ambientais, são a base de sustentação de uma vida de qualidade em nosso planeta para as próximas gerações, visto as estimativas de crescimento populacional, produção e consumo global. Circularidade com sustentabilidade socioambiental é o desafio.”

CARLOS HENRIQUE SPITALETTI ARAUJO

Engenheiro, consultor em gerenciamento de projetos de remediação sustentável pela Protel Consultoria



“Somos uma espécie única de seres vivos em uma esfera minúscula especialmente projetada para a manutenção da vida como a conhecemos. Cada característica física e química minuciosamente equilibrada para permitir nossa existência. A inexistência ou modificação de qualquer uma dessas condições, por mínimas que sejam, inviabilizariam nossa vida. Cabe a nós preservarmos essas condições mínimas. Vejo na Economia Circular uma esperança para a manutenção de um crescimento sustentável para o bem das futuras gerações”.

GIOVANA MOSER

Bióloga, Dr^a em Saúde Ambiental e gerente técnica na A2J Consultoria Ambiental



“A Economia Circular se apresenta como um importante conceito a ser aplicado no *modus operandi* da nossa sociedade. Não é mais possível entender o desenvolvimento de maneira dissociada da preservação de recursos naturais e da manutenção da integridade do nosso planeta. A Economia Circular integra essas preocupações às importantes questões econômicas envolvidas nesse processo. Aplicar esses conceitos às práticas de Gerenciamento de Áreas Contaminadas parece um caminho lógico e necessário.”

SUZANA KRAUS

Engenheira Ambiental e Gerente de Projetos na Geosyntec (Canadá)



“É preciso abordar economia circular em todos os âmbitos do nosso dia a dia para que as mudanças sejam visíveis e significativas. Somente quando todos estiverem dispostos a sair da sua zona de conforto e reavaliarem sua forma de consumo e descarte é que teremos resultados impactantes. Precisamos trabalhar juntos!”

REVISÃO

BIANCA BRANDIZZI

Engenheira ambiental
especialista em GAC,
Sustentabilidade e ESG
Gerente de Sustentabilidade
na Worley



“A Economia Circular vem como uma alternativa sólida e integrada para mudança de *status quo* em prol da sustentabilidade. Com base em todas as alterações no meio ambiente que temos observado e comprovadas pela ciência, é urgente e iminente que a sociedade repense como os projetos, negócios e a economia estão hoje estruturados. E, como profissionais da área, é nossa obrigação pensar e aplicar as melhores soluções.”

CARLOTA VICENTE

Consultora ESG



“Num mundo de recursos finitos e necessidades crescentes, a transição para uma economia circular apresenta-se, hoje, como uma das poucas alternativas viáveis para tornar a nossa economia sustentável, competitiva e resiliente.”

HUGO MAURER

Investigador, especialista
em desenvolvimento
sustentável e sinergias
territoriais



“Shifting our society towards a more sustainable system requires frameworks able to translate and integrate complexity in our decision-making process. By assessing issues at a local level and opening the way to solid synergies, circular economy could become a pragmatic ally in this collective adventure.”

SUPORTE E ORGANIZAÇÃO

LUCIANA FERREIRA

Engenheira Ambiental e
Secretária Executiva da rede
NICOLE Latin America



“Discutir o futuro do modo de vida da sociedade é hoje discutir a economia circular. E ainda que mudanças sejam difíceis, é importante dar o primeiro passo, e sem dúvidas, o conhecimento é a chave para o início de um debate saudável. Vamos iniciar essa conversa?”

REALIZAÇÃO



ÍNDICE

ÍNDICE	5
ACRÔNIMOS	6
1 INTRODUÇÃO	8
2 O CONTEXTO GLOBAL DA ESCASSEZ DE RECURSOS NATURAIS, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E POLUIÇÃO	10
2.1 Elementos Químicos	12
2.2 Resíduos	14
2.3 Emissões de Efeito Estufa e Mudanças Climáticas	14
3 ECONOMIA CIRCULAR: ABORDAGENS TEÓRICAS	17
3.1 O que é a Economia Circular	17
3.2 Histórico e Escolas de Pensamento	22
3.3 Drivers e Barreiras para uma Economia Circular	28
4 ELEMENTOS CHAVE DA ECONOMIA CIRCULAR	32
4.1 Os 8Rs	32
4.2 Análise do Ciclo de Vida (ACV)	36
4.3 Ecodesign	40
4.4 Metabolismo Territorial e Ecologia Industrial	43
5 CONTEXTO E REFLEXÕES PARA A JORNADA DE CIRCULARIDADE NA GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS	50
5.1 Contexto dos Projetos de Remediação e sua relação com a Sustentabilidade	50
5.2 Investigando a Economia Circular como um Avanço nas Práticas do GAC	52
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
7 AGRADECIMENTOS	59
8 REFERÊNCIAS	61
9 APÊNDICES	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo atual de produção e consumo -economia linear	2
Figura 2. Modelos de Economia	3
Figura 3. Gráfico da projeção populacional até 2100	4
Figura 4. Projeção do crescimento populacional e da demanda por recursos em 2050	5
Figura 5. Projeção de utilização de recursos naturais equivalente em “Terras” em 2050	5
Figura 6. Gráfico com a extração de recursos naturais desde 1972 e projeção até 2050	6
Figura 7. Tabela periódica com elementos em ameaça de extinção em destaque	7
Figura 8. Cenários de temperatura a partir das emissões GEE	Erro! Indicador não definido.
Figura 9. Emissões de efeito estufa por tipo de material e fase do processo de utilização	9
Figura 10. Diagrama sistêmico da Economia Circular	13
Figura 11. Ciclos de consumo e de serviço	14
Figura 12. Lacuna de Circularidade	15
Figura 13. Linha do tempo do desenvolvimento da economia circular	17
Figura 14. Barreiras e motivadores para aplicação de EC – no contexto global	23
Figura 15. Priorização dos 3R’s	Erro! Indicador não definido.
Figura 16. Os 8 Rs da Economia Circular	30
Figura 17. Etapa do ciclo de vida de um produto com entradas e saídas	32
Figura 18. Comparação entre fluxos lineares e circulares dentro de um território	38
Figura 19. Exemplos de simbiose na natureza.	40
Figura 20. Partes do processo que compõe a Ecologia Industrial	40
Figura 21. Rede neural EI	41
Figura 22. Rede de simbiose estabelecida após Kalundborg Symbiosis	42
Figura 23. Categorias principais do SuRF-UK para indicadores de sustentabilidade nos projetos de remediação ambiental.	46
Figura 24. Evolução do pensamento e estratégia na gestão de projetos de áreas contaminadas	47
Figura 25. Exemplos de questionamentos que devem ser feitos na concepção do projeto e refeitos a cada etapa do projeto	48
Figura 26. Conceitos e abordagens para a jornada da circularidade nos projetos de GAC	49

ACRÔNIMOS

ABAL	Associação Brasileira de Alumínio
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise de ciclo de vida
CL:AIRE	<i>Contaminated Land: Applications in Real Environments</i>
UNCED	Conferência sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
EC	Economia Circular
EI	Ecologia Industrial
FEM	Fundação Ellen MacArthur
GAC	Gerenciamento de Áreas Contaminadas
GEE	Emissões de Gases de Efeito Estufa
ICSID	<i>International Council of Societies of Industrial Design</i>
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima
ISO	<i>International Organization of Standardization</i>
PNSI	Programas Nacionais de Simbiose Industrial
RSA	Royal Society of Arts
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre Gestão dos Resíduos Sólidos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
Surf	<i>Sustainable Remediation Forum</i> - Fórum de Remediação Sustentável
TR	<i>Technical Report</i> – Relatório Técnico

1 INTRODUÇÃO

O atual modelo de produção e consumo linear, baseado em extrair recursos da natureza, transformá-los em produtos, consumir e posteriormente descartar esses produtos, apesar de ter sido responsável pelo impulso do crescimento econômico durante as últimas décadas, evidencia hoje sérios problemas ambientais estruturais desse crescimento.

Figura 1. Modelo atual de produção e consumo -economia linear



Fonte: Ideia Circular, 2021

Um mundo em que os recursos essenciais como água, energia, biomassa, minerais e metais se tornam cada vez mais escassos, a extração desenfreada e a má utilização desses recursos projetam um cenário pessimista para o futuro da existência de vida no planeta.

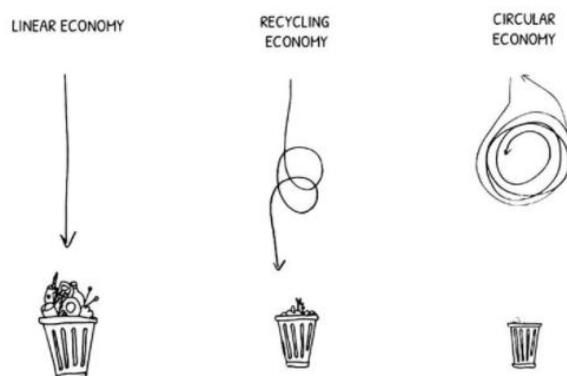
O crescimento populacional exponencial, a demanda por recursos nos padrões de consumo atuais e as mudanças climáticas acentuadas indicam uma situação insustentável uma vez que nosso planeta não é capaz de se regenerar na mesma velocidade. A crescente demanda por tais recursos tende a provocar mudanças nos modelos econômicos, geográficos, políticos e relacionais entre comunidades, cidades, estados e nações, incluindo a disputa por estes insumos.

Adicionalmente à problemática da escassez de recursos naturais, pode se destacar a geração de efluentes e resíduos sólidos, originados no final da cadeia linear de consumo. Grande parte dos efluentes e resíduos gerados no mundo não são descartados de forma correta e acabam se acumulando onde o meio não é capaz de absorver tais resíduos. É neste contexto que são formadas as áreas contaminadas. A existência de áreas contaminadas se tornou um dos problemas ambientais mais relevantes em países industrializados entre a década de 80 e 90 pelo impacto gerado na saúde pública, solo, recursos hídricos e no patrimônio.

O modelo de produção atual não só se traduz numa crise ambiental, mas também numa crise econômica, uma vez que os recursos estão cada vez mais escassos e caros prejudicando e encarecendo a produção.

Uma crescente abordagem para ajudar a enfrentar esse cenário é a “Economia Circular”. A Economia Circular é um modelo econômico que visa melhorar a gestão dos recursos: trata-se de repensar os usos dos recursos naturais e maximizar os seus valores dentro da cadeia produtiva fazendo com que os materiais circulem de forma contínua e eterna. A economia circular representa uma possibilidade de redesenhar o futuro, uma economia onde os sistemas industriais são restauradores e regenerativos por intenção.

Figura 2. Modelos de Economia



Fonte: Circular de Flandres

Este documento, idealizado e elaborado pelo grupo de trabalho de Economia Circular da NICOLE *Latin America*, visa apresentar os conceitos de Economia Circular, como vem sendo aplicada e a necessidade de aproximação entre as áreas de Economia Circular e Gestão de Áreas Contaminadas. As ideias, conceitos e exemplos aqui trazidos não são verdade absoluta, uma vez que, a temática é dinâmica e sofre alterações com tempo e com as perspectivas dos diferentes setores da economia. A proposta do grupo é aproximar as partes envolvidas no gerenciamento de áreas contaminadas (GAC) do tema e instigar os leitores a iniciar uma jornada de transformação em busca por um mundo mais sustentável.

Este documento trata-se do volume I de uma coletânea idealizada pelo grupo de trabalho de Economia Circular da NICOLE *Latin America*. Os próximos volumes, a serem publicados no futuro, consistirão em orientações práticas para aplicação, medição e acompanhamento da circularidade nos projetos de GAC.

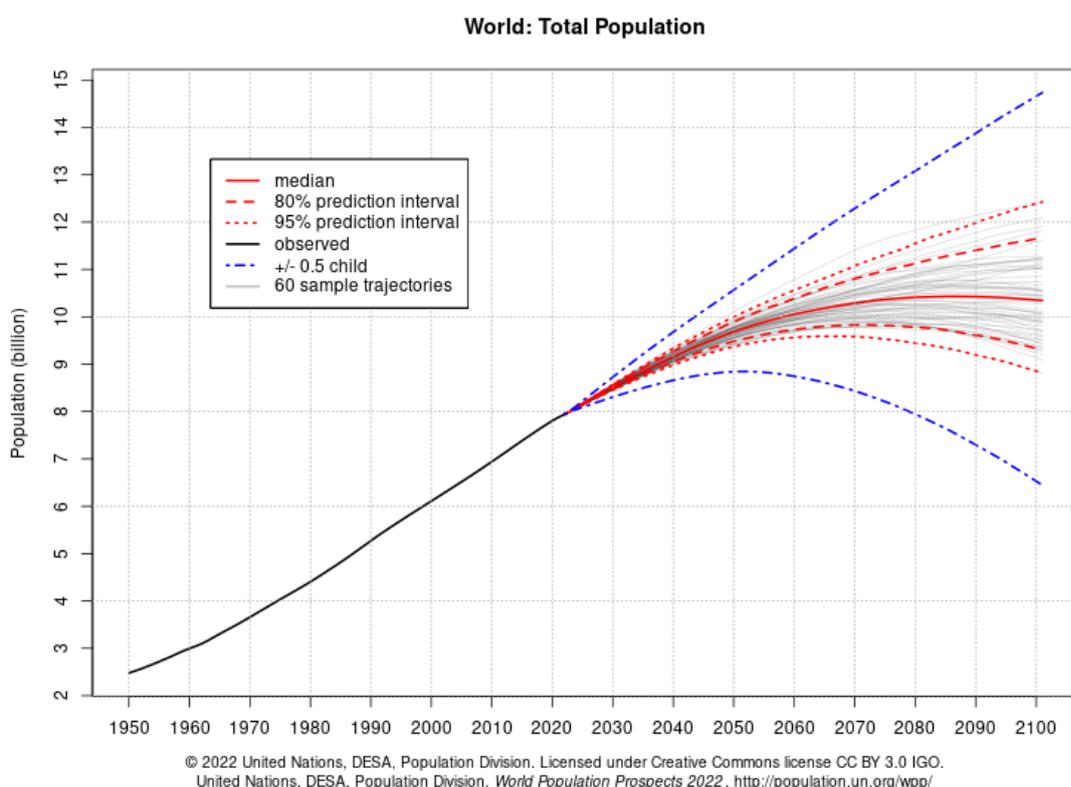
Este documento foi elaborado com a ajuda de diversas pessoas nos diferentes setores que trabalham com projetos de GAC no Brasil. Diferentes interlocutores foram entrevistados pelo grupo com o objetivo de ter o panorama de como os projetos de GAC estão sendo desenvolvidos, iniciativas sustentáveis e *insights* sobre as dificuldades do aprofundamento no tema. Nosso especial agradecimento aos entrevistados que são citados no final deste documento.

2 O CONTEXTO GLOBAL DA ESCASSEZ DE RECURSOS NATURAIS, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E POLUIÇÃO

Desde a revolução industrial, o padrão de consumo estabelecido é o de comprar mais, produzir mais e vender mais. No entanto, este modelo de consumo linear já está sobrecarregado: perdas econômicas e desperdício estrutural, volatilidade de preços dos recursos, riscos de ofertas de matéria prima, degradação dos sistemas naturais e entre outros.

A ONU disponibilizou, em julho de 2022, as novas projeções populacionais indicando que a projeção para a população mundial para 2030 é de 8,5 bilhões e para 2050 é de 9,7 bilhões. A estimativa é de que a população atinja um pico de cerca de 10,4 bilhões de pessoas durante a década de 2080 e permaneça neste nível até 2100. Esse aumento populacional coloca uma pressão sem precedentes sobre os recursos naturais para atender à demanda futura, caso seja mantido o cenário de consumo atual.

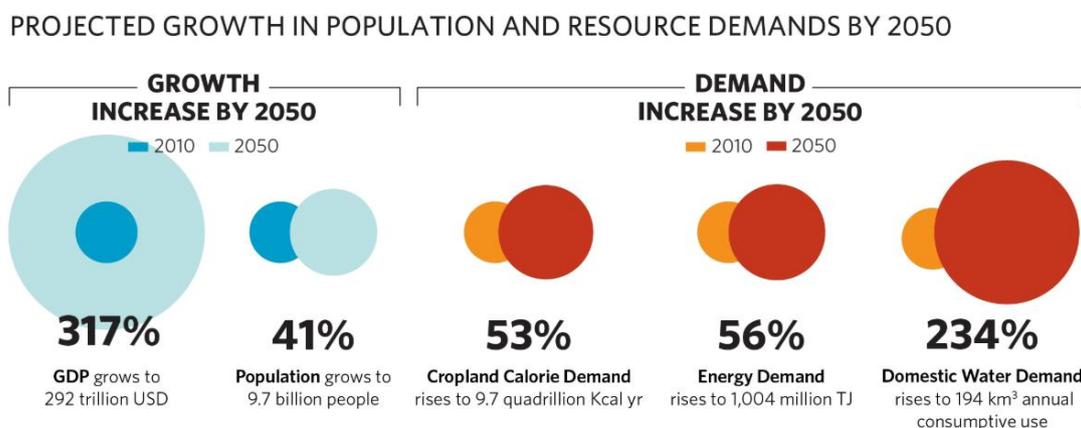
Figura 3. Gráfico da projeção populacional até 2100



Fonte: United Nation- DESA, *World Populations Prospects 2022*

As estatísticas são preocupantes, conforme apresentado na Figura 3, com 9,7 bilhões de pessoas no planeta em 2050, pode-se esperar um aumento de 54% na demanda global de alimentos, um aumento de 56% na demanda de energia e um aumento de 234% na demanda por água para consumo doméstico.

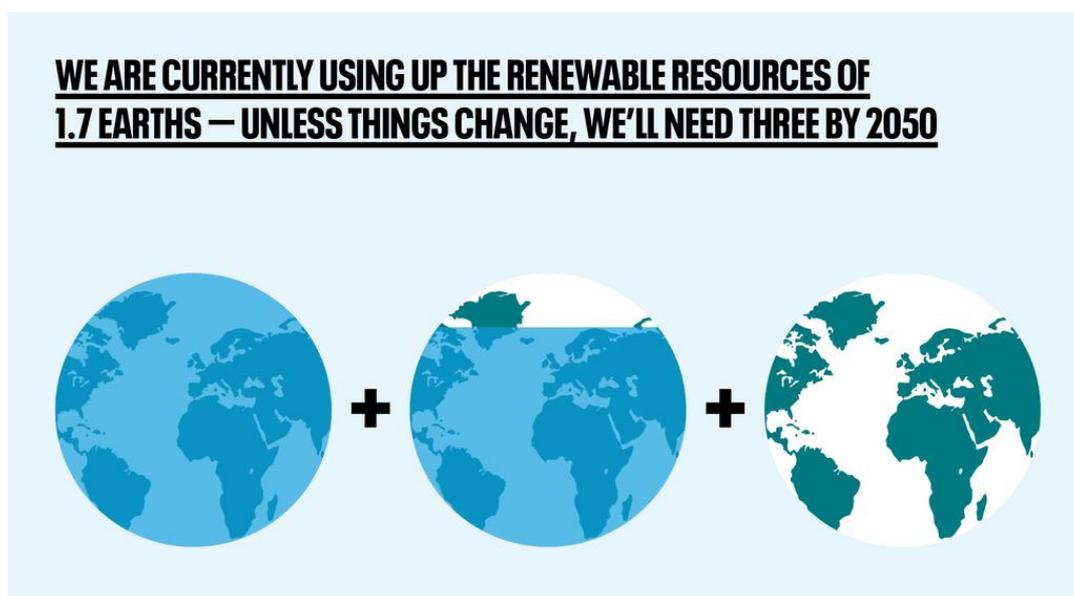
Figura 4. Projeção do crescimento populacional e da demanda por recursos em 2050



Fonte: The Nature Conservancy, 2018.

De acordo com a *Global Footprint Network*, estamos usando os recursos naturais a uma taxa de 1.7 da capacidade de renovação da Terra. Essa taxa vem aumentando continuamente desde a década de 1970 e, a menos que o cenário de consumo mude, serão necessários “três planetas Terra” para suprir a demanda até 2050.

Figura 5. Projeção de utilização de recursos naturais equivalente em “Terras” em 2050

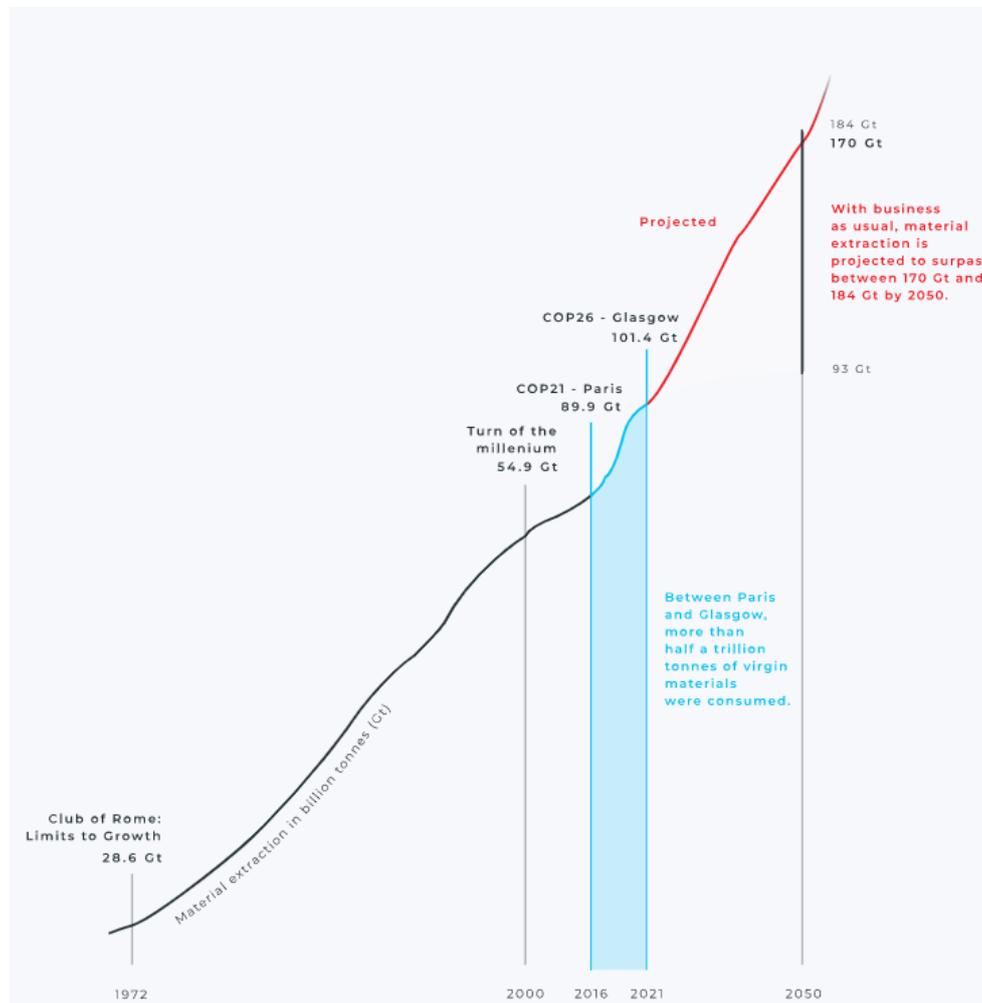


Fonte: Population Matters, 2020

De acordo com o *Circularity Gap*, em apenas 50 anos, o uso global de materiais quase quadruplicou, superando o crescimento populacional. Em 1972, quando o relatório *Limits*

to Growth do Clube de Roma foi publicado, o mundo consumiu 28,6 bilhões de toneladas de recursos naturais. Em 2000, havia subido para 54,9 bilhões de toneladas e, a partir de 2019, ultrapassou 100 bilhões de toneladas de recursos naturais extraídos. O aumento dos níveis de resíduos está acompanhando a rápida aceleração do consumo: em última análise, mais de 90% de todos os materiais extraídos e usados são desperdiçados ou se tornam resíduos (*Circularity Gap Report, 2022*).

Figura 6. Gráfico com a extração de recursos naturais desde 1972 e projeção até 2050

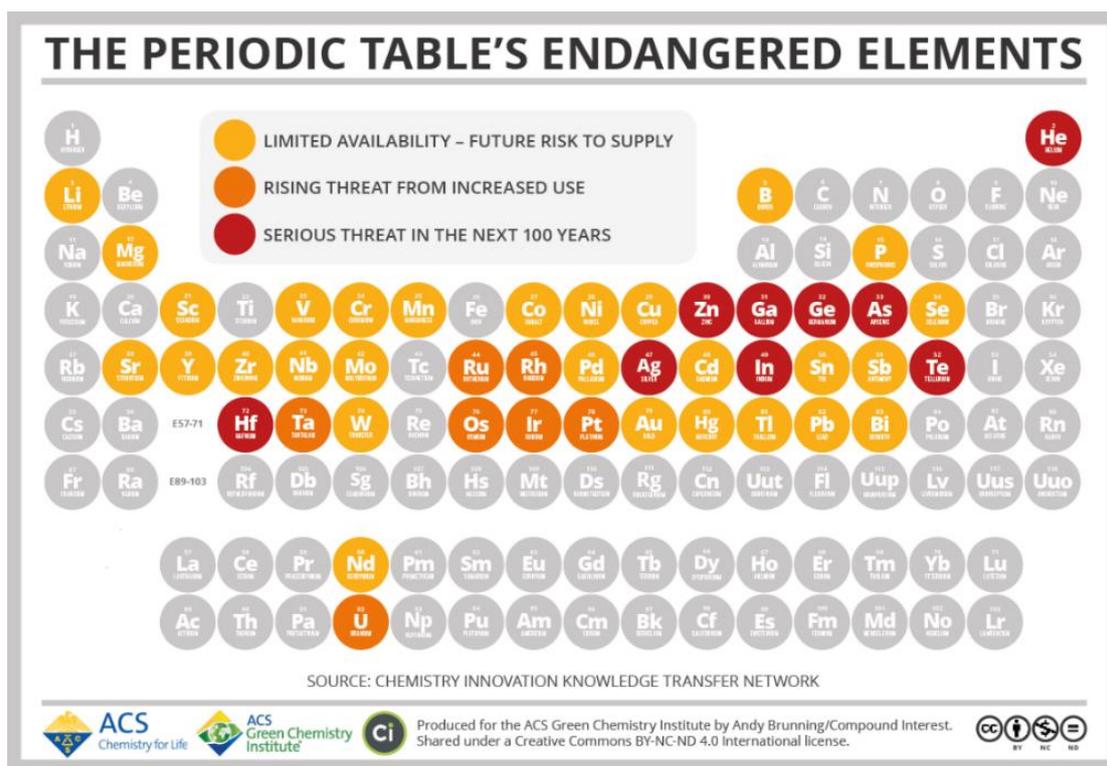


Fonte: *Circularity Gap, 2022* < <https://www.circularity-gap.world/2022> >

2.1 Elementos Químicos

A Figura 5, abaixo, apresenta os 118 elementos químicos que compõem a tabela periódica, sendo que os 44 elementos apresentados nas cores amarelo, laranja e vermelho estão com risco de escassez. Háfnio, prata, zinco, gálio, índio, germânio, arsênio, telúrio e hélio, na coloração vermelha, estão sendo ameaçados de esgotamento nos próximos cem anos. Outros 7 elementos (tântalo, rutênio, ósmio, ródio, irídio, platina e urânio), na coloração laranja, estão em risco crescente devido ao aumento da demanda.

Figura 7. Tabela periódica com elementos em ameaça de extinção em destaque



Fonte: Chemistry Innovation Knowledge Transfer Network

Alguns desses elementos são muito utilizados no nosso dia a dia. Por exemplo, o índio (In) na forma de óxido de índio e estanho é um componente necessário para fabricação de telas sensíveis ao toque, o *touchscreen*, presente hoje na maioria de aparelhos celulares, *tablets* e computadores. O problema com o índio é que ele não ocorre em concentrações altas o suficiente em minérios para ser extraído com lucro a preços atuais. Em vez disso, a maior parte do fornecimento vem da extração de zinco, que também é um subproduto desse processo.

Vários dos elementos ameaçados encontram usos importantes como catalisadores sendo utilizados em laboratório, catalisando reações químicas em pesquisas, ou nos conversores catalíticos encontrados nos carros para ajudar a reduzir os gases poluentes produzidos pelos motores dos carros. Dois desses elementos usados para esse fim que também estão presentes na lista de ameaçados são o paládio e o ródio, por exemplo.

O hélio, sendo o segundo elemento mais abundante no universo, tem uma variedade de usos na Terra, desde balões de festa cheios de hélio até ímãs super resfriadores e temperaturas muito baixas em máquinas de ressonância magnética. A questão é que o hélio é tão leve que consegue escapar da atmosfera da Terra com facilidade, o que significa que a quantidade de hélio na Terra está constantemente se esgotando.

2.2 Resíduos

Analisando a outra ponta do modelo de produção e consumo linear, é possível perceber outras questões, também problemáticas: áreas produtivas sendo ocupada por aterros e lixões, má gestão dos resíduos e a contaminação de solos e corpos hídricos.

No Brasil, 78% dos resíduos sólidos urbanos são descartados, sendo que somente 73,3% vão para o aterro sanitário, 11,8% para aterros controlados e 15,0% ainda vão para lixões (SNIS, 2021). Somente 1,7% dos resíduos sólidos urbanos são hoje recuperados (reutilização + reciclagem + recuperação energética) e as unidades de compostagem representam apenas 0,02 % do tratamento final dos resíduos sólidos (SNIR, 2021).

Este descarte inadequado de resíduos e efluentes resulta na poluição do meio ambiente. A Fundação Ellen MacArthur ainda estima que em 2050 vai haver mais plástico do que peixes nos oceanos.

2.3 Emissões de Efeito Estufa e Mudanças Climáticas

Sob a perspectiva do clima, observando os números atuais por meio da economia linear, identifica-se um aumento de temperatura global de 3 a 6 graus celsius (°C) até 2044 (*Circularity Gap*, 2021). Isto significa que se for mantido o modelo de negócios como de costume, termo conhecido como “*bussiness as usual*”, serão emitidos 65 bilhões de toneladas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em 2030 e 80 bilhões de toneladas em 2044. Mesmo que todos os 194 países que assinaram o Acordo de Paris cumpram suas metas de corte de emissões, a temperatura global ainda assim aumentará, mas o intervalo cai para 2 – 3°C.

Como principal mensagem apontada no relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), emitido em 2021, “a mudança do clima é real e é atribuída à ação humana no sistema climático”. Os resultados do relatório só reforçam com evidências e acurácia que estão ocorrendo mudanças sem precedentes no clima, sendo algumas delas irreversíveis.

Figura SEQ Figura *ARABIC 8. Cenários de temperatura a partir das emissões GEE

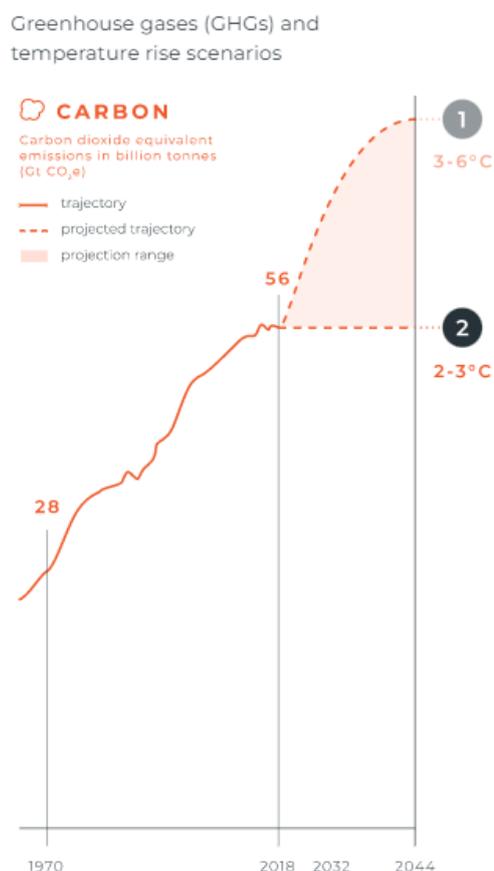


Figura 9. Emissões de efeito estufa por tipo de material e fase do processo de utilização

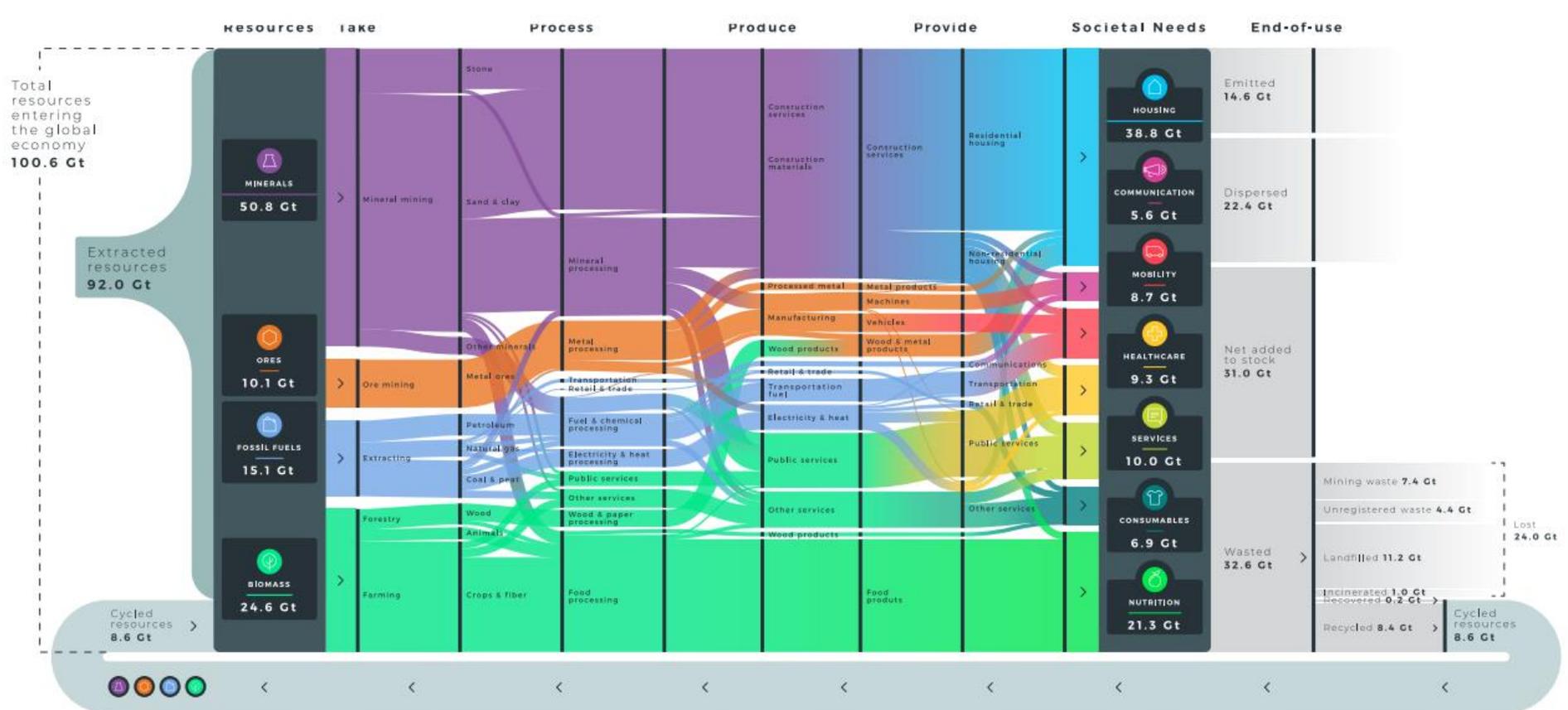


Figure Two: Visualising how our global resource footprint meets our key societal needs—and that the global economy is only 8.6% circular

- | RECOVERED | RECYCLED |
|---|-------------------------|
| • Waste-to-Energy more than 65% efficient | • Recycling/Reclamation |
| • Biogasification | • Backfilling |
| • Component recovery | • Composting |
| | • Regeneration |

Fonte: Circularity Gap, 2022.

No entanto, apesar do cenário alarmante é possível reverter as projeções pessimistas futuras se a sociedade agir de forma imediata e conjunta. Segundo projeções de 2022 existem 21 soluções para as principais atividades que geram emissões de efeito estufa que, caso sejam aplicadas, reverteriam o acréscimo de temperatura em 2050 de 2,4°C para 1,5°C (Figura 8). As soluções são divididas entre 7 segmentos de atividades econômicas sendo os segmentos de habitação e infraestrutura e de mobilidade aquelas que representam os maiores impactos na redução das emissões de efeito estufa.

3 ECONOMIA CIRCULAR: ABORDAGENS TEÓRICAS

3.1 O que é a Economia Circular

Existem diversas definições para a Economia Circular (EC), no entanto, a da Fundação Ellen MacArthur (FEM), uma das fundações precursoras na divulgação e incentivo à transição rumo a uma economia circular, sintetiza de forma clara o conceito da Economia Circular. A FEM define economia circular como sendo uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento econômico projetada para beneficiar os negócios, a sociedade e o meio ambiente. Em contraste com o modelo linear de produção e consumo, a economia circular é regenerativa por design e visa gradualmente dissociar o crescimento do consumo de recursos finitos.

A transição para uma economia circular não se limita a meros ajustes visando reduzir os impactos negativos da economia linear. Ela representa uma mudança sistêmica que constrói resiliência a longo-prazo, gera oportunidades econômicas e de negócios, e proporciona benefícios ambientais e sociais.

Em uma economia circular, as atividades econômicas são construídas pensando na saúde geral do sistema. O conceito reconhece que a economia precisa funcionar de forma eficaz em todas as escalas, para grandes e pequenas empresas, para organizações e indivíduos, globalmente e localmente.

A mudança da economia linear para a economia circular vem com o propósito a curto prazo de combater os principais problemas apresentados na **seção 2** deste documento que podem ser sintetizados em:

- Desacelerar e retardar o esgotamento dos recursos naturais escassos;
- Reduzir os danos ambientais causados pela extração dos recursos naturais e processamento, distribuição e consumo de materiais; e
- Desacelerar o aquecimento global.

A economia circular não se coloca como mais uma ferramenta para a gestão ambiental, ela é um sistema econômico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de 'fim de vida' pela circularidade - redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais na produção, distribuição e consumo - operando no nível micro (produtos, empresas, consumidores), nível meso (parques industriais) e nível macro (cidade, região, nação, mundo), com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável. Este modelo resulta na criação de qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, em benefício das gerações atuais e futuras (Kirchherr et al., 2017).

A principal forma de conseguir essa mudança é através do aumento da eficiência e produtividade do uso de recursos e redução da quantidade de material descartado. Isso, por sua vez, exigirá novos modelos de negócios que façam parte de uma perspectiva de sistema completo sobre o uso de recursos e incorporem cadeias de suprimentos fechadas, design regenerativo e logística reversa com o aumento da vida útil dos produtos. Esses

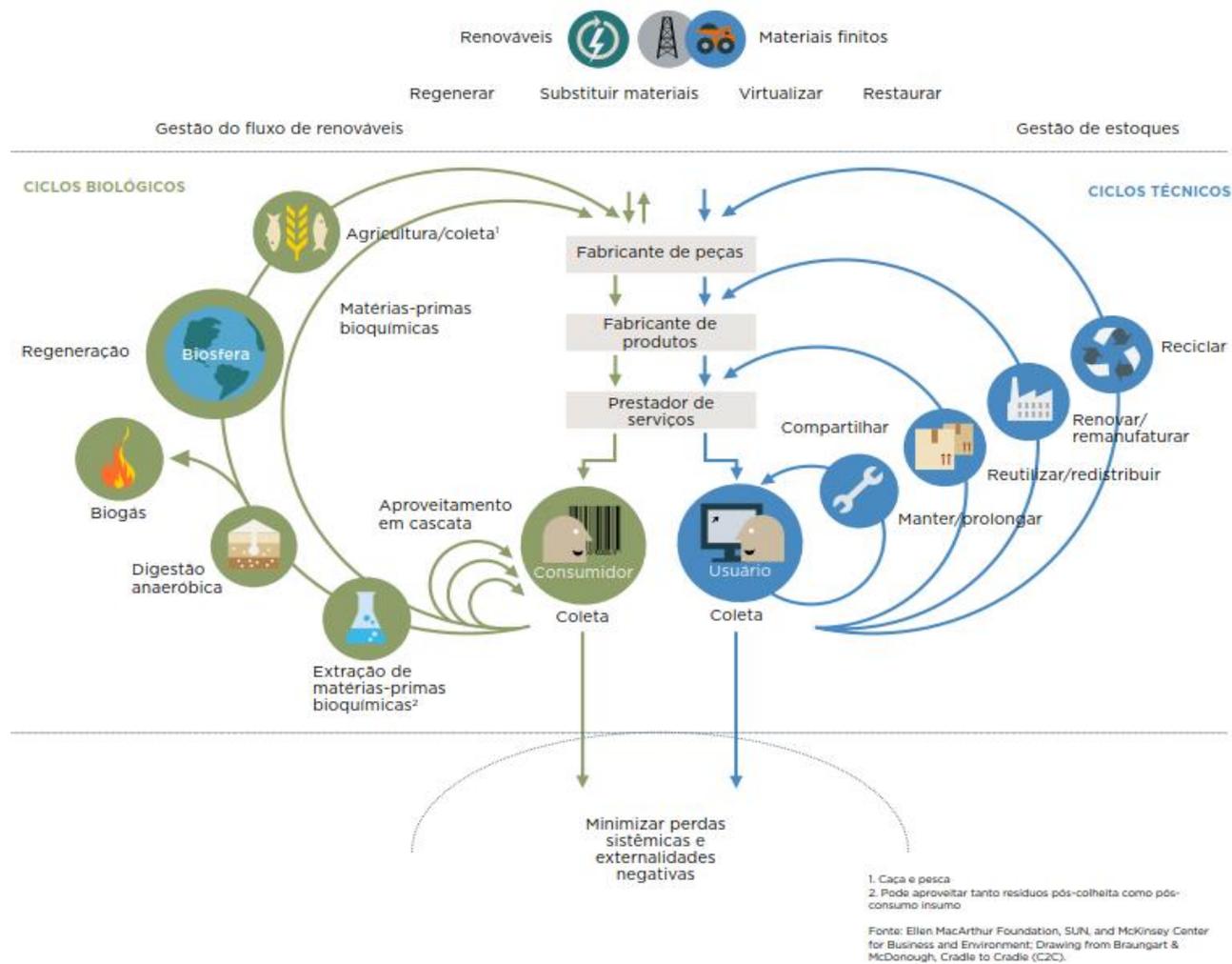
modelos de negócios precisam ser financeiramente sustentáveis, cuja realização é atualmente limitada por muitas barreiras, que serão discutidas à frente nesta seção. O sucesso nessas mudanças fundamentais, precisarão ser realizadas por meio de políticas públicas de vários tipos bem como por meio de mudanças na organização empresarial (Ekins et al, 2019).

A economia circular se baseia em três fundamentos:

1. Eliminar resíduos e poluição: pensar e desenhar produtos intencionalmente para que não virem resíduos e nem gerem poluição;
2. Manter os produtos e materiais em circulação (no seu valor mais alto): manter os materiais em uso, seja como produto ou, quando não puderem mais ser utilizados, como componentes ou matérias-primas. Dessa forma, nada se torna resíduo e o valor intrínseco dos produtos e materiais é retido;
3. Regenerar a natureza: com a aplicação dos dois princípios acima, os sistemas naturais terão o seu tempo adequado de regeneração.

Baseado no desenho de Braungart & McDounought (Cradle to Cradle, 2002), a EMF desenvolveu um gráfico como proposição para traduzir a sistêmica da Economia Circular, conhecido como “diagrama borboleta” (Figura 10). O diagrama tenta capturar o fluxo de materiais, nutrientes, componentes e produtos, enquanto adiciona um elemento de valor financeiro.

Figura 10. Diagrama sistêmico da Economia Circular

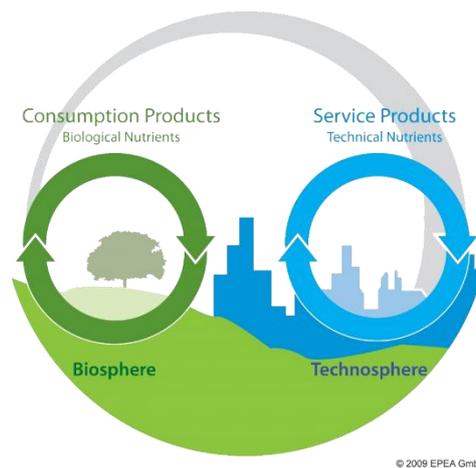


Fonte: Traduzido de Ellen MacArthur Foundation. Circular Economy systems diagram (February 2019). Desenho baseado no Cradle to Cradle de Braungart & McDonough.

No diagrama (Figura 10) são apresentados 2 tipos de ciclos nos quais os materiais naturais ou manufaturados, podem se encaixar: o biológico (lado esquerdo do diagrama) e o técnico (lado direito do diagrama). Dentro do ciclo biológico estão inseridos aqueles materiais que vêm da terra e voltam para a terra. Esses materiais são renováveis e são entendidos como nutrientes para a biosfera. Tratam-se de produtos de consumo, por exemplo, um sabonete - quando usado não é possível seu reaproveitamento ou reciclagem, o sabonete vai com água e escoar pelo ralo, voltando para os rios e mares. Para materiais do ciclo biológico, é importante ter em mente que eles devem retornar de forma saudável para o meio ambiente. Já no ciclo técnico, trata-se de materiais que não são renováveis, mas são vistos como nutrientes técnicos para a indústria, por exemplo, metais e plásticos. Tais materiais não são renováveis, mas podem ser mantidos em circulação dentro da sua cadeia produtiva, mantendo o seu valor através de múltiplos ciclos industriais fechados.

Uma maneira fácil de entender se o material pertence ao ciclo biológico ou tecnológico é avaliar se ele é consumível ou se ele fornece um serviço. Se for consumível pertence ao ciclo biológico e se fornecer um serviço pertence ao ciclo tecnológico, por exemplo, uma máquina de lavar é usada para lavar roupas, enquanto o sabão em pó utilizado em uma lavagem será consumido.

Figura 11. Ciclos de consumo e de serviço



Fonte: EPEA GmbH, 2009.

Dentro de cada tipo de ciclo, é possível observar diferentes fluxos representados pelas setas circulares. Esses fluxos objetivam a utilização máxima dos recursos de forma que circulem o máximo possível com agregação de valor em cascatas evitando o seu retorno à biosfera. A estratégia apresentada pela FEM é a de focar nas setas de fluxo de dentro para fora, ou seja, devem ser priorizados os fluxos mais internos do diagrama.

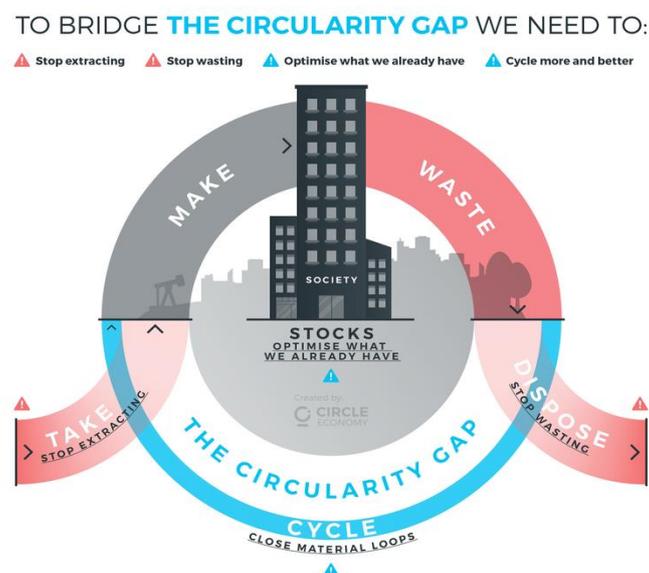
As setas circulares mais internas do ciclo tecnológico apresentam a estratégia de manter materiais e produtos em uso prolongando suas vidas úteis pelo maior período possível através de um design pensado para uma maior vida útil dos produtos, permitindo a manutenção assim como a reparação dos mesmos. Adicionalmente, é proposto que esses produtos feitos para durarem com máximo de valor e mantendo a funcionalidade possam ser compartilhados entre usuários evitando a produção constante de novos produtos. As setas mais externas do ciclo tecnológico apresentam as soluções de reforma, remanufatura e reciclagem, onde os materiais e produtos sofrem transformação para acréscimo de valor podendo ou não alterar sua funcionalidade inicial.

Já no ciclo biológico, a lógica segue a mesma, as setas internas representadas pelo aproveitamento em cascata indicam a estratégia de uso máximo do material antes que o mesmo retorne à biosfera (setas externas do ciclo). Um exemplo de aproveitamento em cascata pode ser uma roupa de algodão que após o uso como roupa, pode ser aproveitada para estofamento, posteriormente como material isolante até que perca o valor e seja decomposta anaerobicamente para retornar como nutriente ao solo.

À medida que o mundo urge por novas soluções e a economia circular se torna mais presente na economia global como uma alternativa para o modelo linear, o mundo se depara com a necessidade de realizar uma transição com base em percepções sobre seu desempenho circular, riscos e oportunidades associados.

Em termos globais, de acordo com o Relatório *Circularity Gap* de 2022 o mundo hoje é 8,6% circular, ou seja somente 8,6% dos recursos extraídos retornam à economia. Esse indicador diminuiu de 2018 (9,1%) para 2020 (8,6%).

Figura 12. Lacuna de Circularidade



Fonte: *Circularity Gap*, 2022.

3.2 Histórico e Escolas de Pensamento

A noção e os conceitos de economia circular têm origens difusas e não podem ser atribuídos a uma única data ou pessoa. As discussões em torno destes conceitos remontam a 1850, no entanto, suas aplicações práticas para os sistemas econômicos modernos e processos industriais adquiriram uma nova dinâmica desde o fim da década de 1960 e tem sido aperfeiçoada e desenvolvida desde então. A Figura 13 apresenta em linha do tempo algumas das principais influências e acontecimentos que levaram ao desenvolvimento do conceito da Economia Circular.

Existem diversas escolas de pensamento com diferentes nomes e abordagens que, no entanto, gravitam em torno dos mesmos princípios, propósito e visão que a economia circular que é garantir o máximo de utilização e valor aos materiais, evitando e reduzindo impactos ambientais em prol da sustentabilidade. A seguir, são apresentadas algumas delas com a ressalva de que o objetivo do grupo técnico da NICOLE Latin America ao apresentá-las é que o leitor tenha conhecimento das diferentes perspectivas e conceitos existentes e de que forma a evolução do tema vem ocorrendo. Juntas, as abordagens apresentadas, cada qual em sua linha de pensamento e especificidades, trazem importantes *insights* e constituem conceitos, ferramentas, metodologias sobre a Economia Circular que ainda é um tema dinâmico, fluido e que vem evoluindo.

Figura 13. Linha do tempo do desenvolvimento da economia circular

●	<i>New Circular Economy action plan, da Comissão Europeia</i>	2020	
		2019	<i>Comissão Europeia adota 10 Ecodesign implementing regulations</i> ●
●	<i>Comissão Europeia adota circular economy package</i>	2018	
		2015	<i>First Circular Economy action plan, da Comissão Europeia</i> ●
●	<i>Fundação da Ellen MacArthur Foundation</i>	2013	
		2010	<i>Blue Economy, de Gunter Pauli</i> ●
●	<i>The Performance Economy, de Walter Stahel</i>	2006	
		2002	<i>Cradle to Cradle, de McDonough and Braungart</i> ●
●	<i>The next industrial revolution, de McDonough and Braungart</i>	1998	
●	<i>Biomimicry: Innovation Inspired by Nature, de Janine Benyus</i>	1997	<i>Zero emissions: the ultimate goal of cleaner production, de Gunter Pauli</i> ●
●	<i>Regenerative Design for Sustainable Development, de John T. Lyle</i>	1994	<i>The Greening of Industrial Ecosystems, de Allenby and Richards</i> ●
		1992	<i>Industrial ecology: a philosophical introduction, de Frosch</i> ●
●	<i>The Circular Economy, de Pierce e Turner</i>	1990	
		1989	<i>Strategies of Manufacturing, de Frosch e Galloupoulos</i> ●
●	<i>The Product Life Factor, de Walter Stahel</i>	1986	
		1985	<i>Design for Human Ecosystems, de John T. Lyle</i> ●
●	<i>The Potential for Substituting Manpower for Energy, de Walter Stahel e Genevieve Reday</i>	1976	
		1972	<i>Clube de Roma - Os Limites do Crescimento, de Donellas Meadows et all</i> ●
●	<i>Design for the Real World, de Victor Papanek.</i>	1971	
		1966	<i>The Economics of the Coming Spaceship Earth, de Boulding</i> ●
●	<i>Waste products and undeveloped substances, de Simmonds</i>	1862	

● Economia Circular	● Economia Azul	● Economia de Performance	● Design Regenerativo
● Escassez de Recursos e Sustentabilidade	● Biomimética	● Ecologia Industrial	● Ecodesign

Fonte: Grupo de Economia Circular NICOLE Latin America, 2023.

3.2.1 Design Regenerativo

John T. Lyle (1934–1998), foi professor e arquiteto americano, desenvolveu e publicou ideias associadas às práticas regenerativas para uso da água, uso da terra, uso de energia e para projetos de construção. Suas ideias fornecem maneiras de restabelecer as conexões entre as pessoas e a natureza, entre a arte e a ciência e entre a tecnologia e a vida cotidiana.

Através de suas obras *Regenerative Design for Sustainable Development* e *Design for Human Ecosystems*, John estabeleceu as bases do framework de economia circular que foram posteriormente desenvolvidas e ganharam notoriedade graças ao Bill McDonough (que havia estudado com Lyle), Michael Braungart e Walter Stahel.

3.2.2 Economia de Performance

Walter Stahel (1946), é arquiteto e economista suíço, tem sido influente no desenvolvimento da sustentabilidade e economia circular. Ele co-fundou o *Product Life Institute* em Genebra, Suíça, uma consultoria dedicada ao desenvolvimento de estratégias e políticas sustentáveis, depois de receber reconhecimento por seu artigo premiado *The Product Life Factor* em 1982.

Na década de 1990, Stahel estendeu sua visão para a venda de bens como serviços como a estratégia mais eficiente da economia circular. Ele descreveu essa abordagem em seu livro de 2006, *The Performance Economy*. Autor de diversas obras, atualmente, trabalha em estreita colaboração com a Fundação Ellen MacArthur na promoção de suas ideias com agentes econômicos e é pesquisador sênior do *Circular Economy Research Centre da École des Ponts Business School* em Paris.

3.2.3 Biomimética

Janine M. Benyus (1958), é bióloga americana escritora de ciências naturais. Depois de escrever livros sobre vida selvagem e comportamento animal, ela cunhou o termo Biomimética para descrever o design intencional de resolução de problemas inspirado na natureza. Seu livro *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* (1997) atraiu a atenção de empresários em design, arquitetura e engenharia, bem como de cientistas onde argumenta que, seguindo abordagens biomiméticas, abordagens que estudam e replicam os fenômenos da natureza, os designers podem desenvolver produtos com melhor desempenho, menos expansivos, que usam menos energia e deixam as empresas menos expostas a riscos legais.

A biomimética se baseia em três princípios fundamentais:

- Natureza como modelo: estudar modelos da natureza e simular essas formas, processos, sistemas e estratégias para solucionar os problemas humanos.
- Natureza como medida: usar um padrão ecológico para avaliar a sustentabilidade das nossas inovações.

- Natureza como mentora: ver e valorizar a natureza não com base no que se pode extrair do mundo natural, mas no que se pode aprender com ela.

3.2.4 Economia Azul

Gunter Pauli (1956), economista e empresário belga, criou o termo e abordagem Economia Azul, a qual propõe fazer uso inteligente dos recursos naturais para satisfazer as necessidades básicas do ser humano, sem comprometer o funcionamento dos ecossistemas e com baixo custo de investimento.

A Economia Azul lembra os princípios e ideais da Economia Verde (*Green Economy*), porém, embora ambos os modelos defendam mudanças estruturais na economia e tenham como alicerce a sustentabilidade, a *Green Economy* implica maiores custos e maior investimento, além de depender de questões políticas, sendo essas um dos motivos que dificultam a sua implementação, pois, apesar da boa intenção, a economia verde depende que os governos a subsidiem e que as empresas aceitem lucros menores e que o consumidor pague mais pelo produto ou serviço.

Nesse contexto de necessidade de sustentabilidade a baixo custo é que nasce e ganha força a *Blue Economy*, calcada no uso inteligente e aproveitamento total dos recursos naturais, inspirando-se na natureza e no ciclo de vida dos ecossistemas, sem gastar muitos recursos e sem gerar consequências indesejadas.

É um movimento *open source*, que reúne estudos de casos concretos, inicialmente compilados em um relatório homônimo e entregue ao Clube de Roma. Como afirma o manifesto oficial, “usando os recursos disponíveis em sistemas em cascataeamento (...) os resíduos de um produto se tornam insumos para criar um novo fluxo de caixa”. Baseado em 19 princípios base, a *Blue Economy* insiste em soluções determinadas por seu ambiente local e suas características físicas/ecológicas, colocando a ênfase na gravidade como a fonte primária de energia.

O relatório, que se desdobra como o manifesto do movimento, descreve “100 inovações que podem criar 100 milhões de empregos nos próximos 10 anos”, e oferece muitos exemplos de projetos de sucesso de cooperação “Sul-Sul” – uma outra característica original desta abordagem que tem a intenção de promover seu foco prático.

3.2.5 Ecodesign

O Ecodesign, também chamado de Design Ecológico ou *Design for Environment*, nasce com a intenção de aplicar o “eco” ao design, ou seja, propor que o processo de concepção e planejamento de um produto leve em consideração os impactos ambientais de produção, consumo e pós consumo. É difícil rastrear uma origem específica do Ecodesign. Nos Estados Unidos, o conceito do ecodesign surgiu na década de 1990, quando a

indústria eletrônica americana procurava minimizar o impacto no meio ambiente decorrente de sua atividade. No entanto, a ideia da necessidade de conciliação do design aos aspectos ambientais foi iniciada muito anos antes com a publicação do livro "*Design for the Real World*" em 1971 pelo designer e professor americano Victor Papanek. Em seu livro, Papanek faz críticas ao design industrial e destaca como o design pode ser prejudicial ao meio ambiente. Já na época, defendia que o design deveria ter uma abordagem inclusiva e sustentável. Na Europa, a ideia de Ecodesign também começou a criar força na década de 70, após a publicação do relatório do Clube de Roma em 1972, com o título "Os limites do Crescimento" o qual defende que um crescimento exponencial das nações industrializadas as levaria, em pouco tempo, a perder a base de sua própria existência devido ao esgotamento de matérias primas e contaminação progressiva do meio ambiente. Em 1974, foi desenvolvida uma das primeiras propostas de design com reciclados. Uma equipe da Escola Superior de Design de Offenbach, na Alemanha, chamada "des-in" criou o sofá produzido com pneus usados para um concurso de Design em Berlim, sendo uma das primeiras aplicações do Ecodesign.

O Ecodesign foi criando notoriedade conforme as questões ambientais foram assumindo cada vez mais espaço nas pautas internacionais. Alguns autores nem mais definem o ecodesign como um segmento do design, mas sim como um dos requisitos para o desenvolvimento de qualquer projeto de produto e serviço. Seguindo esta filosofia, o ICSID (*International Council of Societies of Industrial Design*) descreve e identifica o design como fator de inovação tecnológica capaz de contribuir para o desenvolvimento sustentável.

O Ecodesign é hoje uma importante ferramenta de gestão ambiental centrada no ciclo de vida do produto ou serviço, desde a sua concepção até o seu descarte, cujo objetivo principal é minimizar o impacto ambiental dos mesmos durante seu ciclo de vida.

A ISO/TR (International Organization of Standardization/Technical Report) 14062, publicada em 2002, procedimenta a integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento do produto e pode ser considerada um dos manuais mais importantes para aplicação do Ecodesign na concepção de produtos. A ISO/TR 14062 já foi traduzida pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e pode ser acessada na norma de mesma numeração ABNT NBR ISO 14062.

Outro documento muito importante para a aplicação do design na economia circular é relatório de título *Investigating the role of design in the circular economy*, fruto de um projeto desenvolvido e publicado em 2013 pela RSA, a Royal Society of Arts na Inglaterra, em parceria com a Innovate UK. Esse foi um projeto liderado por designers e faz uma grande contribuição em pensar no papel do design na transição em escala global para a economia circular.

3.2.6 Ecologia Industrial

A ecologia industrial é um campo de estudos novo e abrangente, que prega uma abordagem integrada da relação entre a indústria e o meio ambiente. O termo ecologia industrial começou a aparecer em pesquisas e artigos científicos nos anos 1970 e foi também nessa época que o Japão incluiu a relação com o meio ambiente na atuação prática de suas indústrias. A ecologia industrial, também associada ao termo ecossistema industrial, prega a integração e cooperação entre as indústrias, que poderiam se reunir em parques industriais e adotar processos integrados de produção, em que os resíduos gerados em um processo servissem como matéria-prima em outro ou pudessem ser utilizados como subprodutos em outra indústria ou processo (ALMEIDA, 2006).

No Brasil, a área da ecologia industrial ainda é embrionária e principalmente teórica, mas tem se expandido, em especial nas universidades – um primeiro passo para a implementação de usos práticos. No plano mundial, além de vários livros publicados, existem dois periódicos científicos que publicam artigos relacionados ao tema: o *Journal of Industrial Ecology*, lançado em 1997, e o *Journal of Cleaner Production*, de 1993.

O campo se expandiu bastante nos anos 1980 e 1990, conforme aumentaram os alertas de ecologistas sobre a degradação ambiental e as consequências do modelo de industrialização desenfreada vigente. Um dos estudos pioneiros no ocidente foi o trabalho coletivo *Ecossistema Belga*, desenvolvido por biólogos, químicos e economistas e que trata de ideias hoje defendidas pela ecologia industrial tais quais considerar resíduos como matéria-prima para outros processos, enfatizar a importância da circulação de materiais no sistema e acompanhar os fluxos de energia do sistema (ECYCLE, 2023).

3.2.7 Cradle to Cradle – Do berço ao berço

William McDonough, arquiteto americano, e Michael Braungart, engenheiro químico alemão, publicaram em 2002 o livro manifesto chamado de *Cradle to Cradle* que na tradução para o português significa “do Berço ao Berço”. O pensamento ‘do Berço ao Berço’ surge como uma provocação, questionando a ideia de considerar a vida de um produto ‘do berço ao túmulo’ – *cradle to grave*, uma expressão usada na análise de ciclo de vida para descrever o processo linear de extração, produção e descarte de materiais e produtos.

Na abordagem *Cradle to Cradle* a ideia central é que os recursos sejam geridos em uma lógica circular de criação e reutilização, em que cada passagem de ciclo se torna um novo ‘berço’ para determinado material. Componentes do produto podem ser projetados para a recuperação contínua e reutilização como nutrientes biológicos e técnicos dentro desses metabolismos. O diagrama de borboleta apresentado na Figura 8 foi criado com base na abordagem *Cradle to Cradle*.

Conforme apresentado pela Ideia Circular, o pensamento *Cradle to Cradle* também distingue medidas eficientes (quantitativas) das efetivas (qualitativas). Os processos que visam eficiência em geral se pautam na redução, minimização e compensação de danos, muitas vezes sem questionar o sistema linear existente. Já as medidas efetivas visam não apenas minimizar os danos, mas também otimizar os ganhos em direção a um efeito positivo para as pessoas e o planeta. Como propõem os autores do C2C, ser ‘menos ruim’ não é o mesmo que ser bom.

A metodologia, que hoje é também uma certificação já foi adotada em milhares de produtos e por empresas como Herman Miller, Saint Gobain, C&A e Shaw, e inspirou edifícios como a *Sustainability Base* da NASA, a planta industrial da Ford River Rouge e a Casa Circular, além do desenvolvimento urbano de regiões da China, Holanda e Dinamarca (Ideia Circular, 2022).

Com esses resultados, a metodologia e certificação *Cradle to Cradle* é considerada uma ferramenta poderosa para a construção de uma Economia Circular, apoiando projetos com critérios claros para uma lógica cíclica.

O *framework Cradle to Cradle* inclui três princípios fundamentais:

- Elimina o conceito de resíduo: Considera que os resíduos são nutrientes. Projeta produtos e materiais com ciclos de vida que são seguros para a saúde humana e para o meio ambiente e que podem ser reutilizados constantemente por meio de metabolismos biológicos e técnicos. O valor dos materiais deve ser recuperado após cada ciclo de uso.
- Uso da fonte solar ilimitada: Os seres vivos, os sistemas naturais e o planeta como um todo dependem da energia solar para sobreviver e prosperar. A energia solar tem uma entrada constante e infinita. A fonte solar deve ser utilizada em seu máximo potencial, a partir de tecnologias existentes ou novas que estão por surgir, como é o caso de energias eólicas, geotérmicas e hidráulicas, que se originam de forças provenientes do Sol.
- Celebra a diversidade: A diversidade fortalece sistemas biológicos e industriais, valorizando materiais, processos e soluções específicas a cada local ou situação. Devem ser consideradas as diversidades biológicas, culturais bem como a diversidade nas soluções.

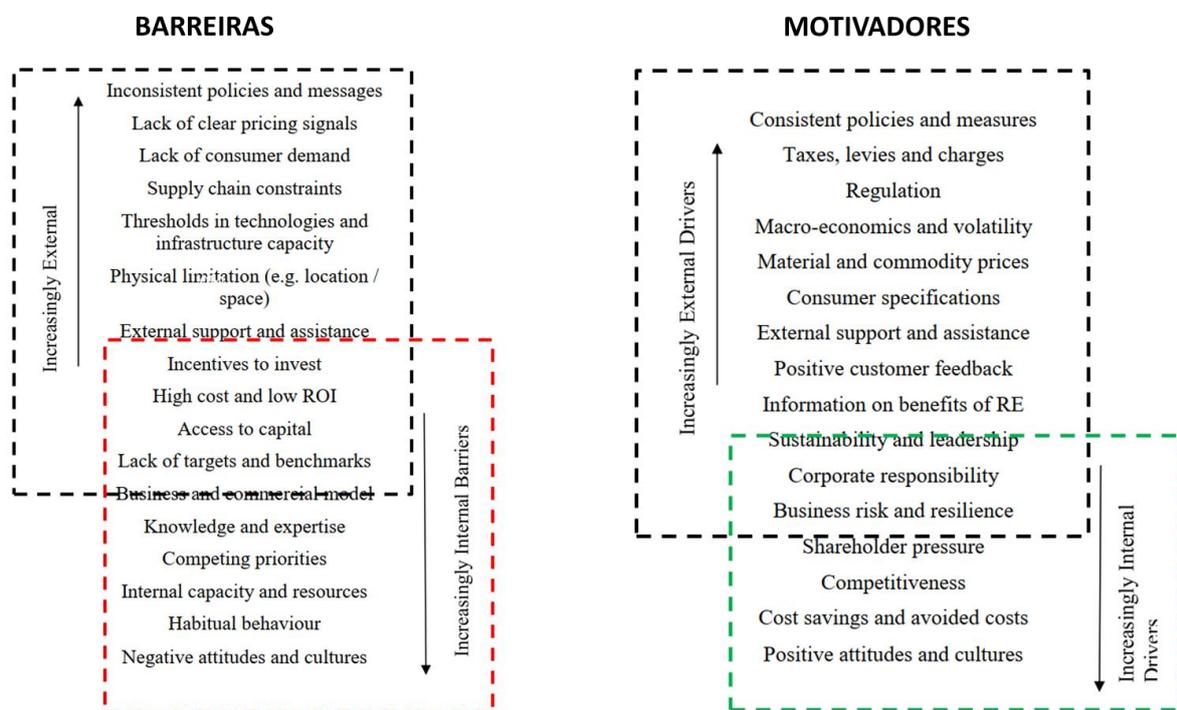
3.3 Drivers e Barreiras para uma Economia Circular

Práticas associadas à Economia Circular já vêm sendo praticadas em alguns negócios e contextos, no entanto de forma pontual e isolada. Existem *drivers* que incentivam cada

vez mais a prática da economia circular, mas há também barreiras que impedem sua adoção de forma mais ampla e sistêmica. Examiná-los fornece uma plataforma útil para propor medidas para melhorar a EC, removendo barreiras e aprimorando motivadores (Ekins et al, 2019).

Existem barreiras e *drivers* que são internos e aqueles que são externos. Os que são internos às empresas ou às práticas dos indivíduos refletem algo sobre as estratégias e decisões tomadas dentro da empresa ou por um indivíduo e, portanto, normalmente estão conectados às ações sobre as quais a empresa ou o indivíduo têm algum controle. Já as barreiras e os *drivers* externos refletem o contexto em que a empresa ou o indivíduo opera. Como tal, a empresa ou o indivíduo têm menos controle direto sobre tais fatores, e corrigi-los ou aprimorá-los pode ser uma questão de intervenção política (Ekins et al, 2019). A figura abaixo apresenta algumas barreiras e motivadores para aplicação da Economia Circular no contexto global, separando o que seria interno e externo às empresas e indivíduos.

Figura 14. Barreiras e motivadores para aplicação de EC – no contexto global



Fonte: Adapted from AMEC and BioIS (2013), apud Ekins et al (2019).

Conforme apresentado na Figura 14, entre as barreiras externas que as empresas podem enfrentar, políticas e mensagens inconsistentes” e “falta de sinais claros de preços” são problemas cuja resolução exigiria a intervenção dos formuladores de políticas. Outras barreiras, como “restrições da cadeia de suprimentos” e “limiares em tecnologias e capacidade de infraestrutura”, podem estar mais diretamente relacionadas às interações

com outras empresas. No entanto, o papel da política na coordenação dos atores e no apoio à inovação tecnológica ainda podem ser significativos na empresa.

Entre as barreiras internas, escolhas sobre o “modelo comercial e de negócio”, “conhecimento e experiência”, “prioridades competitivas”, “capacidade e recursos internos”, “hábitos comportamentais”, “atitudes e culturas negativas”, são temas que cabem à empresa melhorar ou resolver dentro de sua própria organização. No entanto, a motivação para fazê-lo seria afetada por fatores externos – se houver uma “falta de demanda do consumidor” para os tipos de produtos que seriam consistentes com a EC – como produtos produzidos com materiais reciclados ou remanufaturados – ou se “políticas” ou “sinais de preços” estão ausentes, então haveria claramente uma motivação limitada para uma empresa agir para remover suas barreiras internas de EC, a menos que essas barreiras também fossem barreiras ao lucro. Barreiras financeiras como “altos custos iniciais”, “baixos retornos sobre o investimento” e “acesso ao capital”, embora reflitam as condições internas da empresa, também estão fortemente relacionadas às condições externas e, portanto, também podem ser melhoradas por medidas políticas, por exemplo, para fornecer financiamento de baixo custo ou para reduzir o custo do financiamento comercial, fornecendo políticas claras e estáveis de longo prazo.

Para potencializar a transição entre a economia linear e circular, também é importante considerar os *insights* da economia comportamental, que estão relacionados a barreiras internas e externas. A economia comportamental identificou desvios em relação a preferências, crenças e tomada de decisão dos agentes econômicos. Esses desvios afetam indivíduos, empresas e, em última instância, sinais e políticas de preços. Uma integração de psicologia e economia como na economia comportamental pode levar a melhores previsões de comportamento econômico e, subsequentemente, para melhores descrições de políticas (Camerer 1999 apud Ekins et al, 2019).

Os motivadores externos incluem vários que já são indicativos de medidas políticas em resposta a algumas das barreiras apresentadas anteriormente. Por exemplo, “políticas e medidas consistentes” e o uso de “impostos, taxas e encargos” e de “regulamentação”, para resolver a “falta de sinais claros de preços”. Os formuladores de políticas também podem ajudar fornecendo informações sobre os “benefícios da eficiência de recursos e da EC”. As “especificações do cliente” e o “feedback positivo do cliente” em apoio às práticas e produtos da EC são claramente externos às empresas, mas dependem de outras tendências sociais mais amplas, dentro das quais os governos poderiam desempenhar um papel.

Motivadores internos, como “economia de custos e custos evitados”, “aumento da competitividade” e considerações de “risco e resiliência do negócio”, são, em alguns sentidos, os mais puramente internos, pois refletem a adoção de práticas de EC devido à sua contribuição para a saúde financeira e resiliência a longo prazo. No entanto, a importância de direcionadores como “sustentabilidade e liderança”, “responsabilidade

corporativa”, “pressão dos acionistas” e “atitudes e culturas positivas” dependem de quão ampla e profundamente os valores de EC se enraizaram na base de clientes da empresa e na sociedade em geral - uma empresa cujos clientes e acionistas não possuem interesse na sustentabilidade, também não sentiriam o ímpeto de tais motivadores potenciais.

As barreiras e motivadores internos e externos da EC não devem ser considerados isoladamente pois operam em um contexto e em combinação com outros fatores, tanto internos quanto externos, e em contextos territoriais.

Especificamente para o setor de áreas contaminadas no Brasil, através das entrevistas com profissionais e empresários da área, foi possível verificar que um aspecto unânime comentado, considerado uma barreira, é a falta de alinhamento do diálogo entre as partes envolvidas no projeto. Ideias e intenções para práticas sustentáveis e de EC existem, mas por vezes a estratégia e o planejamento do projeto ficam restrito a uma ou duas partes do projeto (por exemplo indústria e consultoria) e não são compartilhadas com toda a cadeia envolvida no projeto não permitindo assim que práticas sejam discutidas e implementadas. Outro aspecto levantado pelos entrevistados de forma unânime foi a demanda e percepção de valor pela sociedade, também apontado na Figura 14 tanto como barreira como motivador. No Brasil, de acordo com a percepção dos profissionais da área, é que projetos de áreas contaminadas ainda é atendimento de *compliance* regulatório, obrigação e gasto sem retorno financeiro.

4 ELEMENTOS CHAVE DA ECONOMIA CIRCULAR

A seguir serão apresentados, de forma resumida, alguns conceitos e práticas de gestão ambiental que já são comumente conhecidos e aplicados e que, neste documento, foram posicionados como elementos chave da Economia Circular. Suas criações e aplicações são anteriores ao conceito da Economia Circular e servem de base para sua estruturação e aplicação. Para cada um dos elementos chave, são apresentados exemplos de práticas já aplicadas dentro do contexto de projetos de gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil e foram obtidas através de entrevistas com profissionais do setor. A teoria dos elementos chave em mais detalhe pode ser verificada no Apêndice deste documento.

4.1 Os 8Rs

Os 3 Rs, trazem embutidos em si duas preocupações ambientais de grande valia. A primeira refere-se à noção de que os recursos ambientais são finitos e a segunda está relacionada à disposição de resíduos no meio ambiente e suas consequências.

Indiscutivelmente, a disposição de resíduo de maneira descuidada pode levar à poluição do meio e diminuição na disponibilidade de recursos, como por exemplo a água subterrânea. Outro aspecto importante refere-se aos impactos à saúde humana, observados nos casos de contaminação e ocupações indevidas de áreas com solo e água subterrâneas contaminadas.

Nesse contexto, a prática dos 3Rs traz em si a possibilidade de diminuir a pressão de extração de novos recursos e reduzir o consumo de produtos. Além disso, ela propõe a reutilização e reciclagem dos produtos já existentes, levando à redução de resíduos. Dessa forma os 3Rs são uma importante prática de desenvolvimento sustentável e da economia circular que apoia os pilares social, econômico e ambiental.

A redução ocupa o topo da hierarquia do tratamento de resíduos. Isso porque a redução é a prática que permite diminuir drasticamente os impactos adversos no meio ambiente. A diminuição no consumo leva a uma maior preservação das matérias primas e a uma redução na geração de resíduos preservando assim a qualidade ambiental.

Figura SEQ Figura *ARABIC 15. Priorização dos 3R's



Figura 16. Grupo de Economia Circular NICOLE Latin America, 2023.

Na Prática

Um ótimo exemplo da aplicação do **Repensar no GAC** é de uma empresa fornecedora de serviços de investigação ambiental brasileira que foi atrás de tecnologias investigativas que não só possibilitariam informações mais precisas, mas que fossem mais sustentáveis. Duas dessas tecnologias importadas e já largamente aplicadas pela empresa é a investigação através do Membrane Interface Probe (MIP) e do Hydraulic Profiling Tool (HPT). Além de promoverem uma mudança na forma de se executar a investigação ambiental trazendo confiabilidade e assertividade, elas evitam que muitos materiais e, portanto, resíduos sejam utilizados tais como todos os materiais utilizados para instalação de poços de monitoramento e coleta de amostras. O repensar exige tempo, análise e mais trabalho, mas traz benefícios mais profundos e duradouros.

Na Prática

A **redução** da produção de resíduos encaminhados ao descarte pode ser vista **na prática** realizada por uma importante construtora atuante na cidade de São Paulo. Essa empresa realiza o **reaterro das cavas** ocasionadas pelo processo construtivo, utilizando areia reciclada e entulho de suas próprias demolições.

Em seguida, na hierarquia do tratamento de resíduos encontra-se o conceito da reutilização e por último a reciclagem. A reutilização permite prolongar a vida útil de um produto (ou dos materiais) com a mesma utilização ou para uma utilização diferente sem que o produto se torne um resíduo. A reciclagem permite dar aos resíduos uma segunda vida, mas passando por um processo de transformação (o processo de reciclagem) o que implica gastos energéticos e consumo de materiais.

Na Prática

*Um exemplo de aplicação dos conceitos de **reutilização** em projetos de investigação de áreas contaminadas é o uso de mangueiras plásticas em mais de um evento de amostragem. Essa reutilização deve ser feita de forma cuidadosa para não haver contaminação cruzada, e deve passar por um processo de descontaminação, quando possível, de acordo com os materiais utilizados.*

Pequenas mudanças podem gerar grandes impactos no dia a dia e isso também se aplica a empresas e a forma como produzem seus produtos e realizam seus serviços. O dia 22 de março é o Dia Mundial da Água, instituído pela ONU em 1993, e tem como objetivo a educação sobre a preservação desse recurso, bem como o consumo consciente e implementação de ações para combater o desperdício. Desde essa data, empresas ao redor do mundo tem se mostrado engajadas nessa causa. Um exemplo é a Mondelez Internacional, uma das maiores fábricas alimentícias do mundo, que conseguiu economizar mais de 36 milhões de litros de água em 2020 somente no Brasil (Forbes, 2021). Programas de melhoria de processos, manutenção adequada de equipamentos e reuso de água estão entre as iniciativas que possibilitaram esse resultado nessa empresa.

Dessa forma, é possível concluir que pequenas e grandes ações podem e devem ser implementadas desde as menores atividades diárias até grandes processos fabris. A importância da redução do consumo e da reutilização de produtos fica evidente quando se analisa a velocidade de produção atual e a quantidade de lixo gerada. Essa relação entre consumo e seus impactos ambientais não é sustentável e, por isso, deve-se adotar medidas visando a proteção do meio ambiente e da sociedade.

Os 3Rs podem ser aplicados em qualquer escala, desde a vida cotidiana até cidades e países. É possível ter em mente esses conceitos em todas as etapas do gerenciamento de área contaminadas e implementação de projetos de remediação sustentável. Desde o planejamento urbano, onde é possível ter incentivos na reutilização de áreas contaminadas, até os projetos como desmobilização e redução no consumo de água e energia nas remediações.

Na Prática

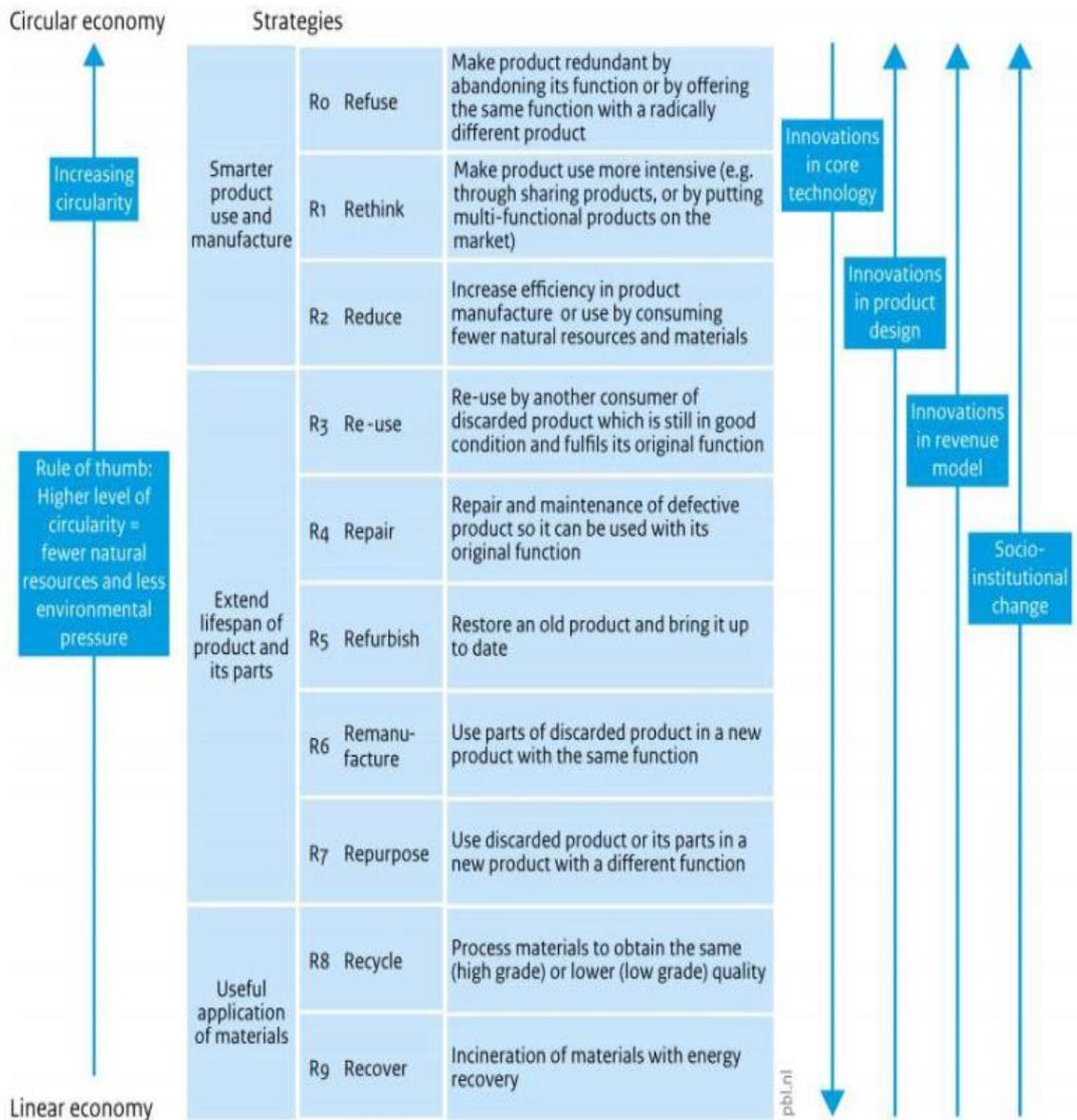
É possível **reaproveitar** o concreto proveniente da demolição de unidades industriais ou prédios comerciais para o ajuste de pH em outro projeto, como um projeto piloto de remediação. Idealmente, ambos os eventos de demolição e projeto piloto ocorrem no mesmo local, evitando assim o transporte de materiais e reduzindo os custos com logística. O uso de **mão de obra local** também incentiva o **desenvolvimento técnico** da região.

Desde sua criação, os 3Rs passaram por transformações e adaptações e hoje em dia eles podem ser representados pelos 8Rs (Figura 16) na economia circular: recusar, reduzir, reutilizar, reparar, repassar, recuperar, reciclar e repensar. Essa forma mais completa permite que as pessoas pensem de forma mais consciente em relação ao consumo e produção e provoca diálogos sobre o assunto. A mudança de hábitos não é feita da noite para o dia e, por isso, ter ferramentas que auxiliam nessa reeducação da população é de fundamental importância para que isso ocorra.

Na Prática

Quando não existe a possibilidade de tratamento de solo no local da escavação, o uso de caminhões para transporte de solo contaminado é inevitável. Porém, para **otimizar custos com logística e reduzir as emissões atmosféricas**, o mesmo caminhão pode ser utilizado para esses dois trajetos de retirada de solo contaminado e entrega de solo de preenchimento, cortando os custos com viagem pela metade.

Figura 16. Os 8 Rs da Economia Circular



Fonte: Potting et al. (2017), apud Ekins et al., 2019.

4.2 Análise do Ciclo de Vida (ACV)

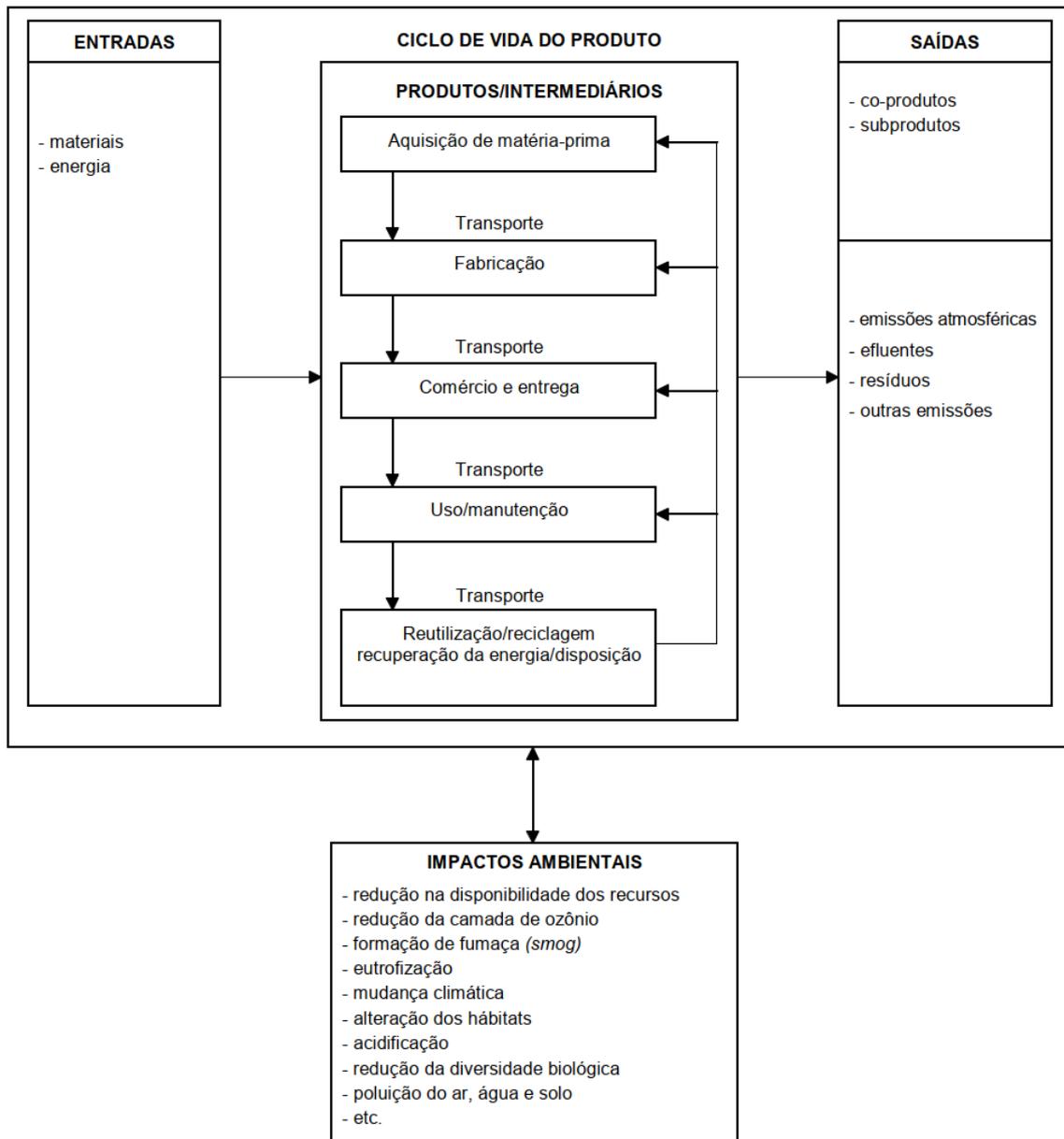
Para conhecer os diferentes impactos do ciclo de vida de um produto e, nomeadamente, sobre quais fases do ciclo de vida deve-se agir de modo a reduzir seu impacto global, as empresas podem recorrer à análise de ciclo de vida (ACV).

A ACV é um instrumento científico qualitativo e quantitativo com o intuito de levantar e interpretar todos os aspectos e impactos potenciais ao longo do ciclo de vida de um produto ou serviço possibilitando aprimorar o processo produtivo e os produtos de uma

empresa; comparar, de uma forma integrada, o desempenho ambiental de seus produtos; auxiliar no planejamento estratégico e na tomada de decisões da indústria, do governo e das ONGs, na definição de prioridades e no desenvolvimento de projetos e processos e subsidiar as estratégias de marketing (comparação de produtos rotulagem e declarações ambientais), gerando uma diferenciação na competitividade dos produtos de mercado cada vez mais exigente (Petroni et al, 2015).

Os impactos ambientais de um projeto são determinados por entradas e saídas durante o ciclo de vida: entram matéria-prima e energia e saem emissões atmosféricas, efluentes, resíduos, ruído, vibrações, radiações, calor e subprodutos. A Figura 17 a seguir apresenta as etapas do ciclo de vida, as entradas, as saídas e os impactos ambientais que podem ocorrer ao longo do ciclo de vida de um produto.

Figura 17. Etapa do ciclo de vida de um produto com entradas e saídas



Fonte: ABNT NBR 14062.

O processo de integração dos aspectos ambientais no ciclo de vida do produto e serviço deve ser contínuo, flexível e adaptável, ou seja, ele pode e deve ser continuamente revisado e ajustado promovendo a criatividade e maximizando as inovações e as oportunidades para a melhoria ambiental.

Na Prática

*Um bom exemplo da aplicação da **Análise do Ciclo de Vida no GAC** é de uma empresa fornecedora de sistemas de remediação brasileira que analisou a duração e eficiência dos tipos de óleo sintéticos no mercado para identificar aquele que tivesse maior rendimento e duração na operação de compressores, de forma a minimizar as trocas e maximizar a eficiência da operação. Por mais que seja algo simples exigiu uma mudança na forma de fazer e principalmente o questionamento do que pode ser melhorado. As possibilidades são infinitas.*

Na elaboração de um estudo ACV, os pesquisadores podem:

- Desenvolver uma avaliação sistemática das consequências ambientais associadas com um dado produto
- Analisar os balanços (ganhos/perdas) ambientais associados com um ou mais produtos/processos específicos de modo a que os stakeholders (estado, comunidade, etc.) aceitem uma ação planeada
- Quantificar as descargas ambientais para o ar, água e solo em cada estágio do ciclo de vida e/ou processos e identificar a(s) que mais contribui(em)
- Assistir na identificação de significantes trocas de impactos ambientais entre estágios de ciclo de vida e o meio ambiental.
- Avaliar os efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais para a comunidade local, região e o mundo
- Comparar os impactos ecológicos e na saúde humana entre dois ou mais produtos/processos rivais ou identificar os impactos de um produto ou processo específico
- Identificar impactos em uma ou mais áreas ambientais específicas de interesse.

De acordo com sua forma atual, o ACV constitui uma ferramenta de gestão ambiental. As normas ISO possuem várias normas associadas à condução do ACV:

- Norma ISO 14040: Apresenta os princípios gerais e a metodologia da ACV.
- Norma ISO 14041: Guia para determinar os objetivos e alcances de um estudo de ACV e para realizar a análise de inventário
- Norma ISO 14042: Guia para a realização da fase de avaliação de impacto ambiental de um estudo de ACV.
- Norma ISO 14043: Guia para a avaliação dos resultados do estudo de ACV.
- Norma ISO 14048: Apresenta informações do formato dos dados que servem de base para a avaliação do ciclo de vida.
- Norma ISO 14049: Ilustra com exemplos como aplicar os guias ISO 14041 e ISO 14042

4.3 Ecodesign

Como abordado anteriormente, a economia circular contrasta com o modelo econômico linear uma vez que este último exige grandes quantidades de recursos naturais a baixo custo e com alto consumo de energia, além de uma obsolescência programada em que produtos são projetados para que se tornem obsoletos e sejam descartados e substituídos o mais rápido possível. Agora que se tem consciência das consequências negativas da economia linear como um todo, é fundamental que os critérios que definem o que é um bom produto sejam reavaliados.

Não se pode considerar que um produto é de boa qualidade se ele for tóxico para as pessoas ou para o meio ambiente e se os materiais usados na sua composição se transformam em lixo após o primeiro uso. Por isso, o desenvolvimento de produtos também precisa incluir critérios de circularidade e de saúde humana e ambiental.

Como abordado no capítulo 3, a economia circular é um modelo de produção e de consumo que envolve repensar, reutilizar, reparar e reciclar os materiais e produtos existentes, aumentando o ciclo de vida dos mesmos. Na prática, a economia circular implica na redução do uso de recursos naturais e um desperdício mínimo, resultando, em princípio, num menor impacto ambiental.

O ecodesign é um pilar fundamental da economia circular, uma vez que tenta prolongar indefinidamente o valor dos produtos, mantendo-os dentro de um circuito fechado e isento de resíduos. O design com materiais sustentáveis permite que os produtos terminem sua vida útil em condições de terem novas funções e, portanto, valor.

Na Prática

*O Ecodesign pode ser pensado em diversas escalas. Uma **prática** que vem ocorrendo no Gerenciamento de Áreas Contaminadas realizado pelo mercado imobiliário na cidade de São Paulo é a **adequação de projetos construtivos** à situação ambiental do terreno onde será realizado o empreendimento.*

*É possível **redesenhar** o projeto de construção civil, compatibilizando com as medidas de remediação propostas para a área, evitando a geração de resíduos contaminados, por exemplo.*

O Ecodesign deve ser utilizado de forma integrada com a ACV e pode também ser aplicado a projetos e serviços uma vez que a sua abordagem implica em repensar e planejar algo

desde o princípio, de forma que, neste documento, será utilizado de forma genérica o termo projeto para que esteja mais alinhado com a proposta do documento.

Na Prática

*Um ótimo exemplo da aplicação do **Ecodesign no GAC** é de uma empresa fornecedora de sistemas de remediação brasileira que projeta seus sistemas de forma a permitir utilização infinita e circular. Todos os sistemas são projetados com equipamentos e partes modulares, ou seja, podem ser facilmente trocados e adaptados para outros projetos a partir da demanda. Adicionalmente, por serem modulares, as partes e equipamentos que compõem o sistema passam por frequentes manutenções (preventivas e corretivas) de forma a estender o ciclo de vida desses ativos. Este exemplo mostra como a incorporação da circularidade já na estratégia e concepção do produto e/ou serviço adiciona valor e sustentabilidade ao projeto.*

De acordo com a abordagem Cradle to Cradle apresentada na [seção 3.2.7](#), existem três princípios para a aplicação do ecodesign:

1. RESÍDUOS SÃO NUTRIENTES

Este princípio adota a lógica de que na natureza não existe lixo, os resíduos de uma espécie se tornam alimento para outras e os nutrientes podem circular indefinidamente. Para que este primeiro princípio possa ser aplicado, é importante ter em mente dois critérios: os materiais selecionados devem ser seguros e saudáveis e os materiais devem ser distinguidos em dois ciclos, o técnico ou biológico.

O primeiro critério tem a intenção de selecionar as matérias primas para que tudo que entra na fabricação do produto seja benéfico, não só para o produto, mas para a saúde humana e ambiental. Para isso, é imprescindível conhecer quem são os fornecedores, de onde que os materiais vêm e o que eles contêm. Assim, é possível criar um inventário com todos os elementos do produto e fazer alterações necessárias para a garantia de um produto seguro e saudável.

O segundo critério consiste em entender que os materiais estão inseridos em um dentre os dois ciclos: biológico ou técnico. Os materiais no ciclo biológico são materiais que conseguem ser absorvidos pela natureza, por isso é necessário fazer com que esses materiais cheguem à natureza de forma correta para serem degradados biologicamente. Os materiais no ciclo tecnológico são os materiais que não são absorvidos pela natureza de forma natural, dessa maneira é necessário que os usuários utilizem esses produtos o máximo possível e, por esse motivo, é necessário repensar o design de produtos de forma a torná-los mais duradouros ou para que sejam reutilizados em outras indústrias. Esses

dois ciclos são apresentados pelo gráfico borboleta criado pela FEM, apresentado na seção 3.1 deste documento.

O entendimento da separação de materiais nos dois tipos de ciclo é fundamental no momento da concepção e planejamento, no “*design*” do produto, etapa na qual os materiais serão escolhidos.

Aqui entra o conceito de produtos de serviço, que é quando o usuário não está interessado no produto em si, mas no serviço que ele proporciona. Um exemplo é a máquina de lavar roupa. Os usuários não estão interessados na máquina de lavar em si, nos materiais que a compõem, mas na funcionalidade que ela oferece, que é lavar as roupas. Neste sentido, a posse de todos os materiais que esse eletrodoméstico tem mais valor para a indústria. Então, é mais interessante que a indústria tenha a posse desses materiais da máquina em si, e que ela forneça o serviço de lavagem de roupa. Na hora que uma peça quebrar, a empresa faz a manutenção daquela peça. Na hora que uma tecnologia nova surgir, a empresa também pode fornecer essa nova tecnologia e pegar aquela mais antiga de volta, promovendo a recirculação de materiais, idealmente em um ciclo fechado.

2. ENERGIA LIMPA E RENOVÁVEL

Neste princípio, a intenção é usar fontes de energia que preservam e sustentam os recursos, sem colocar as pessoas em perigo. Em vez de usar combustíveis fósseis, que levam o carbono do solo para a atmosfera, ou a energia nuclear, que produz resíduos perigosos, opta-se por fontes renováveis, que vão continuar sendo usadas com segurança pelas próximas gerações.

Os seres vivos, os sistemas naturais e planeta como um todo dependem da energia solar para sobreviver e prosperar. A energia solar, assim como a eólica, hídrica ou de biomassa, tem uma entrada constante e infinita e por isso são chamadas de energias renováveis.

No Ecodesign, deve-se ir além da eficiência energética (minimização do consumo e redução de impactos) e do uso de fontes renováveis, o ideal é que a indústria se torne auto-suficiente, ou seja, que produza toda a energia que consome.

3. DIVERSIDADE

A diversidade é entendida como uma forma de fortalecer os diferentes sistemas e processos existentes em determinados locais. Sistemas mais diversos tendem a ser mais resilientes. Podemos falar em diversidade de espécies, de culturas ou de diversidade de soluções. Hoje em dia, a indústria utiliza soluções universais que oferecem um mesmo produto para um número infinito de condições e costumes locais. No lugar da imposição de um modelo único, o design circular tem o potencial de enriquecer a oferta de produtos e serviços pensados a partir das particularidades e demandas de cada público ou local de

forma ainda a minimizar o uso de recursos e potencializar a funcionalidade do produto ou serviço.

A diversidade, neste princípio, se estende além de soluções, mas também em relação à saúde dos materiais, modelos de recuperação dos nutrientes, diversidade de fontes de energia, diversificação no tratamento da água, diversidade social, etc.

O Ecodesign é uma prática que gera inúmeros benefícios, tais como:

- Segurança às pessoas e ao meio ambiente;
- Economia financeira: promove o racionamento e o uso inteligente de recursos, tanto ambientais e consequentemente financeiros;
- Atendimento à legislação ambiental;
- Ecoeficiência: performance e eficácia que um produto ou serviço construído nos moldes do ecodesign é superior aos demais uma vez que possui um olhar específico para a funcionalidade e recursos envolvidos;
- Diferencial competitivo: estabelecer diretrizes e meios de produção ou qualquer projeto de ecodesign a partir de um conceito de gestão sustentável torna seu trabalho e serviço diferenciado dos demais. Trata-se de uma forma de produzir valor agregado ao seu negócio, já que a construção de uma consciência ambiental tem sido cultivada em todas as esferas da sociedade, principalmente no mercado.

Na Prática

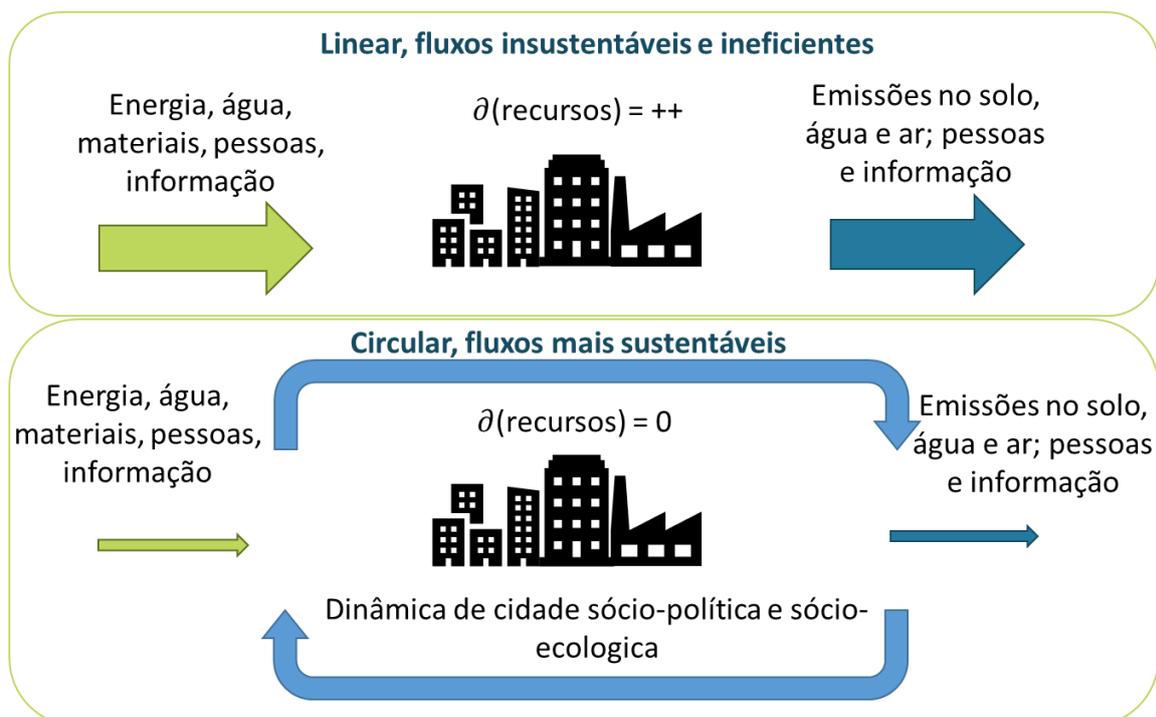
*Outro excelente exemplo da aplicação do **Ecodesign no GAC** é de projeto de investigação e remediação ambiental no pólo industrial de Camaçari - Bahia que em todas as fases do projeto desde sua concepção são feitas reuniões e iniciativas de forma a já considerar práticas de sustentabilidade nas atividades do projeto. Todas as partes envolvidas no projetos são reunidas e incentivadas a pensar de forma diferente e a minimizar os impactos negativos do projeto. É um brilhante trabalho de equipe e promovido principalmente pelo gestor da área contaminada – pela setor industrial. Comunicação, inovação, transparência, trabalho em equipe são os quesitos chave e de sucesso do projeto.*

4.4 Metabolismo Territorial e Ecologia Industrial

O metabolismo territorial pode ser explicado como a visão integrada sobre os fluxos de energia e recursos que existem num determinado território (NICOLE Latin America, 2020).

A ecologia industrial, por sua vez, apresenta-se como uma orientação para a sociedade rumo a uma economia com propósito de valor e visão sistêmica na regeneração, integração e funcionalidades das cadeias de processos, produtos e serviços. A ecologia industrial (EI) propõe uma forma de processos produtivos coletivos e cooperativos, com benefícios para a humanidade e o planeta, não se restringindo em troca de matéria e energia ou busca de ecoeficiência por um conjunto de técnicas ou tecnologias isoladas. A ecologia industrial se estabelece como mais ampla que tecnologias limpas, ecoeficiência, análise do fluxo de material e energia, desmaterialização, descarbonização ou análise do ciclo de vida de um produto e pode envolver todas estas diretrizes em uma rede de simbioses e colaboração entre diversas organizações e cadeias produtivas, numa visão socioambiental coletiva e inovadora.

Figura 18. Comparação entre fluxos lineares e circulares dentro de um território



Fonte: Adaptada de: Musango, J.K., Currie, P. & Robinson, B. (2017) *Urban metabolism for resource efficient cities: from theory to implementation*. Paris: UN Environment.

É importante trazer a metáfora ecológica de simbioses para os projetos de GAC, em que se valorizam as redes de colaboração, as diversas especificidades e possibilidades, materiais ou equipamentos e geração de conhecimento a partir de experiências compartilhadas.

Na Prática

*A reutilização de áreas contaminadas em grandes centros urbanos é um grande exemplo de interface dos conceitos de **Metabolismo Industrial** e **Ecologia Industrial** com o GAC.*

*Empresas do **Mercado Imobiliário**, já enxergam a sua atuação em **áreas contaminadas**, como um importante fator de conservação de áreas ainda preservadas da RMSP, uma vez que a opção de empreender em locais já degradados, diminui a **pressão de exploração** de áreas vegetadas e a destruição de áreas verdes remanescentes.*

*Na região metropolitana de São Paulo isso se torna especialmente importante, uma vez que as áreas ainda não exploradas estão localizadas no entorno desse conglomerado urbano, sendo um relevante local de **preservação recursos naturais**, vida silvestre e de proteção de importantes reservas hídricas da região.*

4.4.1 Entendendo a Ecologia Industrial

Robert White, presidente da Academia Nacional de Engenharia (ISIE, 2015) define EI como o estudo dos fluxos de materiais e energia na indústria e atividades de consumo, os efeitos destes fluxos no meio ambiente e as influências econômicas, políticas, regulatórias e sociais nestes fluxos (ISIE, 2015).

Deve-se pensar a indústria como inerente a nossa vida cotidiana e de forma mais ampla, não somente a indústria pesada ou de manufatura, que mobiliza recursos e os transforma, engloba, desta forma, a soma total da atividade humana, em uma abordagem coletiva, dotada da habilidade em realizar um trabalho, com engenho e propósito. Nossa casa, por exemplo, é uma mini-indústria, onde estamos o tempo todo consumindo matéria, energia e gerando resíduos, e para onde adquirimos muitos “materiais”. O sistema industrial, segundo ERKMAN (2006), semelhante ao ecossistema natural, consiste essencialmente em fluxos de materiais, energia e de informação e depende dos recursos e serviços providos pela biosfera.

A Ecologia Industrial faz uma analogia da ação entre indústrias/empresas com os organismos biológicos que vivem em simbiose, termo da biologia que expressa a forma natural e harmônica de convivência entre seres diferentes e separados, mas que se beneficiam em seus processos de interação.

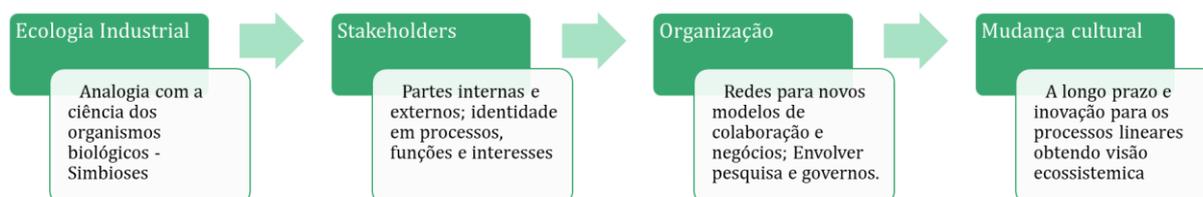
Figura 19. Exemplos de simbiose na natureza.



Fonte: STOCK ADOBE FREE, 2023

A EI propõe replicar as simbioses da natureza dentro do metabolismo territorial. Muitas vezes, nos Programas Nacionais de Simbiose Industrial (PNSI) para facilitar as sinergias, o benefício para uma parte é a remoção de um problema sem necessariamente transação financeira entre as partes. Como exemplo, encontrar um destinatário para um resíduo perigoso e atingir a meta de zero resíduo perigoso para aterro. Além da eliminação do risco, outros benefícios podem incluir reputação da marca, ganhos econômicos, ambientais ou sociais para as empresas e a comunidade local.

Figura 20. Partes do processo que compõe a Ecologia Industrial

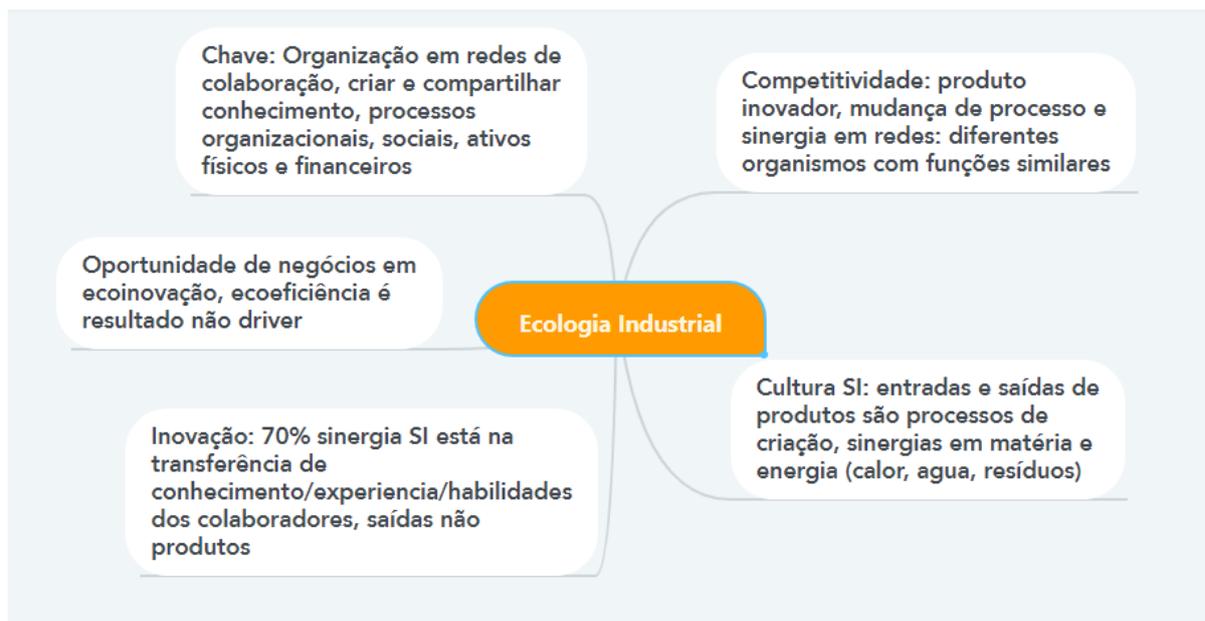


Fonte: Grupo de Economia Circular NICOLE Latin America, 2023.

A simbiose industrial é mais conhecida no Brasil associada a aproveitamento localizado de resíduos ou subprodutos, no entanto, conforme apresentado a seguir, a ecologia industrial envolve conceitos abrangentes de negócios e economia colaborativa, também com saídas não associadas a resíduos ou produtos.

Podem ser pensados indicadores qualitativos ou quantitativos para as simbioses efetivas, ou mesmo metas claras e objetivas dentro da organização, de acordo com intenção e demanda setorial específica ou metas globais ecossistêmicas com ferramentas de medição.

Figura 21. Rede neural EI



Fonte: Grupo de Economia Circular NICOLE Latin America, 2023.

Com todas estas formas reportadas de se realizar ecologia industrial, o grande desafio é estabelecer confiança entre os atores. Neste caso, é de suma importância conhecer a identidade cultural de cada indústria ou território e seu contexto sociopolítico e ambiental, e pensar em um ponto focal ou forma de estabelecer confiança para a articulação com os todos os stakeholders e, se possível, alcançar o respaldo das autoridades governamentais do município, estado ou país. Confiança e respeito abrem espaço para redes de colaboração criativas geradoras de sinergias.

A organização em redes resulta em mais cooperação e muitas vezes está associada a uma questão de comportamento. Segundo LOMBARDI e LAYBOUR (2012) *apud* BENKLER (2011), o nível de cooperação que as pessoas demonstram depende fortemente da percepção das regras do jogo - nós somos mais inclinados a cooperar se percebermos outros cooperando do que se não o percebermos.

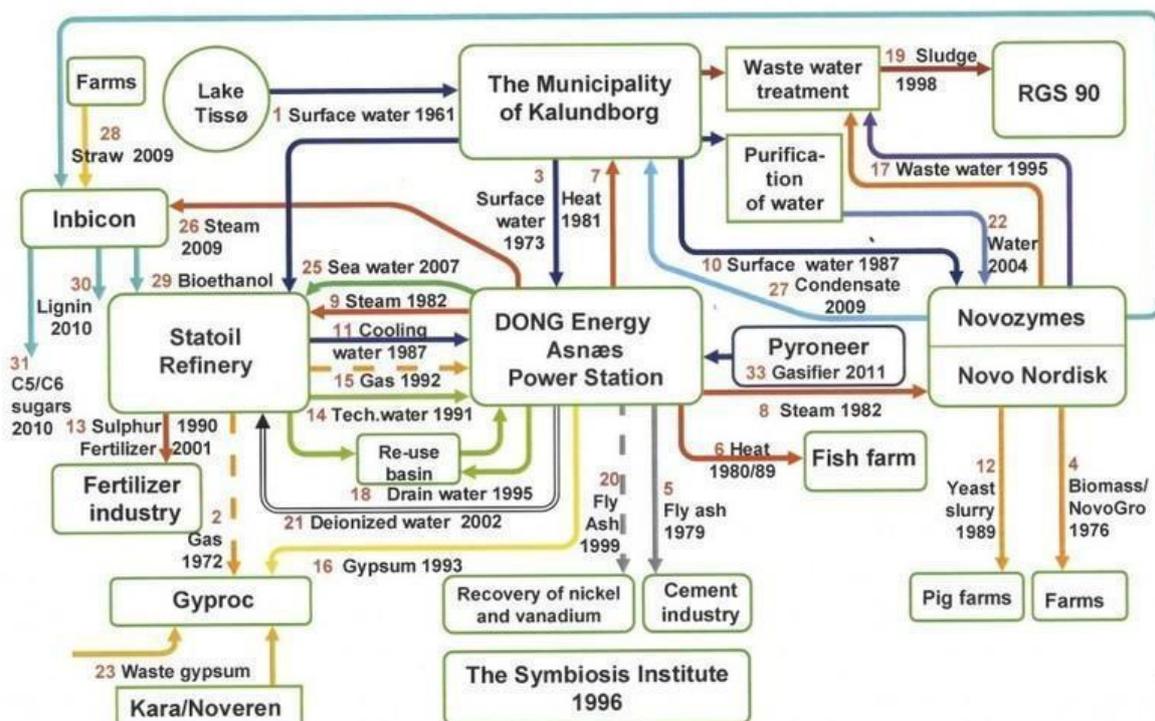
4.4.2 Exemplos da Aplicação da Ecologia Industrial

A EI mostra um caminho aberto para a sustentabilidade, sendo uma alternativa viável em termos de oportunidades de negócio. Vale reportar que a EI incorpora termos da literatura de negócios, tais como, rentável, vantagem competitiva, transações lucrativas, vantajoso, porém geralmente ganhos são um resultado e não um *driver*. O impacto da facilitação ou experiência certamente acelera a identificação e, mais importante, a concretização de sinergias.

O primeiro caso de ecologia industrial data de 1963 em Kalundborg, na Dinamarca, movido pela escassez de água e intenção de redução dos custos. Em 1996 institucionalizou-se a metodologia com a criação de um Instituto de Simbiose. Sua grande relevância a ser reportada é que envolveu a municipalidade, a qual soube capitalizar os benefícios de uma ação coordenada entre os geradores de resíduos e potenciais consumidores.

A seguir, são apresentadas as fases da Kalunborg/Dinamarca, a primeira simbiose industrial do mundo (NICOLE Latin America, 2020): a 1ª fase (1961) envolveu um fator externo, no caso, a escassez de água. Houve a substituição de água subterrânea por água superficial de um lago próximo, para abastecer uma nova refinaria de petróleo; a 2ª fase priorizou a redução mútua de custos, como buscar soluções para o reuso de resíduos a fim de gerar renda (do lixo à matéria prima), além da cultura que a eficiência gera confiança, permitindo tanto benefícios econômicos como uma redução significativa do impacto ambiental; a 3ª fase compreendeu a institucionalização da metodologia, com a criação do Instituto de Simbiose Kalundborg em 1996, assim como uma rede de *network* bem estabelecida e centro de treinamento/pesquisa para promover sinergias e inovações.

Figura 22. Rede de simbiose estabelecida após Kalundborg Symbiosis



Fonte: Kalundborg Symbiosis, 2013

A prática de Kalunborg foi espontânea, de colaboração local e social (curta distância física), e não de design técnico e caráter global, além de redução de custos a partir de troca de informações legais e outros custos de transação.

De uma forma geral, as simbioses industriais envolvem trocas de energia e subprodutos entre agentes econômicos, bem como compartilhamento de serviços e infraestrutura em escalas de parques industriais. As colaborações criam um ecossistema de produção sustentável, reduzindo o desperdício e a poluição, e ao mesmo tempo promovendo eficiência de compartilhamento de conhecimento. Estas estratégias podem beneficiar indiretamente a comunidade, reduzindo riscos ao meio ambiente e à saúde (12th Industrial Symbiosis Research Symposium, 2015).

A seguir, de acordo com pesquisas realizadas, seguem as tendências em EI, além da troca de recursos/energia, várias ferramentas ou modelos de cooperação para se implementar simbioses no contexto empresarial e industrial:

- Metabolismo Social
- Expandir o foco - inovação em sistemas, processos ou negócios
- Organizações
- Redes e insumos alternativos - processos
- Compartilhamento - melhoria nos processos técnicos e de negócios
- Pesquisa
- Resíduos - Destinos de valor agregado para saídas não relacionadas ao produto
- Sinergias baseadas no conhecimento
- *Pool* de serviços
- Simbioses Urbanas
- Ecoeficiência
- Consumo responsável e empresas bem-sucedidas
- Ecologia Industrial: Fator de Ancoragem Territorial
- Padrão de consumo x Energias renováveis

5 CONTEXTO E REFLEXÕES PARA A JORNADA DE CIRCULARIDADE NA GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

5.1 Contexto dos Projetos de Remediação e sua relação com a Sustentabilidade

Com a industrialização, processo iniciado na Primeira Revolução Industrial, e com o consequente aumento da capacidade humana de produzir e consumir, a geração de resíduos e efluentes se intensificou, evoluindo de subprodutos biológicos em estágios mais primitivos às substâncias químicas, sintetizadas industrialmente. Até certo ponto, o meio ambiente foi capaz de absorver e reinserir esses produtos no ecossistema, mas com o crescimento populacional e a produção massificada, a disposição inadequada de resíduos e efluentes causaram impactos negativos no meio ambiente.

Nesse contexto, o surgimento de áreas contaminadas se tornou um dos problemas ambientais mais relevantes em países industrializados entre as décadas de 80 e 90, em virtude do impacto gerado na saúde pública, solo, recursos hídricos e no patrimônio. Um dos primeiros casos conhecidos, Love Canal, na década de 70 nos Estados Unidos, demonstrou a complexidade e a gravidade desse tipo de contaminação, ocasionada pela disposição de resíduos industriais de maneira irregular por 30 anos (SÁNCHEZ, 2001).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (1999), considera que a água subterrânea e o solo são meios valiosos para o equilíbrio socioambiental, pois, quando poluídos, se tornam um rápido e potente meio de disseminação de poluentes, trazendo como consequência a contaminação de outros bens a proteger e riscos à saúde humana. O dano gerado nesses meios se torna também um legado para as gerações futuras, que além do risco à saúde humana, como a, abandono de áreas, ocupações irregulares, desvalorização de áreas e do seu entorno (BARROS, L, H, 2011).

Historicamente, consultores ambientais, órgãos públicos e a indústria de remediação investiram voluptuosamente em projetos de engenharia de uso intensivo de energia, como sistemas de bombeamento e tratamento de água subterrânea, escavação de solo e descarte externo, incineração e tratamento térmico. Embora esses sistemas de remediação envolvam alto planejamento e investimento técnico, muitos enfrentaram limitações técnicas básicas ao recuperar contaminantes do meio ambiente, uma vez que os contaminantes sofrem diversos processos físicos e químicos como dispersão e diluição no meio onde estão. Como resultado, a maioria dos sistemas de remediação projetados verificaram que a taxa de remoção de contaminantes em um determinado momento passa a depender muito mais investimento para uma baixa eficiência e em alguns casos

a concentração de contaminantes que pode ser reduzida pelas tecnologias existentes ainda são mais elevadas do que o nível permitido (SURF UK, 2009). Além disso, as abordagens tradicionais de remediação trazem como foco somente critérios como custo, aplicabilidade técnica, tempo e eficiência para atender às metas de descontaminação (HARCLERODE; LAL; MILLER, 2016).

De forma a avaliar as alternativas de remediação sob uma perspectiva além dos critérios tradicionais e trazendo também o pilar social, surgiu o conceito de remediação sustentável. Um conceito criado pelo Surf-UK (*Sustainable Remediation Forum* - Fórum de Remediação Sustentável criado em 2007 no Reino Unido) e CL:AIRE (*Contaminated Land: Applications in Real Environments*, uma organização sem fins lucrativos do Reino Unido - fundada em 1999) a remediação sustentável foi definida como:

*A implementação de projetos de remediação que elimina e/ou controla riscos inaceitáveis de maneira segura e oportuna **maximizando os benefícios ambientais, sociais e econômicos** (SURF UK, 2009).*

No cenário atual internacional, o termo “remediação sustentável” alcançou um consenso sobre conceitos, descrições e definições que foram incorporados em 2017 em uma norma internacional ISO 18.504 *Soil quality — Sustainable remediation* (ISO, 2017) referente a qualidade do solo e a remediação sustentável, trazendo uma metodologia padrão, terminologia e os principais componentes da avaliação de remediação sustentável. (BARDOS et al., 2016).

Um fato traduzido pela norma, foi de que a sustentabilidade não pode ser medida em unidades simples e que uma avaliação da sustentabilidade das estratégias de remediação é necessariamente um processo subjetivo em um determinado ponto no tempo e no espaço. Sendo assim, as partes interessadas devem ser incentivadas a fornecer suas perspectivas sobre o equilíbrio dos impactos e benefícios potenciais para facilitar o consenso.

Esse último ponto na norma, sugere um dos motivos pelo qual os métodos de avaliação da sustentabilidade usados permanecem diversos, com uma gama de abordagens e principalmente ferramentas semi-quantitativas e quantitativas desenvolvidas ou em desenvolvimento. A avaliação de sustentabilidade de um projeto é específica e subjetiva de acordo com o local impactado e depende de uma ampla gama de considerações através de diferentes perspectivas dos *stakeholders* (BARDOS et al., 2016).

Em 2020, o SuRF-UK publicou uma atualização dos relatórios publicados em 2011, contendo orientações sobre o uso de critérios de sustentabilidade (também referidos pelo SuRF-UK como “indicadores”) na elaboração de avaliações relacionadas ao processo do GAC (BAREZI, 2020). Esses critérios são organizados em 15 categorias “principais”, dividida entre elementos ambientais, sociais e econômicos, conforme demonstrado na

Figura 23. A lista de verificação de indicadores SuRF-UK é o guia mais abrangente e detalhado para apoiar a seleção de critérios de avaliação de sustentabilidade para o planejamento de remediação sustentável. Esta abordagem é baseada na definição de “desenvolvimento sustentável” definida no relatório Brundtland. (BARDOS et al., 2018)

Figura 23. Categorias principais do SuRF-UK para indicadores de sustentabilidade nos projetos de remediação ambiental.

Ambiental	Econômico	Social
Emissões no ar	Custos e benefícios econômicos diretos	Saúde e segurança humana
Condições do solo	Custos e benefícios econômicos indiretos	Ética e equidade
Água Subterrânea e Superficial	Emprego e capital de emprego	Bairros e localidade
Ecologia	Custos e benefícios econômicos induzidos	Comunidades e envolvimento da comunidade
Recursos naturais e resíduo	Vida útil e flexibilidade do projeto	Incerteza e evidência

Fonte: SuRF-UK, 2020 apud BAREZI, 2020.

A partir do exposto nos parágrafos anteriores, é possível observar que a sustentabilidade já está sendo incorporada no GAC, ainda que focada na etapa de remediação, praticamente a última etapa no processo do gerenciamento de uma área contaminada. Apesar de muito positivo o avanço, identifica-se a necessidade do tema ser pensado em todas as etapas do projeto, levando em conta todo o ciclo de vida (desde o berço ao túmulo como contextualizado no item 4.2 do presente documento) e principalmente no início, na estratégia inicial para a gestão da área contaminada e de forma a conectá-la com o contexto local e do negócio/empresa envolvida.

5.2 Investigando a Economia Circular como um Avanço nas Práticas do GAC

Como visto nos capítulos anteriores, este White Paper, traz ferramentas e elementos para integrar e gerar reflexões aos profissionais que atuam com o GAC à Economia Circular nos em seus projetos para que possam ser mais estratégicos, avaliando contextos regionais e que gerem impactos positivos à sociedade. Na Figura 24, a seguir, é apresentado de maneira sintética a evolução do processo de gerenciamento de áreas contaminadas. As caixas representam termos que são usados em referências gerais sobre o processo evolutivo de uma empresa e neste presente documento fizemos um paralelo sobre a evolução destes conceitos para um projeto de GAC

Figura 24. Evolução do pensamento e estratégia na gestão de projetos de áreas contaminadas



Fonte: Grupo de Economia Circular NICOLE Latin America, 2023.

O solo, é um ótimo exemplo de recurso circular, dos mais necessários para o planeta, por ser uma fonte de serviços ecossistêmicos que contribui para o bem-estar da população, por meio do fornecimento de diversos recursos, sendo a base para a produção de alimentos, fornecimento de energia, construções, além da produção de água potável. Nesse caminho, uma das chaves para essa transformação está atrelada à regeneração e ao uso do solo de maneira responsável (EUROPE, [s.d.]).

O simples fato de entender que o GAC se trata desde a sua concepção de um projeto de design para novas áreas pode ser a chave para destravar essa visão. Por meio do design, podemos eliminar o desperdício e a poluição, fazer circular produtos e materiais e regenerar a natureza, criando uma economia que beneficia as pessoas, os negócios e o mundo natural.

Para que os projetos de gerenciamento de áreas contaminadas (GAC) sejam circulares, suas estratégias devem buscar conciliar as necessidades dos diferentes *stakeholders* envolvidos e entender o contexto e vocação da área que está sendo redesenhada , amplificando assim os benefícios que aquele projeto poderá trazer para todo o ecossistema em que ele está inserido.

Figura 25. Exemplos de questionamentos que devem ser feitos na concepção do projeto e refeitos a cada etapa do projeto



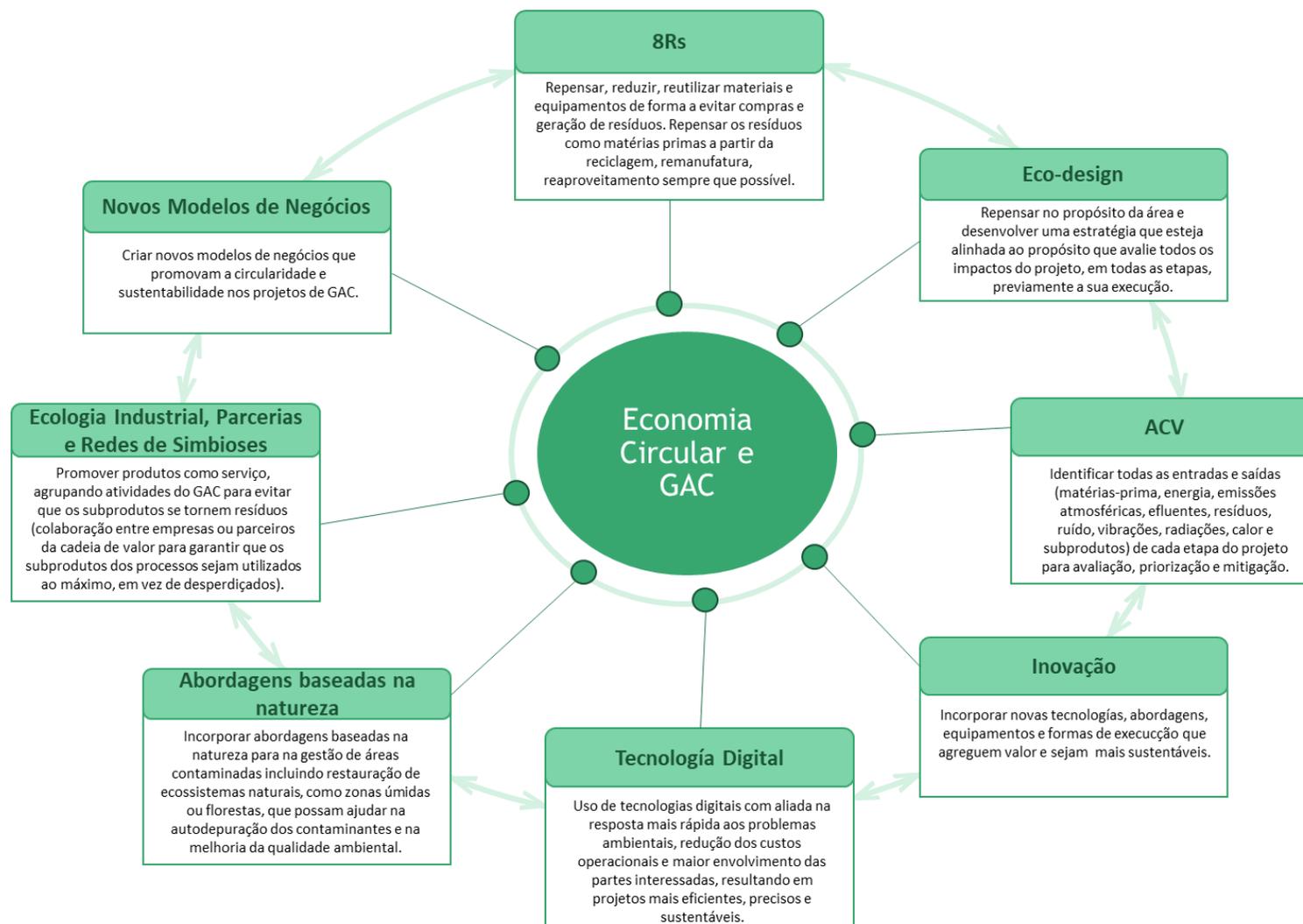
Fonte: Grupo de Economia Circular NICOLE Latin America, 2023.

Existem 4 pontos centrais que suportam a aplicação de estratégias voltadas a circularidades dos projetos, são eles:

1. Superar as formas tradicionais de governança
2. Gerenciar incertezas de tempo e otimizar o equilíbrio entre oferta e demanda
3. Articular as diferentes escalas e partes envolvidas no projeto
4. Gestão flexível e adaptável

Os elementos chave apresentados na [seção 4](#) deste documento, bem como outras ferramentas e abordagens complementares devem ser aplicadas. A Figura 26 a seguir resume alguns dos conceitos e abordagens, meios pelos quais podem ajudar na jornada da circularidade nos projetos de GAC.

Figura 26. Conceitos e abordagens para a jornada da circularidade nos projetos de GAC



Fonte: Grupo de Economia Circular NICOLE Latin America, 2023.-

Algumas questões e avaliações que podem ser feitas englobando todos envolvidos no projeto, são.

- Fazer um inventário de todos os materiais que serão utilizados ao longo do projeto;
- Selecionar os materiais que sejam seguros, saudáveis e de baixo impacto ambiental;
- Utilizar/substituir por materiais menos poluentes, que tenham uma produção sustentável, que possam ser reaproveitados ou recicláveis, que necessitem de menos energia e produzam menos gases poluentes no seu processo de fabricação;
- Maximizar a reutilização de materiais, sempre que possível;
- Adaptar ou repensar diferentes formas de realizar as atividades considerando o menor uso de materiais e todas as alterações anteriores;
- Exigir que os subcontratados envolvidos no projeto realizem a mesma análise feita;
- Reutilização de recursos naturais: a água é um dos recursos mais necessários em qualquer projeto do GAC e dependendo das técnicas empregadas, seu uso pode ser maximizado ou minimizado;
- Eficiência energética: assim como a água, a energia elétrica é um recurso importante nos projetos do GAC. Pense em como minimizar o uso, reutilizá-lo, fechar os processos energéticos internos da indústria, usar biocombustíveis que às vezes são provenientes do próprio processo de remediação da área e usar fontes alternativas sustentáveis de energia: exemplo energia fotovoltaica.
- Qualidade e durabilidade: fabricar produtos com maior vida útil, de forma a gerar menos resíduos;
- Modularidade: desenvolver objetos em que as peças possam ser facilmente trocadas em caso de defeitos, evitando que o produto seja substituído, gerando menos desperdício.
- Reutilizar/Reutilizar: construir objetos a partir do reuso e reutilizar de outros.
- Diversidade: Observar o contexto local e as necessidades dos usuários para definir quais são os melhores caminhos para o desenvolvimento de nossos produtos e processos. Não existe uma solução única para nenhum problema. Devemos trabalhar as potencialidades de cada caso para otimizar recursos e resultados. Questionar se nossos projetos são inclusivos e acessíveis, e se nossas regras são justas e generosas com todos os que fazem parte de nossa cadeia de produtos, sejam eles fornecedores, produtores ou consumidores.

Adicionalmente, a construção de parcerias efetivas e complementares englobando redes de conhecimento como as universidades e a NICOLE nos projetos de GAC não só promovem como aceleram a adoção da circularidade, através de estudos técnicos e por serem espaço de intercâmbio de ideias e o estabelecimento de sinergias criativas para desafios comuns.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este White Paper, a proposta do grupo de trabalho Economia Circular da rede NICOLE Latin America, foi de apresentar de forma pedagógica e resumida os principais conceitos e escolas de pensamento que constituem aquilo a que hoje se dá o nome de Economia Circular. Este conceito vem ganhando muito popularidade nos últimos anos, não apenas no Brasil como no resto do mundo, e em particular na Europa, como forma de implementar nas sociedades atuais um modelo de produção e de consumo mais sustentável traduzindo na prática o próprio conceito de desenvolvimento sustentável.

Neste documento, a Economia Circular foi abordada pelo prisma da gestão de áreas contaminadas, tema que reúne os membros deste grupo de trabalho, com o objetivo de construir uma passarela entre os dois temas e de trazer um panorama de algumas práticas da economia circular que poderiam ser integradas em projetos de GAC para passarmos de um paradigma de remediação sustentável a um paradigma de prevenção. Assim, a nossa aposta é que o leitor, mesmo se tratando de um primeiro contato com o tema, tenha compreendido um pouco sobre o universo conceitual da Economia Circular, assim como tenha encontrado as primeiras pistas de reflexão sobre possíveis estratégias de circularidade em projetos de GAC.

Tal como o conceito de desenvolvimento sustentável, algumas das práticas propostas pela economia circular foram teorizadas há várias décadas, no entanto, com o advento das sociedades de consumo, estas práticas não lograram tornar-se o paradigma de produção. Pelo contrário, ao longo destes 50 anos o modelo “extrair, produzir, consumir e descartar” consolidou-se e tornou-se o status quo dos nossos modelos de produção e consumo, levando a um agravamento da degradação ambiental e o aumento considerável dos resíduos.

Foi o aumento exponencial da geração de resíduos nas décadas de 80 e 90 que trouxe visibilidade para o tema do GAC, levando os órgãos públicos e outros atores a investir voluptuosamente em projetos de descontaminação, mas que apresentavam baixa eficiência tendo em conta a complexidade que este processo implicava. Sentiu-se assim a necessidade de fazer evoluir as abordagens tradicionais de remediação de maneira a incluir outros critérios que teriam em conta não apenas os benefícios econômicos, mas também ambientais e sociais. Passados 30 anos, continua a ser necessário repensar o GAC e passar de um paradigma de sustentabilidade para um paradigma de economia circular: integração de critérios de sustentabilidade no modelo de negócios e, *in fine*, repensar estes modelos para serem regenerativos por intenção.

O trabalho realizado confirma então o ponto de partida que levou à redação deste White Paper em primeiro lugar, o da insuficiência ou ausência de literatura associando a economia circular e o GAC. Mesmo na prática, através das entrevistas realizadas, o que se verifica é que a economia circular tem vindo a ser progressivamente integrada em alguns

projetos de GAC, e o nosso objetivo foi também o de ilustrar essas práticas, mas que se tratam ainda de práticas isoladas e pontuais sem uma real estruturação deste tema ou de estratégias para aprofundar a circularidade no GAC.

Aliás, para além da falta de estratégias circulares no tecido empresarial, do que se trata antes demais é da ausência de uma estratégia e visão globais neste setor. Uma verdadeira ação estrutural passa antes de mais por um conjunto de estratégias transversais à economia circular (como por exemplo de políticas públicas, inovação e desenvolvimento, existência de plataformas ou *clusters*) acompanhadas de estratégias específicas como a simbiose industrial ou a existência regulação específica que permitam aprofundar a circularidade ao nível do setor das áreas contaminadas. Estes pontos, nomeadamente da visão e estratégias para aprofundar a circularidade no GAC, e outros, serão desenvolvidos em trabalhos posteriores deste grupo de trabalho como mencionamos na introdução, contudo, algumas pistas puderam ser identificadas como primeiro passo para continuar a avançar com esta agenda.

Este primeiro trabalho, permitiu-nos chegar a duas grandes conclusões. A primeira é de que a atuação de forma conjunta assim como a existência de redes de discussão do tema como a rede NICOLE constituem um ponto de partida essencial para o aprofundamento deste tema e para repensar continuamente os projetos de GAC. Outra conclusão importante, e que ocupou grande parte deste documento, foi o entendimento de que a prevenção continua a ser o melhor meio de combater a contaminação dos solos e a poluição. “O melhor resíduo é aquele que não é gerado”, tornou-se quase o *slogan* da economia circular nos últimos anos. Grande parte do trabalho de prevenção passa pela ação a montante do GAC, daí termos consagrado um item ao tema dos 8Rs, que não são necessariamente aplicados ao projeto de GAC, mas a serem aplicados de forma mais ampla na sociedade em geral com o objetivo de prevenir o mais possível a produção de resíduos e tornar as atividades económicas regenerativas por intenção.

Assim, esperamos que tanto o referencial teórico, quanto as iniciativas apresentadas sirvam como o ponto de partida para uma discussão mais aprofundada da economia circular no GAC. É responsabilidade de cada um de nós, que atua diariamente no gerenciamento de área contaminadas, trazer os conceitos aqui apresentados para a nossa prática diária e grupos de trabalho. E sem dúvida, a rede NICOLE, por congrega diversos setores, se faz um importante local onde é possível discutir ideias, repensar modos de atuação, construir alianças entre tantas outras sinergias necessárias à efetiva implementação da economia circular no GAC de maneira estruturada e não apenas como ações isoladas.

7 AGRADECIMENTOS

Nosso agradecimento especial a todos que aceitaram participar das entrevistas e doaram seu tempo, pensamentos, iniciativas e ideias com o grupo de trabalho de Economia Circular da NICOLE *Latin America*.

ANA PAULA DOMINGUEZ
DA COSTA

Gerente de Meio Ambiente e
Sustentabilidade
Benx Incorporadora



“Existe uma tendência geral de adoção de medidas ambientalmente corretas. Com o avanço tecnológico o custo de implantação dessas medidas será mais viável.”

ANDRÉ HORI

Sócio Diretor
A2J Consultoria Ambiental



“Entendo que cada vez mais os sistemas de remediação serão sustentáveis, através de energias renováveis, reuso de água e reaproveitamento de produtos químicos que eram descartados.”

CHRISTIANE
MENEGARIO

Gerente de Legalização e
Meio Ambiente
Cyrela



“Imagino que deveriam ter incentivos financeiros para as empresas que implementam práticas sustentáveis.”

DIOGO IMANISHI

Sócio proprietário da
Reconditec



“Os projetos onde o cliente concede abertura para a nós participarmos da conceitualização, desenvolvimento e planejamento do projeto, possibilitam maior troca de ideias e acabam por ser mais inovadores, produtivos e sustentáveis.”

EVANDRO LEITE

Principal Consultant na
ERM



“O ideal seria o cliente e a consultoria sempre estarem alinhados e discutindo as metas de sustentabilidade das empresas para garantir que os serviços estejam de acordo com o que está na agenda ambiental do cliente.”

GIOVANA MONTEIRO
GOMES

Pesquisadora de Pós-
Doutorado na Universidade
Técnica da Dinamarca
(DTU)



“Na Economia Circular nenhum indivíduo ou organização alcança resultados sozinho. Para caminharmos, de fato, na direção da transição circular, é necessário colaboração e construção de uma rede de valor em prol da circularidade.”

JOÃO PAULO TOLEDO

Sócio Diretor
A2J Consultoria Ambiental



“Aos bons exemplos! De maneira macro, o próprio conceito de reutilização de áreas contaminadas está alinhado aos conceitos de economia circular.”

KALINKA UMLAUF

Especialista Em Áreas
Contaminadas da EZTEC



“Tenho expectativas positivas para o GAC nos próximos anos, através da introdução de tecnologias mais limpas e do estabelecimento de um plano diretor que incentiva a ocupação de antigas áreas industriais.”

PALOMA CARVALHO

Remediation Senior Project
Manager na Corteva



“A principal forma da indústria influenciar as boas práticas é através dos bons exemplos!”

RENATA PEDRAN

Diretora Executiva na
ARAGON PERFURAÇÕES E
SONDAGENS



“No Brasil, ainda estamos engatinhando nesses conceitos, as empresas não aceitam e não enxergam valor agregado, muitas empresas ainda priorizam o ganho financeiro a atuar de forma responsável. Mas, tenho visto mudanças de paradigmas, a indústria está ficando mais especializada e interessada, acredito que a longo prazo veremos grandes mudanças acontecendo.”

SANDRO DONNINI
MANCINI

Professor Universitário na
UNESP (Sorocaba-SP)



“A tendência é que economia circular e seus conceitos sejam implantados em diversos projetos, não somente em remediação.”

8 REFERÊNCIAS

ABAL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. Reciclagem no Brasil. <https://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/reciclagem-no-brasil/>. Acesso em 06/04/2021.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT ISO 14062: Gestão ambiental – Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANNETTI, B. F. Ecologia Industrial: conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher; 2006.

AYRES RU, VAN DEN BERGH JCJM. A theory of economic growth with material/energy resources and Benkler, Y. The unselfish gene. *Harvard Business Review* 89(7/8): 77–85. 2011.

BAREZI, A.. Design Circular Na Remediação Ambiental – Uma Avaliação de Cenários para a Transformação de Passivos em Ativos. Monografia de conclusão do curso da Pós-Graduação Latu Sensu – Gestão Estratégica da Sustentabilidade. FIA - Fundação Instituto de Administração. São Paulo, 2020.

BARROS, L, H, S. Requalificação dos aterros desativados (brownfields) no município de São Paulo: Parques (greenfields) Raposo Tavares e Jardim Primavera. p. 403, 2011.

BORCHARDT, M. et al.. Artigo Considerações sobre ecodesign: um estudo de caso na indústria eletrônica automotiva. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PPGEPS, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo - RS, Brasil. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/df6xhdnTrp9SphkwTJBY3gR/?lang=pt>. Último acesso em: 10/07/2022.

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W.. Cradle to Cradle - criar e reciclar ilimitadamente. Editora Gustavo Gili Brasil, 2013

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Decisão de Diretoria no 038/2017/C, de 07 fevereiro de 2017. Diário Oficial Estado de São Paulo - Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), v. 127, n. 28, p. 47–52, 2017.

CHEMISTRY INNOVATION KNOWLEDGE TRANSFER NETWORK - Figura com Tabela periódica com elementos em ameaça de extinção em destaque. Disponível em: <https://www.acs.org/greenchemistry/research-innovation/endangered-elements.html> Último acesso em: 10/07/2022.

CIRCLE ECONOMY. The Circularity Gap Report, 2022. Disponível em: <https://www.circularity-gap.world/2022#Download-the-report>

CLARK, J., From waste to wealth using green chemistry, University of York, ENAIQ, 2021. Acesso em fevereiro de 2022, Disponível em: <https://youtu.be/KxqX2-HavE>

COMMON FORUM e NICOLE. Land Stewardship - Investing in the Natural, Social and Economic Capital of Industrial Land. [s.l: s.n.], 2020.

ECYCLE: Ecodesign: o que é, princípios e importância. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/8179-ecodesign.html> > Último acesso em: 29/07/2023.

ECYCLE: O que é ecologia industrial? Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/ecologia-industrial/> > Último acesso em: 07/08/2023.

EKINS, P., et al. "The Circular Economy: What, Why, How and Where", Background paper for an OECD/EC Workshop on 5 July 2019 within the workshop series "Managing environmental and energy transitions for regions and cities", Paris.

EMF - ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Conceitos. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>. Último acesso em: 29/07/2023.

ERKMAN, S., RAMASWAMY, R., Applied Industrial Ecology: a new platform for planning sustainable societies. Bangalore: Aicra Publishers, 2003. Disponível em <http://www.roionline.org/bookchapters.php?bid=1> Acesso em 16 de setembro de 2020.

Forbes ESG. <https://forbes.com.br/forbesesg/2021/03/conheca-7-empresas-com-atuacao-no-brasil-que-estao-empenhadas-em-reduzir-o-consumo-de-agua/>. Acesso em 27 de agosto de 2021.

HABERL, H., et. al, V. A sociometabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation, Published online at <http://www3.interscience.wiley.com/journal/122272391/abstract>, January 2011.

IDEIA CIRCULAR. Curso: Economia Circular na Prática: entenda, desenhe, transforme. Cursado em 2021. Ideia Circular, 2015.

ISIE - INTERNATIONAL SOCIETY FOR INDUSTRIAL ECOLOGY, Rising to global challenges, 25 years of Industrial Ecology, 2015

ISO 18504:2017 (E) - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Soil quality - Sustainable remediation. v. 2017

ISRS - INDUSTRIAL SYMBIOSIS, RESEARCH SYMPOSIUM, Activity report, University of Lausanne 4 to 6 July 2015.

KIPERSTOK, ASHER, Prata da casa, construindo produção limpa na Bahia, TECLIM, UFBA, Salvador, 2008.

KIRCHHERR et al., 2017. Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions. SSRN Electronic Journal. 127. 10.2139/ssrn.3037579.

LALLY, P., *et al.* How are habits formed: Modeling habit formation in the real world. <https://doi.org/10.1002/ejsp.674>. European Journal of Social Psychology. v.40. Issue 6. July 2009.

LOMBARDI, D. R. AND LAYBOURN, P. Redefining Industrial Symbiosis. Crossing Academic-Practitioner Boundaries. Journal of Industrial Ecology, Vol. 16, Nº 1, 2012.

MARTINS, Gleison Hidalgo et al. Projeto de redução do desperdício de matéria-prima: estudo de caso na indústria de embalagens de papel no Brasil. Revista de Gestão de Projetos, v. 4, n. 3, p. 141-167, set./dez. 2013.

NEILL, D.W.O, FANNING, A. L. LAMB, W. F. AND STEINBERGER, J. K. A good life for all within planetary boundaries, Article accepted for publication in Nature Sustainability, January 201

NICOLE Latin America, Workshop de Economia Circular em São Paulo: Redesenvolvimento de sites industriais sob o escopo da economia circular: Valoração de recursos e abordagens territoriais, Março, 2020.

PETRONI, A., CAMPO, M. C., AZEVEDO, F. S.. Análise de Ciclo de Vida (ACV). UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” Faculdade de Engenharia de Bauru. Bauru/SP, 2015

POPULATION MATTERS. Figura com a projeção de utilização de recursos naturais equivalente em “Terras” em 2050. Disponível em: <https://populationmatters.org/the-facts/>. Último acesso em: 22/05/2022.

RSA - RENAISSANCE SOCIETY OF AMERICA. 2013 The Great Recovery Project. Acessado online em 09/08/2022 <http://www.greatrecovery.org.uk/resources/the-great-recovery-report/>

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. [s.l: s.n.].

SÁNCHEZ, L. E. Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas. n. September 2004, 2016.

SÁNCHEZ., L. E. Desengenharia. O passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. Encyclopedia of Environment and Society, p. 1–5, 2001.

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre Gestão dos Resíduos Sólidos. Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Último acesso: 05/08/2023.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – painel com dados de 2021 sobre o manejo dos resíduos sólidos urbanos 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/rs>. Último acesso: 05/08/2023.

STOCK ADOBE FREE. Disponível em: <https://stock.adobe.com/br/free>. Acesso em julho de 2023.

SURF UK - The Sustainable Remediation Forum for the UK. Supplementary Report 1 of the SuRF-UK Framework: A General Approach to Sustainability Assessment for Use in Achieving Sustainable Remediation Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE). [s.l: s.n.], 2020a.

SURF UK- The Sustainable Remediation Forum for the UK Supplementary Report 2 of the SuRF-UK Framework: Selection of Indicators/Criteria for Use in Sustainability Assessment for Achieving Sustainable Remediation Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE). [s.l: s.n.], 2020b.

SURF UK- The Sustainable Remediation Forum for the UK. Sustainable Remediation White Paper — Integrating Sustainable Principles, Practices, and Metrics into Remediation Projects. 2009

TANIMOTO, A. H. A economia medida pela Análise de Fluxo de Massa (AFM): A desmaterialização da economia nos países desenvolvidos sustentada pelos recursos naturais dos países emergentes, a exemplo do Brasil. Brasília, 2010. 154p.

THE NATURE CONSERVANCY. The Science of Sustainability Exploring a Unified Path for Development and Conservation 2018. Disponível em:

https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/TNC_TheScienceOfSustainability_04.pdf. Último acesso: 05/08/2023.

UNITED NATIONS – DESA - Department of Economic and Social Affairs – Population Division. World Population Prospects, 2022. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/900>. Último acesso: 05/08/2023.

WIT, M. DE et al. The Circularity Gap Report: Closing the Circularity Gap in a 9% World. Circle Economy, p. 56, 2019.

Zero Waste France NGO. <https://www.zerowastefrance.org/en/the-association/vision/> Acesso em 27 de agosto de 2021.

9 APÊNDICES

9.1 Os 8Rs

Autoras: Giovana Moser e Suzana Kraus

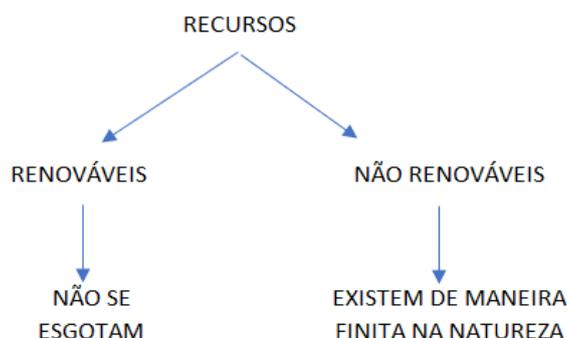
Em junho de 1992, foi realizada no Rio de Janeiro a Conferência sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (UNCED), que contou com mais de 70 países e abordou temas sobre o desenvolvimento sustentável, resultando na produção da Agenda 21.

Nesse contexto emergiu o conceito dos 3Rs: reduzir, reutilizar e reciclar. Os 3 Rs, trazem embutidos em si duas preocupações ambientais de grande valia. A primeira refere-se à noção de que os recursos ambientais são finitos. A segunda está relacionada à disposição de resíduos no meio ambiente e suas consequências.

A produção industrial e de bens de consumo depende fundamentalmente de matérias primas retiradas da natureza. São elementos de caráter físico e biológico como solo, plantas, animais e minerais. O próprio oxigênio que respiramos é um elemento que envolve elementos naturais como a conversão de gás carbônico em oxigênio, realizado por seres fotossintéticos (Barbieri, 2007).

Os recursos naturais são tradicionalmente classificados em renováveis e não renováveis. São classificados como renováveis os recursos que podem ser obtidos indefinidamente a partir de uma mesma fonte. Consideram-se como não renováveis os recursos que possuem uma quantidade finita e que, dependendo da forma como são explorados, irão se esgotar (Barbieri, 2007). Assim, a energia solar pode ser considerada como uma fonte renovável de energia, uma vez que por mais que seja utilizada ela não irá se esgotar. Em contrapartida, o petróleo é considerado um recurso não renovável, uma vez que a sua disponibilidade na natureza é finita e limitada.

Figura 1. Divisão de recursos naturais entre renováveis e não renováveis.



Fonte: Produção própria

Outro exemplo, classicamente definido como recurso renovável, é a água. Entretanto, sabe-se que dependendo da sua distribuição, da sua utilização e principalmente de sua

qualidade, que pode ser facilmente alterada devido à poluição, esse recurso passa a ser finito. Assim, é fácil entender que recursos essenciais à manutenção da vida em nosso planeta podem se esgotar. É fácil compreender que características comuns da nossa sociedade moderna podem comprometer a disponibilidade de recursos naturais, uma vez que demandam grande quantidade de matéria prima. Podem ser destacados: 1) alto nível de industrialização; 2) consumo exagerado; e 3) obsolescência programada dos produtos.

Obviamente, as atividades de extração de matérias primas e a produção de bens de consumo geram resíduos. Em um passado não tão distante, a disposição de resíduos no solo e em cursos d'água e o lançamento de poluentes atmosféricos eram práticas comuns e advinham do conceito de que a natureza era capaz de absorver esses impactos e se autodepurar. A observação mais atenta dessas práticas mostrou que essa capacidade de autodepuração do meio depende enormemente da carga aplicada e que importantes impactos podem ser observados. Algumas situações emblemáticas lançaram luz sobre essa temática. Entre eles pode-se citar o caso do Love Canal e o icônico livro lançado por Rachel Carson: "Primavera Silenciosa".

Indiscutivelmente, a disposição de resíduo de maneira descuidada pode levar à poluição do meio e diminuição na disponibilidade de recursos, como discutido anteriormente, no caso da água. Outro aspecto importante refere-se aos impactos à saúde humana, observados nos casos de contaminação e ocupações indevidas de áreas com solo e água subterrâneas contaminadas.

Nesse contexto, a prática dos 3Rs traz em si a possibilidade de diminuir a pressão de extração de novos recursos e reduzir o consumo de produtos. Além disso, ela propõe a reutilização e reciclagem dos produtos já existentes, levando à redução de resíduos a serem dispostos da forma tradicional no meio ambiente. Dessa forma os 3Rs são uma importante ferramenta de desenvolvimento sustentável que apoia os pilares social, econômico e ambiental.

O grau de importância de cada um dos 3Rs é diferente e pode-se dizer que "reduzir" é o princípio mais importante dos três. Isso porque essa é a prática capaz de diminuir drasticamente os impactos adversos no meio ambiente. Ela pressupõe que a diminuição no consumo levaria a uma maior preservação das matérias primas naturais. Além disso, a diminuição na geração de resíduos preservaria a qualidade ambiental. Em seguida, tem-se o conceito da reutilização e por último a reciclagem. A reutilização ganha importância frente à reciclagem, uma vez que transformar o produto (ou seja, reciclá-lo) pode envolver gastos energéticos e consumo de materiais.

Figura 2. Priorização dos 3R's.



Além da importância de cada um dos Rs, a forma como eles podem ser aplicados muda conforme o cenário em que estão inseridos. O modelo de consumo têxtil, por exemplo, vem sofrendo bastante mudanças nos últimos anos. A produção antes dos anos 50 era caseira, consciente e comumente realizada por artesãos para consumo local. A partir dos anos 60 os processos produtivos começaram a acontecer em larga escala, mais industrializados e com maior variedade de tecidos. O conceito de *fast fashion* surgiu nos anos 90 e trouxe preços mais acessíveis e qualidade inferior dos tecidos, tornando os produtos menos duráveis e, conseqüentemente, mais descartáveis. Entre outros problemas, o aumento na produção de lixo têxtil foi consequência disso. As discussões sobre consumo consciente têm aumentado cada vez mais, mas ainda são pequenas quando comparadas à velocidade de produção e consumo na sociedade atual. Nesse contexto, alternativas como brechós e customização são exemplos de reuso e redução de produtos.

Pequenas mudanças diárias podem gerar grandes impactos no dia a dia e isso também se aplica a empresas e a forma como produzem seus produtos e realizam seus serviços. O dia 22 de março é o Dia Mundial da Água, instituído pela ONU em 1993, e tem como objetivo a educação sobre a preservação desse recurso, bem como o consumo consciente e implementação de ações para combater o desperdício. Desde essa data, empresas ao redor do mundo tem se mostrado engajadas nessa causa. Um exemplo é a Mondelez Internacional, uma das maiores fábricas alimentícias do mundo, que conseguiu economizar mais de 36 milhões de litros de água em 2020 somente no Brasil (Forbes, 2021). Programas de melhoria de processos, manutenção adequada de equipamentos e reuso de água estão entre as iniciativas que possibilitaram esse resultado nessa empresa.

Dessa forma, é possível concluir que pequenas e grandes ações podem e devem ser implementadas desde as menores atividades diárias até grandes processos fabris. A importância da redução do consumo e da reutilização de produtos fica evidente quando se analisa a velocidade de produção atual e a quantidade de lixo gerada. Essa relação entre consumo e seus impactos ambientais não é sustentável e, por isso, deve-se adotar medidas visando a proteção do meio ambiente e da sociedade.

Com o passar dos anos e a evolução do conceito dos 3Rs, ficou evidente a necessidade de atualizar essa lista e criou-se o conceito dos 8Rs: repensar, reparar, reutilizar, reduzir, recusar, reciclar, reparar e repassar. Nessa nova versão, fica evidente a ênfase em reutilizar produtos e dar novos usos a eles, mesmo que esses não passem por uma modificação física ou química, como no caso da reciclagem. Dessa forma, é possível reduzir o custo e ainda assim manter o produto na cadeia de consumo.

Repensar

O primeiro passo dos 8Rs é repensar sobre hábitos cotidianos, visando a mudança da cultura. É preciso um exercício diário e grande esforço pessoal para que uma nova atividade ou habilidade se torne um hábito. Estima-se que o tempo médio necessário para

que novos comportamentos sejam incluídos na nossa rotina é de aproximadamente 2 meses, porém dependendo do nível de mudança pessoal necessária, esse tempo pode aumentar até mais de 250 dias (Lally, 2009).

Conclui-se, portanto, que a mudança de comportamento não é simples, mas tem grande impacto na obtenção de bons resultados.

Como exemplo de “repensar”, pode-se citar as novas formas de shampoo em barras ou detergentes de louça em pastilha, ao invés de embalagens plásticas. Ambos esses produtos estão no nosso dia a dia há muitos anos e a quantidade de marcas em embalagens ditas tradicionais é maior do que as marcas mais conscientes. Além disso, é comum que existam marcas mais tradicionais com as quais já estamos acostumados a trabalhar. Ainda assim, vale a pena buscar por essas alternativas que têm menor uso de plástico. Essa mudança de hábito pode parecer simples para algumas pessoas mas é complexa para muitas outras, quando se trata de hábitos cotidianos.

Reparar

O ato de reparar ou arrumar um objeto possibilita que ele seja usado por mais tempo e, dessa forma, não seja descartado antes do necessário. Exemplos de reparo mais comuns são conserto de roupa e acessórios, troca de peças em aparelhos telefônicos ou eletrodomésticos ou ainda manutenção de móveis. Todas essas práticas possibilitam o uso por mais tempo de determinado produto. Além disso, quando esses reparos são realizados, existe um sentimento de conquista em desmontar, consertar e remontar o eletrodoméstico, por exemplo.

O que tem acontecido, infelizmente, é que os produtos atualmente não são feitos para durar muito tempo. Sua produção com peças frágeis ou muito específicas, se tornando caras de serem reparadas, acabam dificultando o processo de reparo, sendo mais fácil optar pela compra de um novo produto. Os eletrodomésticos de antigamente, por exemplo, costumavam durar muitos anos, às vezes décadas, enquanto os atuais duram em torno de quatro anos até começarem a dar problema. Em pouco tempo, fica mais vantajoso financeiramente comprar aquela geladeira nova do que consertar a sua “antiga” que dá problema uma vez por ano, ou que consome muita energia.

Ainda que o processo de produção pareça ir contra a cultura da economia circular, é importante que todos façam o que está ao seu alcance para transformar isso.

Recuperar

Quando se fala em recuperar um produto, fala-se em voltar a colocá-lo em uso. Se o produto está em boas condições de uso, porém não está sendo utilizado por algum motivo, ele pode ser doado para que outra pessoa possa usá-lo. Evita-se, dessa forma, que a pessoa que recebeu a doação precise comprar esse produto.

Repassar

Conforme citado no item acima, repassar significa dar um outro lar a um produto que esteja parado, sem uso, em uma residência, por exemplo. Esse produto não sofre alteração de função mas pode ter passado por algum reparo para que esteja em bom estado para a futura utilização. Doação de roupas, por exemplo, se enquadra nesse conceito, pois pode ter passado por conserto ou ajuste e foi então doado ou disponibilizado em brechós para um outro dono.

Reduzir

O mais importante dos 3Rs, reduzir significa diminuir o consumo de matéria prima e de geração de resíduos. Reduzir o consumo de matéria prima está associado a tornar um recurso renovável disponível por mais tempo no planeta. A redução pode também ser encarada do ponto de vista monetário, uma vez que a diminuição na utilização do recurso provoca economias dentro de um sistema. O conceito de redução está também associado à diminuição na geração de resíduos, questão importante quando consideradas as dificuldades de disposição adequadas dos resíduos, custos associados a esse processo, capacidade finita de recebimento de materiais em aterros sanitários, além das degradações ambientais, sociais, das condições de saúde e da paisagem.

Assim, a aplicação do conceito de redução traz grandes vantagens. Pode-se dizer que ele aumenta o tempo em que um recurso finito pode estar disponível e diminui a pressão ambiental, uma vez que reduz atividades extrativistas e minimiza a geração de resíduos. Um exemplo de redução é o aumento da eficiência em processos produtivos. Martins *et al* (2013) apresentaram o impacto da redução do uso de matéria prima em uma indústria de embalagem, através da manutenção dos equipamentos de produção. Com essa medida foi possível diminuir quase 9% o consumo de matéria prima e, portanto, o custo de produção, elevando assim a margem da empresa. Esse dado mostra como pequenas ações podem ser importantes na redução do consumo. É importante ressaltar que o impacto dessa redução vai muito além dos ganhos observados na própria empresa. Isso porque a diminuição da extração da matéria prima e possíveis impactos indesejados em sua produção se somam aos benefícios observados na empresa.

Reutilizar

A ação de reutilizar significa poder dar uma nova utilidade a um objeto/material que normalmente seria descartado. Assim, sua vida útil é prolongada e todos os impactos adversos da produção de um novo material deixam de ocorrer. Na reutilização, o produto pode ser utilizado para o mesmo fim ou para outros, mas sem que ocorra a transformação dele. Um exemplo disso são os vasilhames retornáveis de vidro. A mesma embalagem é utilizada diversas vezes após um processo de higienização. Outro exemplo é a reutilização de água da chuva, em que a água coletada em calhas e telhados pode ser usada como rega de jardins e lavagem de pátios, após um processo simplificado de tratamento que envolve uma filtração e cloração.

Apesar dessas iniciativas serem amplamente usadas e trazerem resultados positivos, a reutilização de produtos tem suas limitações. Por exemplo, uma fábrica de produtos químicos que está desativada e precisa ser demolida pode servir como fonte de concreto a ser reutilizada para pavimentação ou outros fins. Nesse exemplo, é necessário que haja um estudo para garantir que esse concreto não esteja contaminado e que o seu transporte seja feito com os devidos cuidados. Além de questões de contaminação, também é necessário verificar se a reutilização de determinados produtos é permitida legalmente, se impacta de alguma forma sua qualidade ou se apresenta algum risco à saúde e à segurança humana e do meio ambiente.

Recusar

Esse conceito é auto explicativo e implica na recusa de itens que não são necessários ou que são facilmente substituíveis. Alguns exemplos práticos: canudos são o mais clássico exemplo de algo que não tem utilidade para grande parte da população; sacolas plásticas de mercado podem ser substituídas por sacolas retornáveis, caixas de papelão ou uma mochila; bexigas ou balões plásticos de aniversários são dispensáveis, uma vez que a decoração pode ser feita com uma infinidade de outros acessórios e ainda assim ter um efeito lindo na decoração da festa. Seja qual for o material utilizado, o objetivo é evitar que produtos desnecessários entrem em circulação e sejam descartados logo após seu breve uso.

Reciclar

A reciclagem é o processo de transformação de um produto ou material para que ele possa ser utilizado para outros fins. Ela se difere da reutilização, justamente porque passa por um processo de transformação. Dentre os 8Rs, esse é o menos nobre, uma vez que envolve a utilização de mais recursos naturais (energia, água e a possível adição de outros materiais) para que ele ocorra. Entretanto, é importante ressaltar que a reciclagem é uma importante ferramenta de aumento de vida útil de aterros sanitários e minimização de produção de resíduos.

Um exemplo da importância da reciclagem no Brasil está nas indústrias de alumínio. Esse metal pode ser reciclado inúmeras vezes sem perder suas características, o que não ocorre com outros metais. Quando fundido, pode ser empregado na produção de novos produtos, como latinhas, esquadrias, componentes automotivos, entre outros. A reciclagem de alumínio no Brasil funciona em excelentes níveis. Em 2014, 38,5% do alumínio empregado no consumo doméstico brasileiro foi reciclado, enquanto a média mundial é de 27,1% (ABAL, 2021).

Outros materiais, no entanto, apresentam mais desafios para serem reciclados. O plástico foi criado em 1920 e, desde então, é amplamente utilizado em diversas formas e possui diferentes composições químicas. Ao longo dos anos, tipos de plásticos foram criados e assim surgiu a divisão entre termoplásticos, que podem ser reciclados, e os termorrígidos (ou termofixos), que não podem passar por esse processo. Os termoplásticos, quando

aquecidos, têm a capacidade de mudar de forma e, portanto, poder dar origem a outros produtos. Um exemplo são as garrafas PET, que apesar de serem produzidas a partir do petróleo, podem ser recicladas. No entanto, se misturadas a outros materiais, como fibras de algodão, perdem essa característica reciclável.

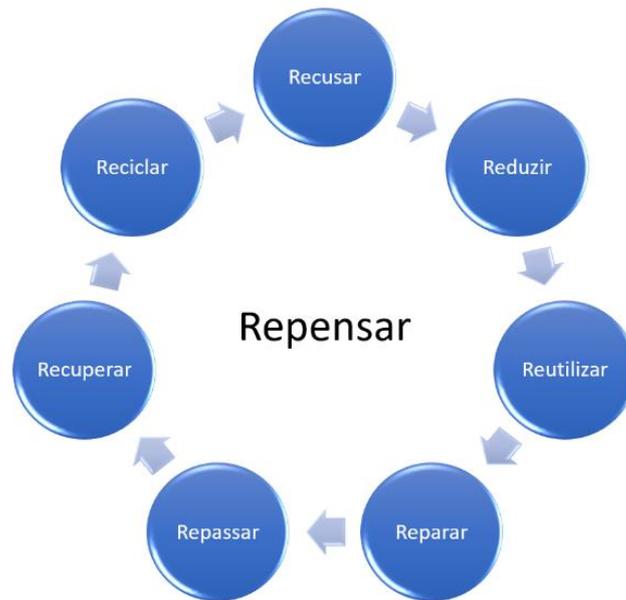
Nesse contexto de transformar o que seria resíduo, surgiu o conceito de *upcycling*. Ou seja, a prática de reciclar materiais dando um uso mais nobre ao uso anterior. A prática surge com a possibilidade de reutilizar materiais que anteriormente seriam descartados. A reciclagem, nesses casos, pode inclusive chegar a níveis moleculares. No Brasil, iniciativas como a do Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNAN), do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Material (CNPEM) vem transformando os resíduos de cana de açúcar da indústria do açúcar e do etanol. Esse resíduo que antes era queimado, passou a ser utilizado na produção de nanocomponentes com alta resistência e elasticidade, que podem ser utilizados na produção de outros materiais. Durante a pandemia do coronavírus, esses materiais foram utilizados na produção de álcool gel, substituindo aditivos químicos, com a vantagem de serem atóxicos, biodegradáveis e provenientes de produtos anteriormente descartados.

Considerações Finais

Os 8Rs podem ser aplicados em qualquer escala, desde a vida cotidiana até cidades e países. É possível ter em mente esses conceitos em todas as etapas do gerenciamento de área contaminadas e implementação de projetos de remediação sustentável. Desde o planejamento urbano, onde é possível ter incentivos na reutilização de áreas contaminadas, até os projetos como desmobilização e redução no consumo de água e energia nas remediações.

Conforme citado nos itens acima, os 8Rs permitem que as pessoas pensem de forma mais consciente em relação ao consumo e produção e provoca diálogos sobre o assunto. A mudança de hábitos não é feita da noite para o dia e, por isso, ter ferramentas que auxiliam nessa reeducação da população é de fundamental importância para que isso ocorra.

Figura 3. Os 8Rs da Economia Circular.



Fonte: Produção própria

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. Reciclagem no Brasil. <https://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/reciclagem-no-brasil/>. Acesso em 06/04/2021.
- Forbes ESG. <https://forbes.com.br/forbesesg/2021/03/conheca-7-empresas-com-atuacao-no-brasil-que-estao-empenhadas-em-reduzir-o-consumo-de-agua/>. Acesso em 27 de agosto de 2021.
- Lally, P., Van Jaarsveld, C. H. M., Potts, H. W. W., Wardle, J. How are habits formed: Modeling habit formation in the real world. <https://doi.org/10.1002/ejsp.674>. European Journal of Social Psychology. v.40. Issue 6. July 2009.
- MARTINS, Gleison Hidalgo Hidalgo et al. Projeto de redução do desperdício de matéria-prima: estudo de caso na indústria de embalagens de papel no Brasil. Revista de Gestão de Projetos, v. 4, n. 3, p. 141-167, set./dez. 2013.
- Zero Waste France NGO. <https://www.zerowastefrance.org/en/the-association/vision/> Acesso em 27 de agosto de 2021.

9.2 Análise do Ciclo de Vida (ACV)

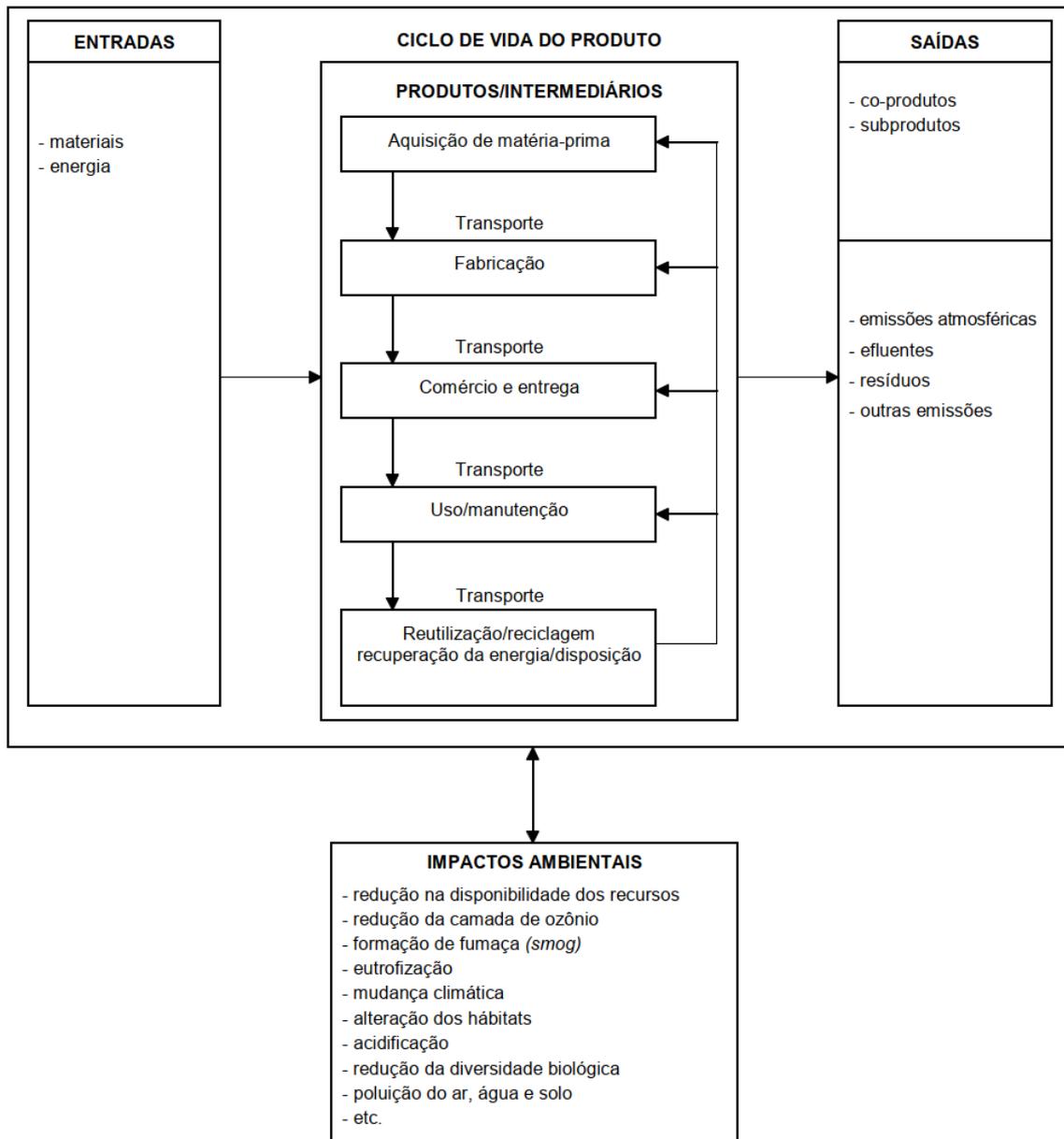
Autora: Bianca Brandizzi

Para conhecer os diferentes impactos do ciclo de vida de um produto e, nomeadamente, sobre quais impactos pode-se agir de modo a reduzir seu impacto global, as empresas podem recorrer àquilo que se chama de análise de ciclo de vida (ACV). A ACV é uma metodologia normalizada que avalia os aspectos e os seus respectivos impactos ambientais positivos e negativos ao longo do ciclo de vida de um produto ou serviço e que serve de ferramenta para a economia circular. A metodologia da ACV pode ser aplicada para o desenvolvimento e melhoria de produtos, gestão de impactos ao longo da produção, marketing ecológico e planejamento estratégico.

A ACV é um instrumento científico qualitativo e quantitativo com o intuito de levantar e interpretar todos os aspectos e impactos potenciais envolvidos em todo o processo; aprimorar o processo produtivo e os produtos de uma empresa; comparar, de uma forma integrada, o desempenho ambiental de seus produtos; auxiliar na tomada de decisões da indústria, do governo e das ONGs, na definição de prioridades e no desenvolvimento de projetos e processos; subsidiar as estratégias de marketing (comparação de produtos rotulagem e declarações ambientais), gerando uma diferenciação na competitividade dos produtos de mercado cada vez mais exigente (Petroni et al, 2015).

Os impactos ambientais de um projeto são determinados por entradas e saídas durante o ciclo de vida: entram matéria-prima e energia e saem emissões atmosféricas, efluentes, resíduos, ruído, vibrações, radiações, calor e subprodutos. A Figura abaixo apresenta as etapas do ciclo de vida, as entradas, as saídas e os impactos ambientais que podem ocorrer ao longo do ciclo de vida de um produto, serviço e projetos em geral.

Figura 1. Etapa do ciclo de vida de um produto com entradas e saídas.



Fonte: ABNT NBR 14062.

O processo de integração dos aspectos ambientais no ciclo de vida do produto e serviço deve ser contínuo, flexível e adaptável, ou seja, ele pode e deve ser continuamente revisado e ajustado promovendo criatividade e maximizando inovações e oportunidades para a melhoria ambiental.

Como base para esta integração, as questões ambientais podem ser contempladas nas políticas e estratégias da organização envolvida. Identificações e planejamentos prévios permitem que organizações tomem decisões efetivas sobre os aspectos ambientais que controlam e entendam melhor como essas decisões podem afetar os aspectos ambientais controlados por outros, por exemplo, na aquisição de matéria-prima ou nos estágios de final de vida do produto ou serviço.

De acordo com, na elaboração de um estudo ACV, os pesquisadores podem:

- Desenvolver uma sistemática avaliação das consequências ambientais associadas com um dado produto
- Analisar os balanços (ganhos/perdas) ambientais associados com um ou mais produtos/processos específicos de modo a que os stakeholders (estado, comunidade, etc.) aceitem uma ação planeada
- Quantificar as descargas ambientais para o ar, água e solo em cada estágio do ciclo de vida e/ou processos e identificar a(s) que mais contribui(em)
- Assistir na identificação de significantes trocas de impactos ambientais entre estágios de ciclo de vida e o meio ambiental.
- Avaliar os efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais para a comunidade local, região e o mundo
- Comparar os impactos ecológicos e na saúde humana entre dois ou mais produtos/processos rivais ou identificar os impactos de um produto ou processo específico
- Identificar impactos em uma ou mais áreas ambientais específicas de interesse.

De acordo com sua forma atual, o ACV constitui uma ferramenta de gestão ambiental. As normas ISO possuem várias normas associadas à condução do ACV:

- Norma ISO 14040: Apresenta os princípios gerais e a metodologia da ACV.
- Norma ISO 14041: Guia para determinar os objetivos e alcances de um estudo de ACV e para realizar a análise de inventário
- Norma ISO 14042: Guia para a realização a fase de avaliação de impacto ambiental de um estudo de ACV.
- Norma ISO 14043: Guia para a avaliação dos resultados do estudo de ACV.
- Norma ISO 14048: Apresenta informações do formato dos dados que servem de base para a avaliação do ciclo de vida.
- Norma ISO 14049: Ilustra com exemplos como aplicar os guias ISO 14041 e ISO 14042

Referências

ABNT ISO/TR 14062. Gestão ambiental – Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos. 2004.

ABNT ISO 14040. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. 2009

PETRONI, A., CAMPO, M. C., AZEVEDO, F. S.. Análise de Ciclo de Vida (ACV). UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” Faculdade de Engenharia de Bauru. Bauru/SP, 2015

9.3 Ecodesign ou Design Circular

Autora: Bianca Brandizzi

Como abordado anteriormente, a economia circular contrasta com o modelo econômico linear uma vez que exige grandes quantidades de recursos naturais a baixo custo e com alto consumo de energia, além de uma obsolescência programada em que produtos são projetados para que se tornem obsoletos e sejam descartados e substituídos o mais rápido possível. Agora que se tem a consciência das consequências negativas da economia linear como um todo, é fundamental que os critérios que definem o que é um bom produto sejam revisados.

Não se pode considerar que um produto é de boa qualidade se ele for tóxico para as pessoas ou para o meio ambiente e se os materiais usados na sua composição se transformam em lixo após o primeiro uso. Por isso, o desenvolvimento de produtos também precisa incluir critérios de circularidade e de saúde humana e ambiental.

Como abordado no capítulo 3, a economia circular é um modelo de produção e de consumo que envolve repensar, reutilizar, reparar e reciclar os materiais e produtos existentes, aumentando o ciclo de vida dos mesmos. Na prática, a economia circular implica na redução do uso de recursos naturais e um desperdício mínimo, resultando, em princípio, num menor impacto ambiental.

Por que o Ecodesign é importante

O ecodesign é uma parte fundamental da economia circular, uma vez que tenta prolongar indefinidamente o valor dos produtos, mantendo-os dentro de um circuito fechado e isento de resíduos. O design com materiais sustentáveis permite que os bens da economia circular terminem sua vida útil em condições de terem novas funções e, portanto, valor.

O Ecodesign deve ser utilizado de forma integrada com a ACV e pode também ser aplicado a projetos e serviços uma vez que a sua abordagem implica em repensar e planejar algo desde o princípio, de forma que, neste documento, será utilizado de forma genérica o termo projeto para que esteja mais alinhado com a proposta do documento.

Dessa maneira, o ecodesign acompanha todo o ciclo de vida do projeto, desde o processo de desenvolvimento até a sua finalização e visa minimizar os impactos ambientais em cada etapa.

Princípios do Ecodesign

De acordo com a abordagem Cradle to Cradle apresentada na seção 3, existem três princípios para o desenho de produtos e sistemas ecoefetivos. Os princípios mimetizam os processos da natureza e tentam buscar nela soluções efetivas e regenerativas. São eles:

- **RESÍDUOS SÃO NUTRIENTES**

Este princípio adota a lógica de que na natureza não existe lixo, os resíduos de uma espécie se tornam alimento para outras e os nutrientes podem circular indefinidamente. Para que este primeiro princípio possa ser aplicado, é importante ter em mente dois critérios: os materiais selecionados devem ser seguros e saudáveis e os materiais devem ser distinguidos em dois ciclos, o técnico ou biológico.

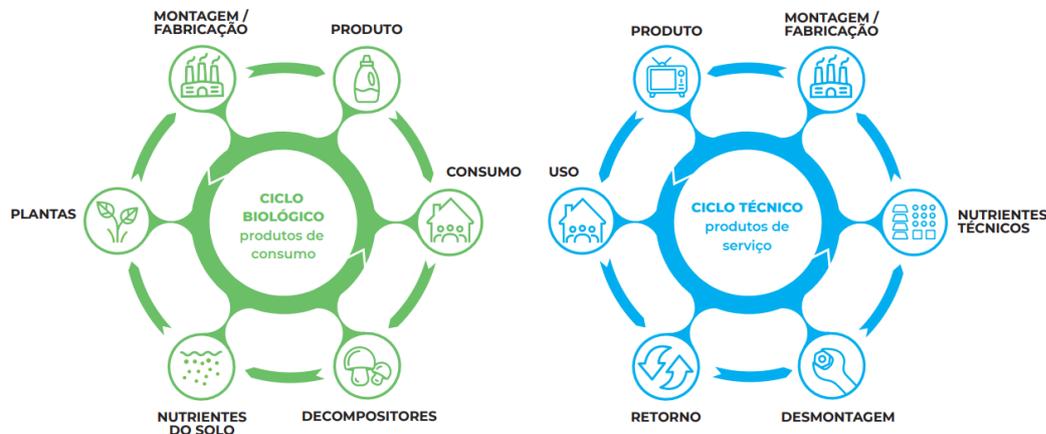
O primeiro critério tem a intenção de selecionar as matérias primas para que tudo que entra na fabricação do produto seja benéfico, não só para o produto, mas para a saúde humana e ambiental. Para isso, é imprescindível conhecer quem são os fornecedores, de onde que os materiais vêm e o que eles contêm. Assim, é possível criar um inventário com todos os elementos do produto e fazer alterações necessárias para garantia de um produto seguro e saudável.

O segundo critério consiste em entender que os materiais estão inseridos em um dentre os dois ciclos: biológico ou técnico. Os materiais no ciclo biológico são materiais que conseguem ser absorvidos pela natureza, por isso é necessário fazer com que esses materiais cheguem à natureza de forma correta para serem degradados biologicamente. Os materiais no ciclo tecnológico são os materiais que não são absorvidos pela natureza de forma natural, dessa maneira é necessário que os usuários utilizem esses produtos o máximo possível e, por esse motivo, é necessário repensar o design de produtos de forma a torná-los mais duradouros ou para que sejam reutilizados em outras indústrias. Esses dois ciclos são apresentados pelo gráfico borboleta criado pela FEM, apresentado na seção 3 deste documento.

Aqui entra o conceito de produtos de serviço, que é quando o usuário não está interessado no produto em si, mas no serviço que ele proporciona. Um exemplo é a máquina de lavar roupa. Os usuários não estão interessados na máquina de lavar em si, nos materiais que a compõem, mas na funcionalidade que ela oferece, que é lavar as roupas. Neste sentido, a posse de todos os materiais que esse eletrodoméstico tem mais valor para indústria. Então, é mais interessante que a indústria tenha a posse desses materiais da máquina em si, e que ela forneça o serviço de lavagem de roupa. Na hora que uma peça quebrar, a empresa faz a manutenção daquela peça. Na hora que uma tecnologia nova surgir, a empresa também pode fornecer essa nova tecnologia e pegar aquela mais antiga de volta, promovendo a recirculação de materiais, idealmente em um ciclo fechado.

O entendimento da separação de materiais nos dois tipos de ciclo é fundamental no momento da concepção e planejamento, no “*design*” do produto, etapa na qual os materiais serão escolhidos. A figura 24 abaixo apresenta os dois ciclos descritos acima.

Figura 2. Ciclos biológicos e técnicos.



Fonte: Curso sobre Economia Circular da Ideia Circular, 2022.

▪ ENERGIA LIMPA E RENOVÁVEL

Neste princípio, a intenção é usar fontes de energia que preservam e sustentam os recursos, sem colocar as pessoas em perigo. Em vez de usar combustíveis fósseis, que levam o carbono do solo para a atmosfera, ou a energia nuclear, que produz resíduos perigosos, opta-se por fontes renováveis, que vão continuar sendo usadas com segurança pelas próximas gerações.

Os seres vivos, os sistemas naturais e planeta como um todo dependem da energia solar para sobreviver e prosperar. A energia solar, assim como a eólica, hídrica ou de biomassa, tem uma entrada constante e infinita e por isso são chamadas de energias renováveis.

No Ecodesign, deve-se ir além da eficiência energética (minimização do consumo e redução de impactos) e do uso de fontes renováveis, o ideal é que a indústria se torne auto-suficiente, ou seja, que produza toda a energia que consome.

▪ DIVERSIDADE

A diversidade é entendida como uma forma de fortalecer os diferentes sistemas e processos existentes em determinados locais. Sistemas mais diversos tendem a ser mais resilientes. Podemos falar em diversidade de espécies, de culturas ou de diversidade de soluções. Hoje em dia, a indústria utiliza soluções universais que oferecem um mesmo produto para um número infinito de condições e costumes locais. No lugar da imposição de um modelo único, o design circular tem o potencial de enriquecer a oferta de produtos

e serviços pensados a partir das particularidades e demandas de cada público ou local de forma ainda a minimizar o uso de recursos e potencializar a funcionalidade do produto ou serviço.

A diversidade, neste princípio, se estende além de soluções, mas também em relação à saúde dos materiais, modelos de recuperação dos nutrientes, diversidade de fontes de energia, diversificação no tratamento da água, diversidade social, etc.

Principais benefícios do Ecodesign

O Ecodesign é uma prática que gera inúmeros benefícios. São eles:

- **Segurança:** na seleção de materiais mais seguros e saudáveis, torna-se todo o ciclo de vida mais seguro às pessoas e ao meio ambiente;
- **Economia financeira:** promove o racionamento e o uso inteligente de recursos, tanto ambientais e consequentemente financeiros. Se o uso de recursos for planejado e otimizado, é garantida a economia. Além disso, a menor quantidade de “saídas”, como resíduos, efluentes e emissões, geram um menor custo com gerenciamento de transporte, tratamento, destinação, entre outros;
- **Atendimento à legislação ambiental:** um dos avanços decorrentes de conquistas do movimento ambientalista e de outros setores da sociedade é a criação de leis e dispositivos de regulamentação ecológica. São exemplos: Lei do Parcelamento do Solo Urbano, da Ação Civil Pública, dos Recursos Hídricos, da Gestão de Florestas Públicas, Novo Código Florestal, Política Nacional dos Resíduos Sólidos;
- **Conquista de mercado:** uma empresa ou profissional que adota o ecodesign como diretriz se destaca dos demais. Isso porque, apesar de ainda não ser uma predominância, a sustentabilidade é uma preocupação crescente dentro dos parâmetros dos novos hábitos de consumo. Dessa maneira, além de agregar valor, ser um profissional com atuação sustentável ajuda na conquista e liderança de mercado;
- **Ecoeficiência:** Refere-se diretamente à performance e eficácia que um produto ou serviço construído nos moldes do ecodesign deve apresentar. Isso porque um dos pilares que estruturam soluções sustentáveis diz respeito diretamente às condições de produtividade e funcionalidade de um projeto. Isso é feito a partir da otimização de recursos investidos e de sua economia;
- **Diferencial competitivo:** Estabelecer diretrizes e meios de produção ou qualquer projeto de ecodesign a partir de um conceito de gestão sustentável torna seu trabalho e serviço diferenciado dos demais. Trata-se de uma forma de produzir

valor agregado ao seu negócio, já que a construção de uma consciência ambiental tem sido cultivada em todas as esferas da sociedade, principalmente no mercado.

Exemplos de Aplicação do Ecodesign

Uso de resíduos como matéria prima – redefinição de valor

Algumas grandes marcas têm aplicado o conceito de ecodesign na remodelagem de seus produtos. Um exemplo é a Adidas que, juntamente com a instituição *Parley Ocean*, criou uma linha de tênis feitos a partir de plásticos recolhidos do oceano.



Fonte: Adidas <<https://www.adidas.com.br/blog/361041>>

Seleção de materiais de baixo impacto e não agressivos ao meio ambiente e à saúde humana

Outro exemplo é o veículo VISION AVTR que a Mercedes-Benz criou para os futuros filmes da franquia Avatar, do diretor James Cameron. Todos os materiais utilizados na produção do carro foram pensados e selecionados de forma a minimizar os impactos ambientais. Os assentos são de fibra da palmeira da Indonésia, o revestimento dos bancos é feito de garrafas plásticas recicladas e o carro é movido a energia elétrica com bateria de grafeno, diferentemente da bateria de lítio convencionalmente utilizada. A bateria de grafeno é feita com base de carbono, e não com materiais pesados e raros como níquel e cobalto.



Fonte: Mercedes-Benz < <https://www.mercedes-benz.com/en/innovation/concept-cars/vision-avtr/> >

Geração de valor com desperdício

O sistema local de tratamento de esgoto disseminado pela OIA (O Instituto Ambiental) auxilia na reciclagem de nutrientes, purificação da água e geração de energia renovável, fechando os ciclos biológicos naturais. O sistema é acessível e de baixo custo, sendo mantido e operado por moradores, e o tratamento proporciona água limpa, subprodutos como biogás e biofertilizante, alimentos para a comunidade, além de apoiar a biodiversidade e contribuir para a saúde pública local.

Seleção de materiais reutilizáveis e recicláveis e logística reversa

A empresa brasileira re.pote oferece uma solução para reduzir a geração de lixo na entrega de refeições, disponibilizando aos restaurantes e consumidores um serviço de logística circular com embalagens reutilizáveis. A empresa realizou diversas pesquisas sobre o material ideal para a produção de embalagens para garantir a resistência e reutilização da embalagem, até escolher o polipropileno (PP), que além de resistente (em média 300 reaproveitamentos), é reciclável, facilmente encontrado no mercado e acessível financeiramente.



Fonte: Re.pote

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT ISO 14062: Gestão ambiental – Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BORCHARDT, M. et al.. Artigo Considerações sobre ecodesign: um estudo de caso na indústria eletrônica automotiva. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PPGEPS, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo - RS, Brasil. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/df6xhdnTrp9SphkwTJBY3gR/?lang=pt>. Último acesso em: 10/07/2022.

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W.. Cradle to Cradle - criar e reciclar ilimitadamente. Editora Gustavo Gili Brasil, 2013

EMF – ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Conceitos. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>. Último acesso em: 29/07/2023.

IDEIA CIRCULAR. Curso: Economia Circular na Prática: entenda, desenhe, transforme. Cursado em 2021. Ideia Circular, 2015.

NICOLE Latin America, Workshop de Economia Circular em São Paulo: Redesenolvimento de sites industriais sob o escopo da economia circular: Valoração de recursos e abordagens territoriais, Março, 2020.

RSA - RENAISSANCE SOCIETY OF AMERICA. 2013 The Great Recovery Project. Acessado online em 09/08/2022 <http://www.greatrecovery.org.uk/resources/the-great-recovery-report/>

9.4 Metabolismo Territorial e Ecologia Industrial

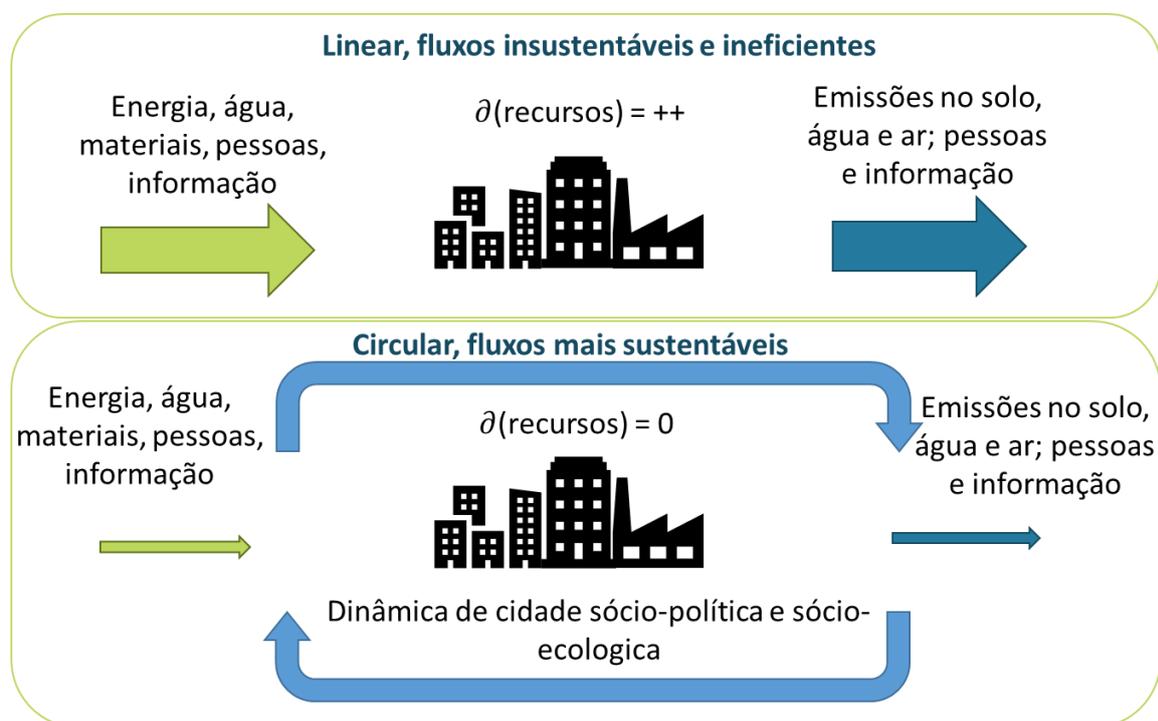
Autora: Beatriz Inês

Outros conceitos de particular relevância no âmbito da economia circular é a noção de metabolismo territorial e de ecologia industrial.

O metabolismo territorial pode ser explicado como a visão integrada sobre os fluxos de energia e recursos que existem num determinado território (NICOLE Latin America, 2020).

A ecologia industrial, por sua vez, apresenta-se como uma orientação para a sociedade rumo a uma economia com propósito de valor e visão sistêmica na regeneração, integração e funcionalidades das cadeias de processos, produtos e serviços. A ecologia industrial (EI) propõe uma forma de negócios coletivos e cooperativos, com benefícios para a humanidade e o planeta, não se restringindo em troca de matéria e energia ou busca de ecoeficiência por um conjunto de técnicas ou tecnologias isoladas. A ecologia industrial se estabelece como mais ampla que tecnologias limpas, ecoeficiência, análise do fluxo de material e energia, desmaterialização, descarbonização ou análise do ciclo de vida de um produto e pode envolver todas estas diretrizes em uma rede de simbioses e colaboração entre diversas organizações e cadeias produtivas, numa visão socioambiental coletiva e inovadora.

Figura 1. Comparação entre fluxos lineares e circulares dentro de um território.



Fonte: Adaptada de: Musango, J.K., Currie, P. & Robinson, B. (2017) *Urban metabolism for resource efficient cities: from theory to implementation*. Paris: UN Environment.

Entendendo a Ecologia Industrial

Robert White, presidente da Academia Nacional de Engenharia (ISIE, 2015) define EI como o estudo dos fluxos de materiais e energia na indústria e atividades de consumo, os efeitos destes fluxos no meio ambiente e as influências econômicas, políticas, regulatórias e sociais nestes fluxos (ISIE, 2015).

Figura 2. Base teórica para pesquisa em ecologia industrial.



Fonte: Clift, R. Druckman, A. *Taking stock of Industrial Ecology* Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, 2016

Deve-se pensar a indústria como inerente a nossa vida cotidiana e de forma mais ampla, não somente a indústria pesada ou de manufatura, que mobiliza recursos e os transforma, engloba, desta forma, a soma total da atividade humana, em uma abordagem coletiva, dotada da habilidade em realizar um trabalho, com engenho e propósito. Nossa casa, por exemplo, é uma mini-indústria, onde estamos o tempo todo consumindo matéria, energia e gerando resíduos, e para onde adquirimos muitos “materiais”. O sistema industrial, segundo ERKMAN (2006), semelhante ao ecossistema natural, consiste essencialmente, em fluxos de materiais, energia e de informação, e depende dos recursos e serviços providos pela biosfera.

A Ecologia Industrial faz uma analogia da ação entre indústrias/empresas com os organismos biológicos que vivem em simbiose, termo da biologia que expressa a forma natural e harmônica de convivência entre seres diferentes e separados, mas que se beneficiam em seus processos de interação.

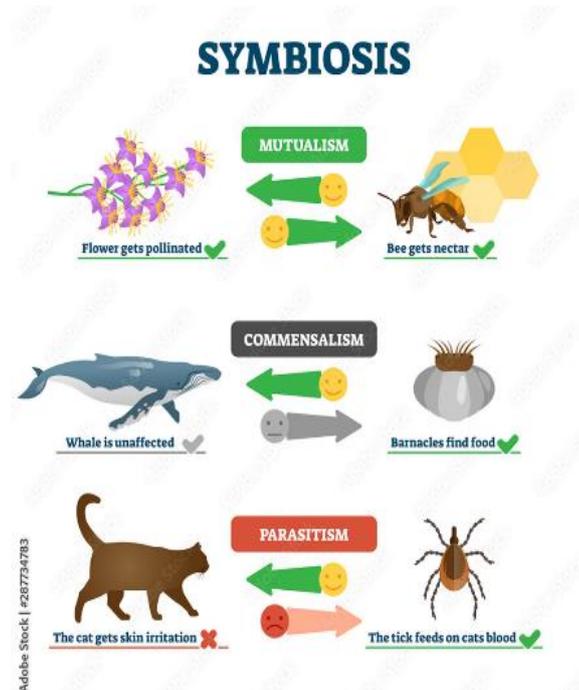
Figura 3. Exemplos de simbiose na natureza.



Fonte: Stock Adobe Free. Disponível em: <https://stock.adobe.com/br/free>. Acesso em julho de 2023.

Para contextualizar a analogia, citam-se algumas espécies e suas relações simbióticas, como o peixe-palhaço e anêmona que possuem uma relação interespecífica, onde as duas espécies obtêm benefícios, de proteção e de alimentos, respectivamente. No caso do crocodilo e o pássaro tarambola, a relação envolve também benefícios mútuos, onde a tarambola encontra comida ao retirá-la dos dentes do crocodilo e este mantém os dentes limpos e saudáveis. Importante revisitar os diferentes conceitos de simbiose da biologia clássica, de mutualismo - benefícios mútuos -, de comensalismo, no qual ocorre benefício de um organismo, sem prejuízo para o outro, e o de parasitismo onde um organismo é beneficiado enquanto o outro é prejudicado.

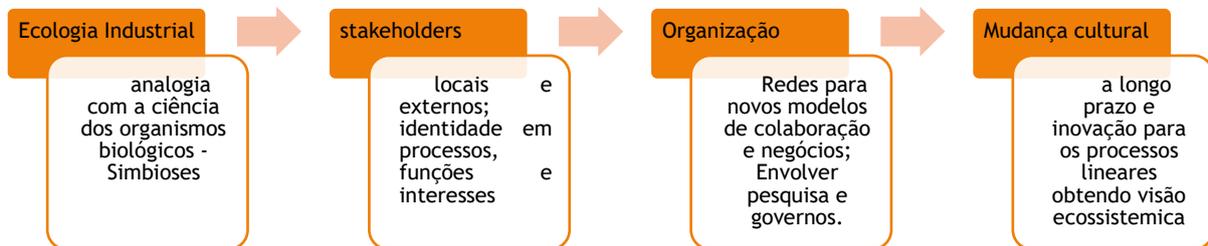
Figura 4. Tipos de simbiose na natureza.



Fonte: Stock Adobe Free. Disponível em: <https://stock.adobe.com/br/free>. Acesso em julho de 2023.

A EI propõe replicar as simbioses da natureza dentro do metabolismo territorial. Muitas vezes, nos Programas Nacionais de Simbiose Industrial (PNSI) para facilitar as sinergias, o benefício para uma parte é a remoção de um problema sem necessariamente transação financeira entre as partes. Como exemplo, encontrar um destinatário para um resíduo perigoso e atingir a meta de zero resíduo perigoso para aterro. Além da eliminação do risco, outros benefícios podem incluir reputação da marca, ganhos econômicos, ambientais ou sociais para as empresas e a comunidade local.

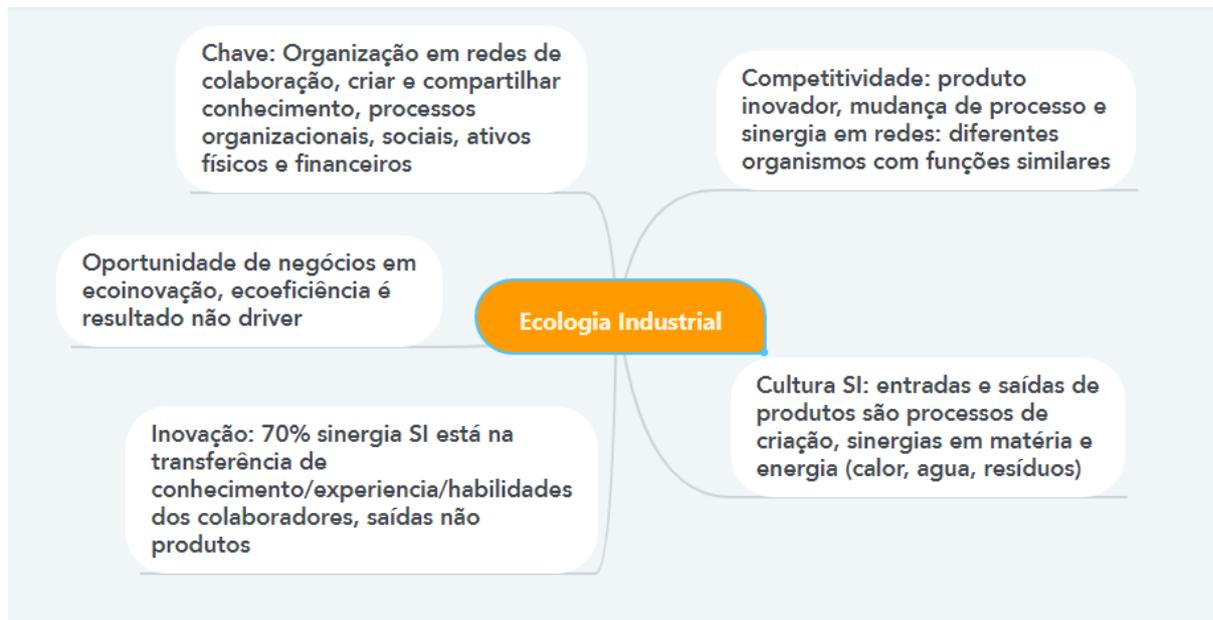
Figura 5. Conceitos e partes que compõe a Ecologia Industrial



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A simbiose industrial é mais conhecida no Brasil associada a aproveitamento localizado de resíduos ou subprodutos, no entanto, conforme apresentado a seguir, a ecologia industrial envolve conceitos abrangentes de negócios e economia colaborativa, também com saídas não associadas a resíduos ou produtos.

Podem ser pensados indicadores qualitativos ou quantitativos para as simbioses efetivas, ou mesmo metas claras e objetivas dentro da organização, de acordo com intenção/demanda setorial específica ou metas globais ecossistêmicas com ferramentas de medição.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Com todas estas formas reportadas de se realizar ecologia industrial, o grande desafio é estabelecer confiança entre os atores. Neste caso, é de suma importância conhecer a identidade cultural de cada indústria ou território e seu contexto sociopolítico e ambiental, e pensar em um ponto focal ou forma de estabelecer confiança para a articulação com os todos os stakeholders e, se possível, alcançar o respaldo das autoridades governamentais do município, estado ou país. Confiança e respeito abrem espaço para redes de colaboração criativas geradoras de sinergias.

A organização em redes resulta em mais cooperação, e muitas vezes está associado a uma questão de comportamento. Segundo LOMBARDI and LAYBOUR (2012) *apud* BENKLER (2011), o nível de cooperação que as pessoas demonstram depende fortemente da percepção das regras do jogo - nós somos mais inclinados a cooperar se percebermos outros cooperando do que se não o percebermos.

Como Aplicar a Ecologia Industrial

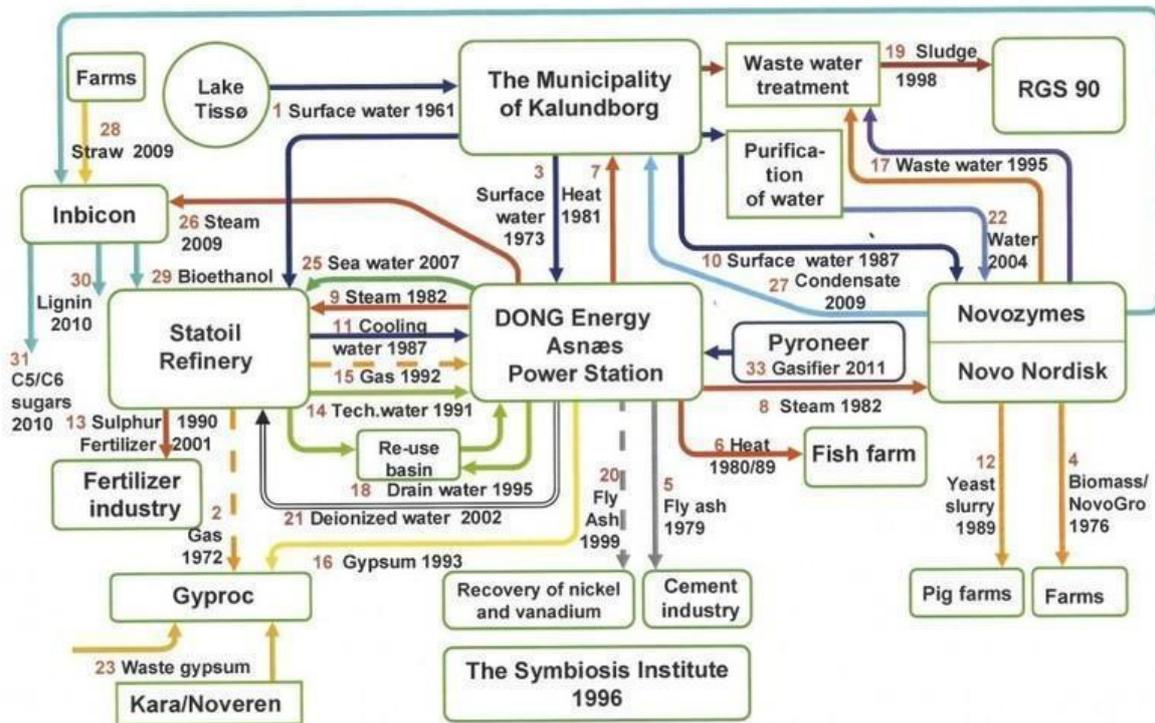
A EI mostra um caminho aberto para a sustentabilidade, sendo uma alternativa viável em termos de oportunidades de negócio, ferramenta de ecoinovação para o crescimento verde, emissões de carbono, aterro sanitário, e uso de material virgem evitados, e assim

por diante. Vale reportar que a EI incorpora termos da literatura de negócios, tais como, rentável, vantagem competitiva, transações lucrativas, vantajoso, porém geralmente ganhos são um resultado e não um *driver*. O impacto da facilitação ou experiência certamente acelera a identificação e, mais importante, a concretização de sinergias.

O primeiro caso de ecologia industrial data de 1963 em Kalundborg, movido pela escassez de água e intenção de redução dos custos. Em 1996 institucionalizou-se a metodologia com a criação de um Instituto de Simbiose. Sua grande relevância a ser reportada é que envolveu a municipalidade, a qual soube capitalizar os benefícios de uma ação coordenada entre os geradores de resíduos e potenciais consumidores.

A seguir, são apresentadas as fases da Kalunborg/Dinamarca, a primeira simbiose industrial do mundo (NICOLE Latin America, 2020): a 1ª fase (1961) envolveu um fator externo, no caso, a escassez de água. Houve a substituição de água subterrânea por água superficial de um lago próximo, para abastecer uma nova refinaria de petróleo; a 2ª fase priorizou a redução mútua de custos, como buscar soluções para o reuso de resíduos a fim de gerar renda (do lixo à matéria prima), além da cultura que a eficiência gera confiança, permitindo tanto benefícios econômicos como uma redução significativa do impacto ambiental; a 3ª fase compreendeu a institucionalização da metodologia, com a criação do Instituto de Simbiose Kalundborg em 1996, assim como uma rede de *network* bem estabelecida e centro de treinamento/pesquisa para promover sinergias e inovações.

Figura 6. Rede de simbiose estabelecida após Kalundborg Symbiosis.



Fonte: Kalundborg Symbiosis, 2013

A prática de Kalunborg foi espontânea, de colaboração local e social (curta distância física), e não de design técnico e caráter global, além de redução de custos a partir de troca de informações legais e outros custos de transação.

De uma forma geral, as simbioses industriais envolvem trocas de energia e subprodutos entre agentes econômicos, bem como compartilhamento de serviços e infraestrutura em escalas de parques industriais. As colaborações criam um ecossistema de produção sustentável, reduzindo o desperdício e a poluição, e ao mesmo tempo promovendo eficiência de compartilhamento de conhecimento. Estas estratégias podem beneficiar indiretamente a comunidade, reduzindo riscos ao meio ambiente e à saúde (12th Industrial Symbiosis Research Symposium, 2015).

A seguir, de acordo com pesquisas realizadas, seguem as tendências em SI, além da troca de recursos/energia, várias ferramentas ou modelos de cooperação para se implementar simbioses no contexto empresarial e industrial.

Metabolismo Social

HABERL, H. et. al. (2020) reporta sobre as mudanças fundamentais e não somente graduais necessárias em nossa interação com os recursos naturais, em uma perspectiva de longo prazo e propõe o metabolismo social, onde a quantidade de energia e matéria

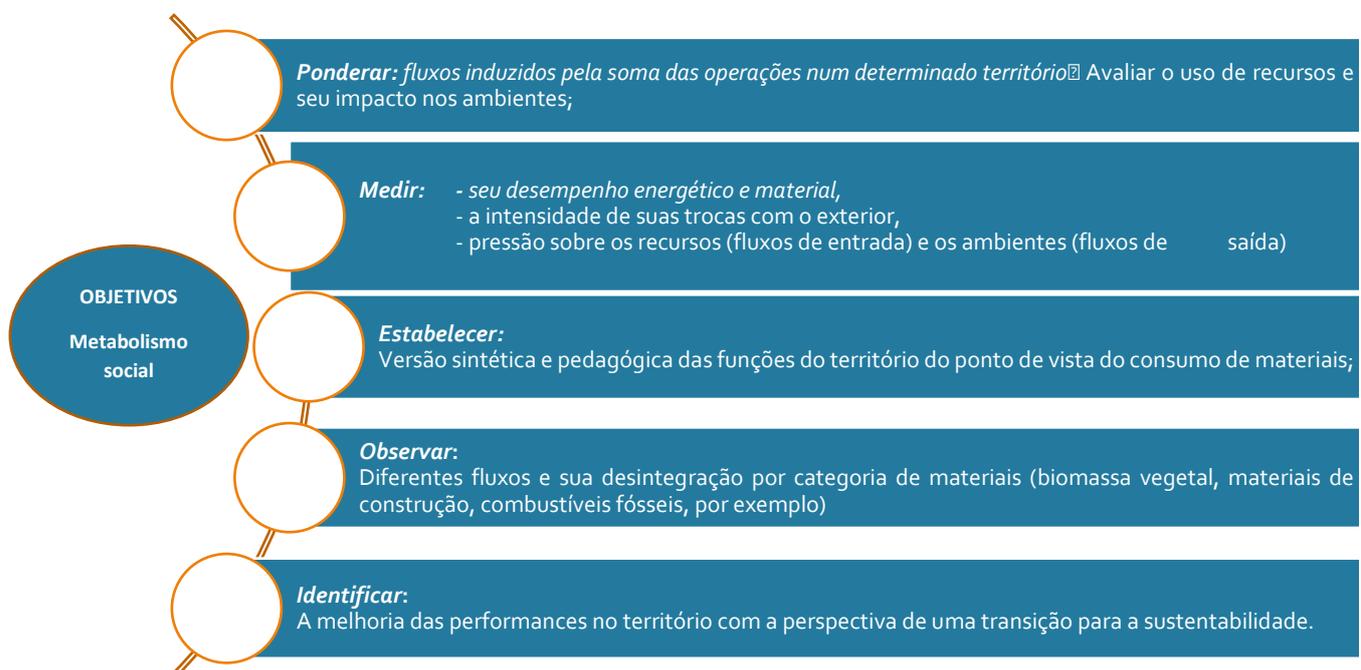
deve diminuir drasticamente e o uso da terra deve ser reorganizado em sistema de produção de energia líquida, muito diferente do padrão atual, para uma 3ª grande transição. Embora não se tenha uma visão clara da composição da sociedade resultante, sabe-se dos limites termodinâmicos absolutos ao crescimento, desatrelando, pois, o desenvolvimento do crescimento econômico (Georges Roegen, A Lei da Entropia e processo econômico, 1971).

Propõe-se para isto reformas tributárias socioecológicas das economias industriais que podem reduzir a carga sobre o trabalho e aumentar sobre o uso de recursos, o que provavelmente consiste em uma eficaz estratégia para estimular desenvolvimentos na direção da 3ª transição.

FERRAMENTA PRINCIPAL: estudos de metabolismo social

Os estudos são realizados através de uma análise de fluxo de material, um método analítico para quantificar os fluxos e estoques de materiais e substâncias em um Sistema. A NICOLE (NICOLE Latin America, 2020) apresentou os objetivos desta análise de fluxo de material que se fundamentam na prática e no diagnóstico a ser realizado na empresa/instituição:

Figura 7. Objetivos do Metabolismo Social.



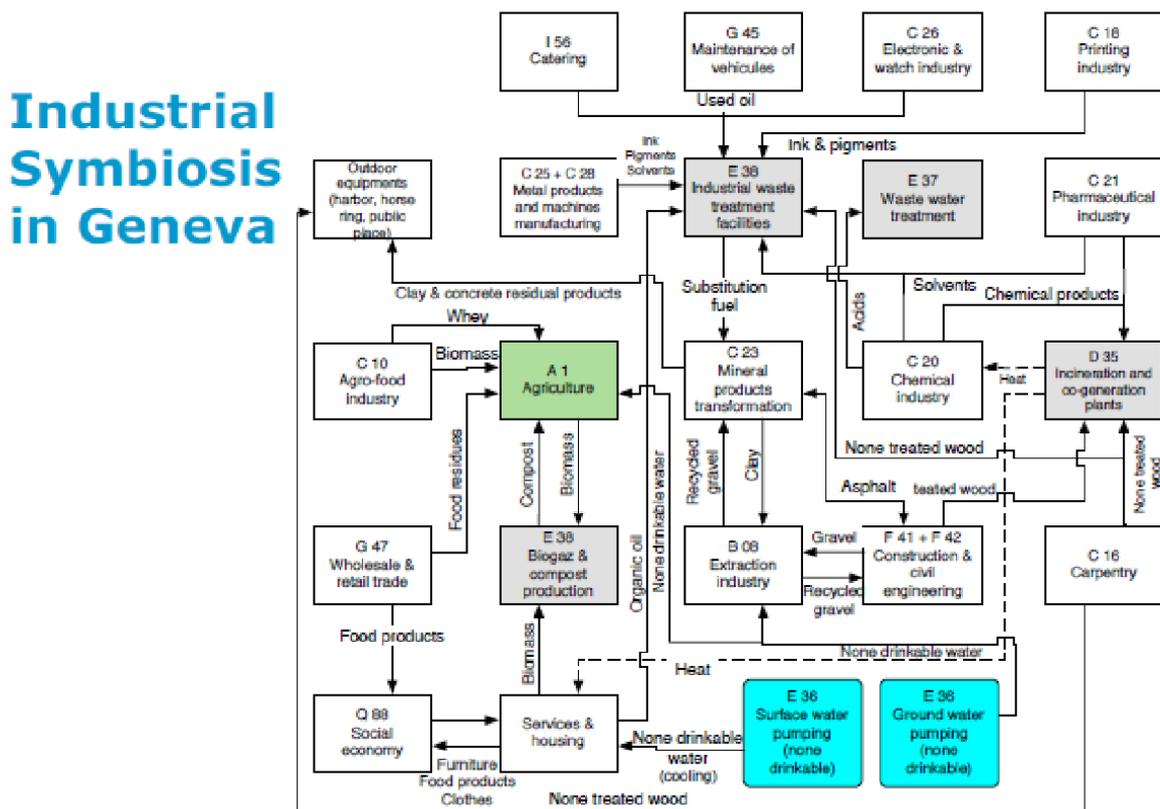
Fonte: Workshop de Economia Circular em São Paulo: Redesenvolvimento de sites industriais sob o escopo da economia circular: Valoração de recursos e abordagens territoriais, Março/2020.

Após ou concomitantemente ao diagnóstico é importante pensar em uma rede de colaboração credenciada e possíveis simbioses, tanto em fluxos de materiais como em saídas não-produto, uma vez que conforme já relatado, a participação em rede traz a confiança entre stakeholders (incluindo governo e ICTs), além de inovação em processos com identidade nas funções e/ou negócios. A seguir grande parte das inovações ou redefinições da SI propostas por Lombardi, D. R. e Laybourn, P (2012) e Haberl, H. et. al. (2010).

Expandir o foco - inovação em sistemas, processos ou negócios

A inovação pode ser alcançada expandindo o foco da empresa com novas propostas de valor na otimização de fluxos de energia, matéria, saídas não-produto, muito além das formas ou clientes tradicionais de venda ou consumo da produção da empresa. Aumentar a diversidade amplia o conhecimento e os recursos base disponíveis para a rede SI, promovendo a inovação e variedade de soluções. A criação de novas atividades pode envolver o desenvolvimento de produtos ou serviços a partir de um produto identificado.

Figura 8. Exemplo de simbiose na cidade de Geneva



Fonte: ISRS, Industrial Symbiosis, Research Symposium, University of Lausanne, 2015.

Organizações

As organizações têm como objetivo capturar a função da pesquisa e do governo ao lado da indústria no avanço da SI, com parceria público-privadas. A literatura de SI tende a se concentrar também no papel das redes sociais para facilitação entre os profissionais, a abertura de acesso a outros membros e novos conhecimentos.

Redes e insumos alternativos – processos

Por meio da rede de SI surgem oportunidades para obter insumos alternativos que podem reduzir ou eliminar custos, e que não seja de materiais virgens, e, portanto, também economizando emissões de carbono associadas à extração. Sempre pensar em uma nova alternativa que cumpre a mesma função - por exemplo, substituindo o uso de combustível primário para aquecimento por calor residual. Quando se deixa explícito o vínculo com a SI, onde as entradas e saídas envolvem transações lucrativas, os membros da rede entendem que as simbioses se relacionam a processos.

Segundo o evento ISRS (2015), a China possui um Comitê Nacional de Desenvolvimento e Reforma que fornece orientação sobre o setor de EI. Estes centros ou as redes facilitam as transações em SI com seus cases de negócios.

Compartilhamento - melhoria nos processos técnicos e de negócios

Os membros de um PNSI podem compartilhar processos sociais ou outros, qualidade, sistemas de gestão ambiental, oportunidades de logística reversa ou uso compartilhado de logística, melhor utilização de ativos, habilidades entre funcionários e organizações.

Para exemplos, um membro de uma rede de simbiose foi capaz de utilizar a capacidade sobressalente de tratamento de efluentes de outro membro; compartilhamentos em infraestrutura podem envolver tratamento ou suprimentos de água, tratamento de resíduos, produção de energia por cogeração e outras utilidades, por exemplo, para a produção de produtos químicos genéricos. Outros compartilhamentos podem envolver caldeira a vapor, *timeshare*, e serviços tais como em segurança, treinamento, *catering*, sala de reuniões etc.

O Porto de Strasbourg, na França, implementou uma troca e compartilhamento de energia. Compartilhamento de competências para valorização de sedimentos na engenharia civil são realizadas na plataforma Sedimatériaux. Nos EUA, o parque ReVenture (NC) é uma vitrine de várias tecnologias de geração de energia como multiplicador para créditos de energia renovável (ISRS, 2015).

Pesquisa

O papel da pesquisa em SI é duplo. O primeiro, é descritivo para compreensão das barreiras, facilitadores, e impactos e o segundo, é normativo no avanço de sua implementação, onde pode com sucesso avançar na inovação. A pesquisa pode ajudar a expandir a prática base de evidências que defende a simbiose; padronizando metodologias e métricas para melhor comunicação.

Atualmente, as pesquisas em SI ocorrem em diversos países, assim como projetos em andamento. Os principais temas são biomassa, produtos químicos e redes de aquecimento com base no calor residual (ISRS,2015). A dificuldade de reproduzir a simbiose existente exige eventos ou plataformas de troca de conhecimento mais intensivos, bem como um mercado de transferência e adaptação de SI para replicação. No Brasil, destacam-se iniciativas em aproveitamento de biomassa: biorrefinarias - produção de ácido succínico a partir de cana-de açúcar.

Publicações recentes na *Nature Science* e no *Proceedings of the National Academy of Sciences* sinalizam trabalhos sobre a escassez de Metais (Reck e Graedel, 2012), impacto do comércio global sobre a biodiversidade (Lenzen *et al.*,2012; Hertwich, 2012), comportamento de nanopartículas no tratamento térmico de resíduos (Walser *et al.*2012) e infraestrutura urbana de baixo carbono (Kennedy et al., 2014 *apud* ISIE 2015).

O crescimento da EI é global (ISIE, 2015) e traz perspectivas de carreiras, *papers* importantes na área, profissionais e instituições de pesquisa de referência. Os temas-chave para desenvolvimento e inovação em EI: pensamento sistêmico, consumo e produção sustentável, aplicações ambientais da tecnologia da informação, produtos de base biológica, responsabilidade estendida do produtor, sustentabilidade na manufatura, o papel da engenharia do ciclo de vida, metas e análises na avaliação do ciclo de vida, sistemas urbanos sustentáveis, aplicações de análise de fluxo de material e a EI como fonte de vantagem competitiva.

Resíduos - Destinos de valor agregado para saídas não relacionadas ao produto

Graedel e Allenby afirmam que um dos conceitos mais importantes da EI é QUE resíduos são materiais que a nossa economia ainda não aprendeu a usar de forma eficiente. As empresas raramente estocam saídas não-produtos. Nas sinergias industriais (PNSI), uma saída não-produto é vendida ou legalmente disposta, e oportunidades mais lucrativas de valor agregado são identificadas através da rede de SI, tais como:

- Resíduos podem ser transformados em recursos produtivos valiosos, como produtos químicos ou resíduos sólidos (plásticos, têxteis, madeira, etc.). Resíduos de sacolas plásticas, por exemplo, são usados para confecção de travessieiros na França (Plataforma Act'if para mutualismo em troca de materiais); transformação

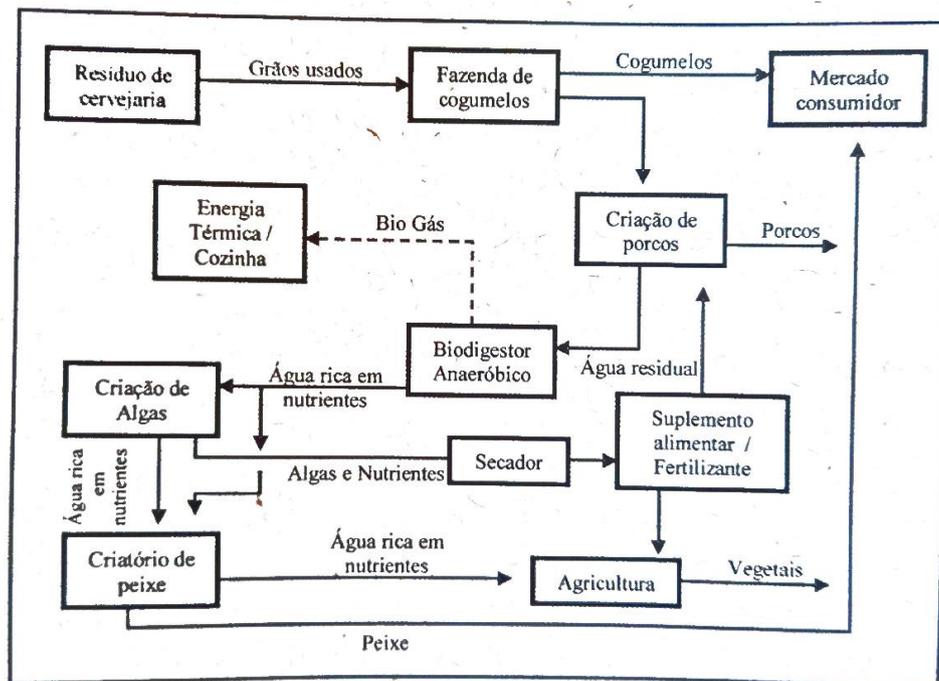
de garrafas PET em combustíveis de substituição na indústria de aço e ferro (Japão);

- Recuperação de calor residual, transformando perdas em receita, projetando energia em cascata entre empresas; sistemas que utilizam trocadores de calor e bombas de calor, caso de Fukushima (Japão), da China; na Alemanha tem-se um sistema de informação geográfica para calor residual (Baviera);
- Desenvolvimento de parques industriais de baixo carbono, caso da Bélgica;
- Infraestrutura de gestão de resíduos compartilhada para manuseio e triagem e o desenvolvimento ativo de tecnologias inovadoras de reciclagem e cadeias de valor;
- Sinergias entre resíduos de demolição, orgânicos e rede de aquecimento;
- Polos de reciclagem para reforçar os já existentes e aplicativos de reciclagem de informação e de material de base biológica (Índia)
- Mercado virtual para simbioses e trocas de resíduos (EUA)
- Diversos projetos visando a mineração de cinzas (ferrosos e não-ferrosos) e metais combinados recuperados de resíduos para reutilização (12th ISRS Industrial Symbiosis, Research Symposium, 2015).

As sinergias baseadas em fluxo físico também podem envolver melhoria da produtividade por meio de substituição de determinada tecnologia. Exemplos de trocas físicas: água industrial usada, calor, resíduos, coprodutos.

A seguir um exemplo das Ilhas Fiji de aproveitamento dos resíduos de uma cervejaria, antes jogados no mar, para substrato de cogumelos e toda a cadeia subsequente de sinergias.

Figura 9. Fluxos dos subprodutos em um bioecossistema integrado – Fiji – Monfort Boys Town.



Fonte: Chertow, 2000 apud Kiperstok, A., 2008.

Sinergias baseadas no conhecimento

A troca de conhecimento, informação e experiência também influenciam positivamente os fluxos físicos de materiais e energia - assim, substitui-se a troca física de recursos, como o núcleo de SI, e tem-seecoinovação como resultado. Quando as mudanças regulatórias forçaram uma reavaliação de seu modelo de negócios, a rede pode colaborar, seja em pesquisa para melhorar produtos e processos, bem como informações sobre um mercado e compartilhamento de experiências.

LOMBARDI, D. R. and LAYBOURN, P (2012) em suas propostas concentram-se menos na base de troca física de SI, e mais sobre a riqueza dos processos envolvidos inspirados pela participação em rede SI. O incentivo é pelaecoinovação, mudanças nas práticas de negócios, atração de mercado para pesquisa e desenvolvimento, transferência de tecnologias, novos negócios e empreendimentos conjuntos, diversificação, gestão do risco ou reputação, que no final afetam os resultados financeiros. Estes são os elementos que distinguem a SI como um caminho para o crescimento verde.

Pool de serviços

O pool de serviços ocorre entre produtores e/ou empresas do mesmo ramo, com a finalidade de formar um mercado comum. Exemplos são a gestão de resíduos,

restauração coletiva, creches, plano de localização entre empresas, carona solidária (NICOLE Latin America, 2020).

Simbioses Urbanas

Simbioses urbanas podem envolver o compartilhamento, que busca aumentar a eficiência do uso de recursos já utilizados na fabricação de um produto pelo aumento de seu uso, mutualismo em transporte. Como modelo não-monetizado, tem a plataforma on-line Tem Açúcar <http://www.temacucar.com/>, que incentiva o empréstimo e doação de coisas entre vizinhos. No monetizado ocorre alguma forma de acordo financeiro entre os usuários ou organizações, como o compartilhamento espacial e logístico, como o de carros: www.vamofortaleza.com.



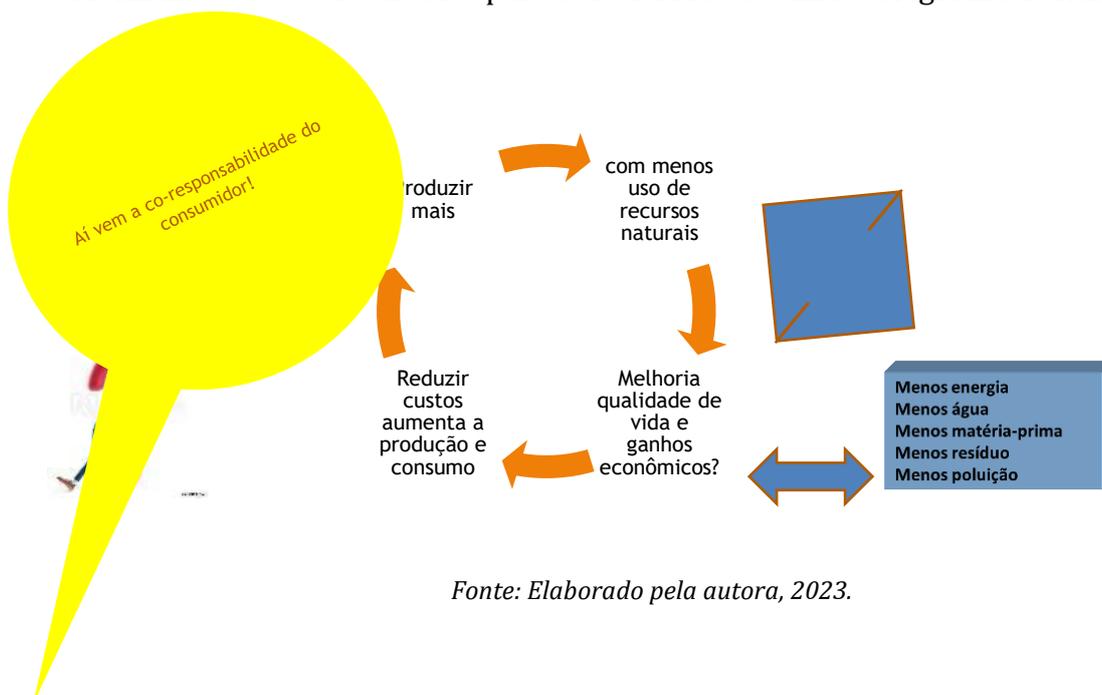
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Os Sistemas Urbanos Sustentáveis (SUS) envolve a aplicação de métodos de EI para o desenvolvimento das cidades, apoio interior e estrutura de redes de conexão: Estudo de Metabolismo Urbano e Dinâmica de Crescimento, ACV, Avaliação do fluxo de material (AFM) e Teoria de Sistemas complexos e Termodinâmicos. Soluções de problemas tais como infraestrutura para cidades baixo carbono, gestão do lixo urbano e reciclagem dos materiais, transporte, edifícios verdes, gestão sustentável da água e nutrientes, sistemas urbanos de energia, cidades resilientes, adaptação às mudanças climáticas, e provisão de infraestrutura para regiões pobres. Uma associação ampla pode envolver planejadores urbanos, arquitetos, sociólogos, geógrafos, engenheiros, economistas, cientistas e outros (Apud ISIE 2015).

Vale ressaltar que nas cidades enquanto não houver infraestrutura, gestão da água e saneamento básico para regiões menos favorecidas não haverá cidades sustentáveis, ou seja, não há sustentabilidade nas desigualdades socioambientais existentes nos grandes centros.

Ecoeficiência

A ecoeficiência está vinculada a produzir mais com menos. Ainda que imprescindível, não é suficiente para o desenvolvimento sustentável, como já provado em vários países ditos desenvolvidos, uma vez que a conseqüente redução nos custos pode aumentar a produção e consumo, e vice-versa. Assim, devem ser consideradas as metas da empresa, suas finalidades e os resultados para a efetividade de uma ecologia industrial.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

HABERL et. Al. (2020) reporta que ainda que uma “relativa desmaterialização” acompanhou o nosso processo de industrialização, e talvez tenha sido estimulado pelas ações de ecoeficiência, parece pouco realista que a ecoeficiência alcançará a redução do uso de recursos pelos países industrializados per capita ou por ano, como o desenvolvimento sustentável exige. Ainda reporta que o consumo global, por exemplo de energia, por PIB em dólar, tem diminuído há 70 anos tanto nos países industrializados, como nos em desenvolvimento, contudo, o consumo em termos absoluto continua crescendo.

Assim, as melhorias em ecoeficiência não estão sendo suficientes para produzir reduções duradouras no uso de energia e materiais em termos absolutos e alcançar a desmaterialização. Na interpretação de Haberl, H. et. al. (2010) apud Ayres and VAN DEN BERGH (2005), a ecoeficiência é a força motriz para o crescimento econômico, e não um meio de reduzir o uso dos recursos. A ecoeficiência é importante, mas não o suficiente para o desenvolvimento sustentável, embora seja imprescindível, principalmente quando se pensa em menos resíduos ou poluição.

Portanto, ressalta-se a forma de pensar e realizar os projetos, além de sensato e necessário buscar novas formas de vida, hábitos alimentares e padrões de consumo ou transporte, que cause mínimos danos ecológicos. Haberl, H. et. al. (2010) cita como exemplo casas sob as condições climáticas da Europa Central, que foram projetadas para uma temperatura ambiente confortável e qualidade do ar ao longo do ano, sem a necessidade de qualquer sistema de resfriamento ou aquecimento. Não há dúvida que faz sentido avançar nestas tecnologias ou ecodesigns viáveis e acessíveis, com benefícios econômicos, sociais e ecológicos.

Consumo responsável e empresas bem-sucedidas

Ressalva ao compartilhamento é que ainda é uma nova forma de consumo, em que não se precisa comprar um produto para usufruir dele, embora pareça de bom senso, não reduz o desejo de consumir, para o qual a economia tradicional concentra sua **produção** de modo a criar riqueza e fluxo de material.

A responsabilidade ilimitada pelo produto ou pelo consumo impõe mudanças estruturais mais difíceis, por exemplo, que a simples reciclagem, porém a transição para uma economia circular e funcional remete a uma nova forma de pensar a qualidade de vida, e conseqüentemente, os sistemas de produção e consumo. A mudança da lógica do consumidor é que irá ser a força motriz para esta mudança. Então, sempre valerão as perguntas:

- Qual a necessidade deste produto ou serviço?
- Qual a lógica de uso, é para ser incluído ou afirmar personalidade?
- Qual a origem deste produto e para onde vai?
- Quais as alternativas de menor impacto aos bens naturais?

A substituição da propriedade para serviços (ex. aluguel), dos serviços de qualidade, a devolução voluntária ou obrigatória de bens de consumo pós uso (logística reversa) podem ser *insights* para as **empresas bem-sucedidas, priorizando produtos mais duráveis, compartilhamento com valor, novas tecnologias, empregos ou profissões**. Neste sentido, a ciência ou progresso tecnológico terão desafios para novos modelos integrados de manufatura e remanufatura/reaproveitamento, modulagem. Os desafios também envolvem as academias com novas concepções de formação e de pensar as componentes curriculares, os projetos ou tecnologias e a própria forma de fazer ciência, com valor histórico-crítico baseado no contexto socioambiental global.

DESAFIO: alcançar a sustentabilidade e governança para a corrente de produtos. A economia globalizada levou a muita terceirização da produção e os ciclos de vida do produto, conseqüentemente, se espalham em todo o mundo. Nenhum ator tem visão geral ou controle sobre todo o sistema de produção. Requer, ainda que com o ACV, os atores se comunicam, colaboram, coordenam suas demandas ambientais, tarefas, ações. A compreensão das questões ambientais, organização e gestão das correntes de produtos,

cadeias de abastecimento, gestão do ciclo de vida, *design* de produto, sistemas de serviços ambientais, sociologia e governança, é importante e pode ser desenvolvida em uma plataforma de tratamento sistemático e interdisciplinar (ISIE, 2015).

Ecologia Industrial: Fator de Ancoragem Territorial

É importante pensar em território é no valor do local não de forma isolada do todo em seu entorno e sua responsabilidade nas externalidades que produz, ou seja, o território deve ter incorporado no pensamento global. Principalmente para a América Latina, vale pensar que não é sítio de extração de matéria prima, principalmente mineral, para sustentar a desmaterialização de outros países (Tanimoto, 2010). Como será abordado a continuação, a química verde com os biomateriais são a grande oportunidade de negócios através da cadeia de suprimentos de alimentos.

Território é um sítio de abundância e de produzir saúde e fluxo de matéria ou experiências e, neste contexto, adere totalmente às sinergias de conhecimento, experiências, habilidades e multiplicadores de soluções ou inovações, seja em processos, uso da matéria e energia ou tecnologias de remediação.

Importante o conhecimento do território, suas potencialidades e oportunidades de sinergias em recursos para articulação na rede colaborativa. As oportunidades de sinergia de recursos serão suficientes para ditar a decisão de localização de uma empresa particularmente na concepção de Parques Ecoindustriais (PEI). Segundo LOMBARDI AND LAYBOUR (2012) *apud* DESROCHERS (2004), a capacidade de acessar determinados recursos só serão cruciais nas decisões de localização se eles são as entradas mais importantes de uma empresa ou onde materiais e energia representam uma grande parte do orçamento.

Ainda reporta que a proximidade geográfica não é suficiente, que limita as sinergias econômicas, ou que não está a favor da inovação ou redes de colaboração. Entretanto, categorizar a proximidade geográfica em uma desvantagem não é pertinente, dado que pode sim ser fator de ganhos, seja em custos efetivos de logística de materiais e energia, ou redução da pegada de carbono. Evidentemente tal proximidade não deve ser fator limitante de sinergias entre organismos diferentes em suas funções similares, nas tecnologias sociais, ou experiências e colaboração em redes e saídas não-produto. Também pode haver benefícios econômicos em colaborações com ausência de proximidade geográfica, dependendo do custo de transporte de energia e material.

A construção da cooperação em rede de simbioses está na fundação do social. Desta forma, importante no território escolhido para localização de uma empresa ou projeto, é importante que o social local seja inserido em seu contexto de valor e de promoção daquela identidade. A ampliação em organizações visa capturar a função da pesquisa e governo ao lado da indústria para o avanço da SI e integração com o social local.

Vale ressaltar que a importância relativa da proximidade pode ser suplantada pelo fator econômico, assim como a distância geográfica pode ser compensada por dois pontos importantes: acesso e confiança, ambos associados à participação em redes, a partir das quais os membros têm acesso a parceiros que eles não encontrariam de outra forma.

Um caminho para o território é uma visão integrada sobre os fluxos de sinergias, ou seja, como um metabolismo, fluxo de recursos e energia, com stakeholders locais e novos modelos de colaboração ou cooperação que podem ser globais. Se o sistema=território refere-se a um metabolismo urbano, por exemplo, deve-se pensar e descrever todos os processos de consumo e transformação de energias e recursos necessários para manter este território, consolidando-se as melhores estratégias em determinado perímetro (escala do território) e os planos de ação inerentes (NICOLE Latin America, 2020).

Chicago (EUA), como exemplo, tem desenvolvido um plano de agricultura urbana e uma incubadora de negócios alimentícios com energia líquida zero (circuito fechado), localizada em um antigo distrito industrial, incluindo uma cervejaria, aquaponia de cogumelos e fazenda (ISRI, 2015).

A ecologia industrial em termos de território se propõe a trabalhar com atores locais ou vizinhos industriais, ainda que não excludente de outras sinergias fora do território, por exemplo, em saídas não-produto (i.e., colaboração em tecnologias, conhecimentos, habilidades). Importante a formação de uma rede ecossistêmica de confiança (novo paradigma de governança), geração de valor, colaboração e planejamento. Os parques inteligentes em simbioses industrial, urbana e rural são formas de inovação em negócios, onde os metabolismos de trocas expandem as possibilidades, seja em reutilização, desconstrução de silos, remineração urbana, modularidade, a redução de materiais ou de gastos e concepções híbridas.

Na Prática

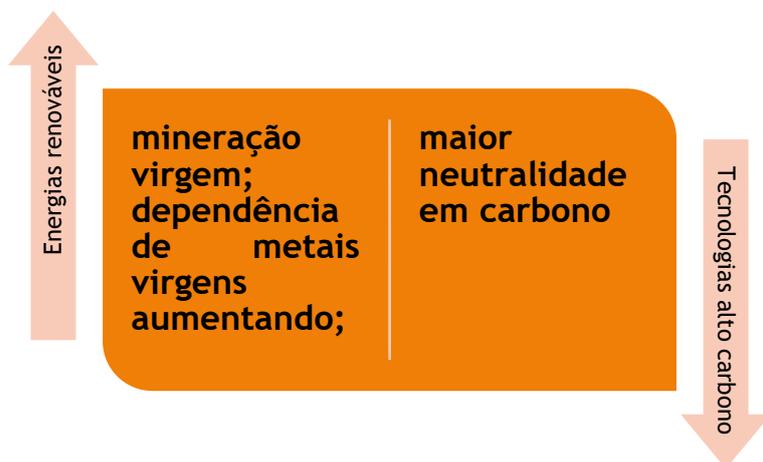
Para o **setor de eletroeletrônicos**, as matérias primas como alguns metais tem alto valor econômico e apresentam reservas escassas. O design de produtos propõe estratégias de fim de vida que permitam a recuperação de componentes e produtos (ex.: modularidade e desmontagem). As indústrias de manufatura e o varejo, de forma colaborativa, podem oferecer serviços de manutenção e reparo que estendam a vida útil dos produtos e maximizem o uso de recursos. Estes atores em conjunto com outras organizações do setor (parceiros e/ou concorrentes), empresas de logística, coletores e recicladores têm a oportunidade de oferecer sistemas de logística reversa, engajando consumidores a retornarem seus produtos. No Brasil, estas redes colaborativas podem ocorrer na forma de Acordos Setoriais (PNRS, 12.305/2010), envolvendo o setor regulatório e reforçando a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Os materiais recuperados devem ser classificados pela estratégia de fim de vida mais apropriada (ex.: reuso, recondicionamento, reciclagem etc.), e com apoio de fornecedores de matérias primas, atores da logística reversa e indústrias de manufatura, ganham uma vida subsequente. Eficiência de processo não é suficiente para uma economia mais circular. Precisa-se mais transparência e colaboração entre atores!

Giovana Monteiro Gomes
Engenharia Ambiental, Dra. Engenharia
de Produção e Pesquisadora da Universidade
Técnica da Dinamarca (DTU)

O status de propriedade e transações no mesmo setor continua tendo controvérsias. Muitas empresas de categorias padrão sob a mesma propriedade e empresas dentro da mesma categoria e proprietários diferentes concluíram sinergias. Porém LOMBARDI, D. R. and LAYBOURN, P (2012) *apud* CHERTON (2000) não considera troca de materiais ou SI ocorrendo dentro dos limites de uma organização. Do ponto de vista da pesquisa, uma abordagem de padronização facilita a comparação e a transferência de conhecimento. A partir da experiência profissional, os limites variam com o contexto (i. e. institucional, cultural) e, portanto, a padronização pode limitar as oportunidades de impacto.

Importante pensar a pesquisa sobre o uso, reciclagem, potencial reutilização, remanufatura e estoques de metais na sociedade, sendo estes imprescindíveis para a gestão de longo prazo de tais recursos frequentemente escassos. Abordagens desenvolvidas para a demanda de metal e análise de suprimentos estão sendo usadas por grandes empresas para fins estratégicos, tomada de decisão (ISIE, 2015).

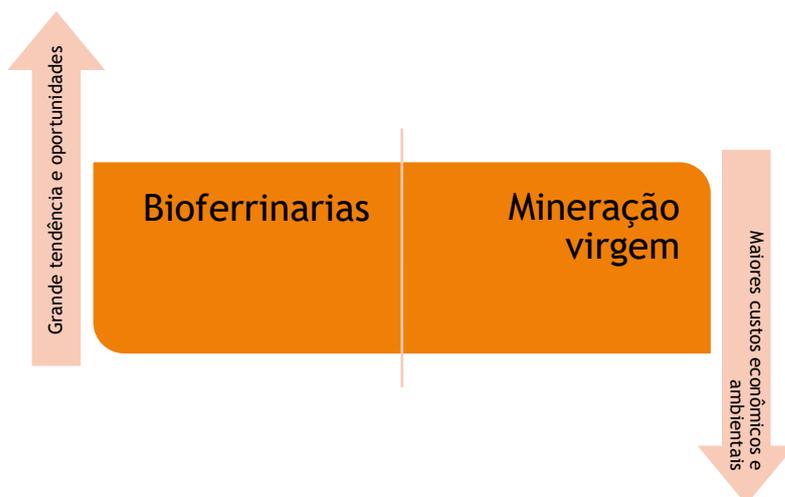
Padrão de consumo x Energias renováveis



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A transição energética inclui mudanças e desafios na definição de resíduos e da mineração virgem. Muitas tecnologias baixo carbono usam elementos raros e preciosos, a exemplo de turbinas eólicas (Disprósio, Dy; Neodímio, Nd; Praseodímio, Pr), veículos elétricos (Antimônio, Sb; Disprósio, Dy; Neodímio, Nd; Gadolínio, Gd), energia nuclear (Índio, In; Antimônio, Sb; Háfnio, Hf), energia solar (Índio, In; Telúrio, Te; Germânio, Ge; Gálio, Ga), (CLARK, J. 2021).

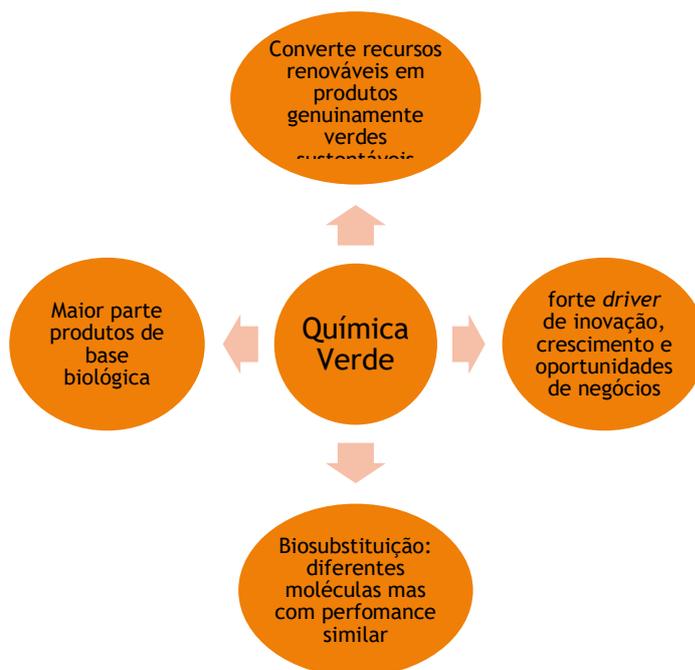
Não há muita reciclagem no geral, a maior parte é desperdiçada, sendo relativamente fácil recuperar o valor químico de muitos destes metais. A mineração virgem é extremamente intensiva, e como ocorre como o petróleo, os metais virgens terão crescentes custos econômicos e ambientais, e os depósitos de minério estão se tornando em menor teor e mais difíceis de encontrar.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Necessita-se mais circularidade! Há muito desperdício, por exemplo na cadeia de suprimentos de alimentos, em que a química verde e o aproveitamento de biomassa se apresentam como a responsáveis pela manufatura do futuro e oportunidades de

negócios, em uma tentativa de substituição, ou pelo menos redução, da extração de minerais virgens escassos usados nas tecnologias renováveis. o.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Oportunidades de biomassa para o Brasil envolve bagaço de cana de açúcar: 376,5 milhões t/ano; resíduo de milho: 71,7 milhões t/ano; de mandioca: 51,6 milhões t/ano; palha de arroz: 4,4 milhões t/ano; e resíduos cítricos: 9,4 milhões t/ano (Energy and Environmental Science, 426-464, 2013, from COST EUBis) (CLARK, J. 2021). A seguir um exemplo prático da deCLINIQUE quanto ao reaproveitamento de biomassa.

Referências

AYRES RU, VAN DEN BERGH JCM. A theory of economic growth with material/energy resources and Benkler, Y. The unselfish gene. *Harvard Business Review* 89(7/8): 77–85. 2011.

CLARK, J., From waste to wealth using green chemistry, University of work, ENAIQ, 2021. Acesso em fevereiro de 2022, Disponível em: <https://youtu.be/KxqX2-HavE>

ERKMAN, S., RAMASWAMY, R., Applied Industrial Ecology: a new platform for planning sustainable societies. Bangalore: Aicra Publishers, 2003. Disponível em <http://www.roionline.org/bookchapters.php?bid=1> Acesso em 16 de setembro de 2020.

HABERL, H., et. al, V. A sociometabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation, Published online at <http://www3.interscience.wiley.com/journal/122272391/abstract>, January 2011.

ISIE, INTERNATIONAL SOCIETY FOR INDUSTRIAL ECOLOGY, Rising to global challenges, 25 years of Industrial Ecology, 2015

ISRS, INDUSTRIAL SYMBIOSIS, RESEARCH SYMPOSIUM, Activity report, University of Lausanne 4 to 6 July 2015.

KIPERSTOK, ASHER, Prata da casa, construindo produção limpa na Bahia, TECLIM, UFBA, Salvador, 2008.

LOMBARDI, D. R. AND LAYBOURN, P. Redefining Industrial Symbiosis. Crossing Academic-Practitioner Boundaries. Journal of Industrial Ecology, Vol. 16, Nº 1, 2012.

NEILL, D.W.O, FANNING, A. L. LAMB, W. F. AND STEINBERGER, J. K. A good life for all within planetary boundaries, Article accepted for publication in Nature Sustainability, January 201

NICOLE Latin America, Workshop de Economia Circular em São Paulo: Redesenvolvimento de sites industriais sob o escopo da economia circular: Valoração de recursos e abordagens territoriais, Março, 2020.

TANIMOTO, A. H. A economia medida pela Análise de Fluxo de Massa (AFM): A desmaterialização da economia nos países desenvolvidos sustentada pelos recursos naturais dos países emergentes, a exemplo do Brasil. Brasília, 2010. 154p.