



CATALISANDO A **ECONOMIA** CIRCULAR

conceitos, modelos de negócios
e sua aplicação em setores da economia

organizadoras **Suzana Borschiver**
Aline Souza Tavares





**CATALISANDO
A ECONOMIA
CIRCULAR**



UFRJ

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Reitora Denise Pires de Carvalho

Vice-reitor Carlos Frederico Leão Rocha

*Coordenadora do
Fórum de Ciência
e Cultura* Tatiana Roque



Editora Universidade Federal do Rio de Janeiro

Diretor Marcelo Jacques de Moraes

Diretora adjunta Fernanda Ribeiro

Conselho editorial Marcelo Jacques de Moraes (presidente)
Cristiane Henriques Costa
David Man Wai Zee
Flávio dos Santos Gomes
João Camillo Barros de Oliveira Penna
Tania Cristina Rivera

CATALISANDO A ECONOMIA CIRCULAR

conceitos, modelos de negócios
e sua aplicação em setores da economia

organizadoras **Suzana Borschiver**
Aline Souza Tavares

© 2022 Suzana Borschiver e Aline Souza Tavares

Ficha catalográfica elaborada por Maria Luiza Cavalcanti Jardim (CRB7-1878)

C357 Borschiver, Suzana; Tavares, Aline Souza, 2021-
Catalisando a economia circular [recurso eletrônico] : conceitos, modelos de negócios e sua aplicação em setores da economia / organizadoras Suzana Borschiver e Aline Souza Tavares – Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2022.
1 recurso eletrônico (183 p.) : digital
Inclui bibliografia.
ISBN: 978-65-88388-33-4
1. Economia circular. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Borschiver, Suzana. II. Tavares, Aline Souza.

CDD: 338.927

Coordenação editorial

Thiago de Moraes Lins
Maíra Alves

Preparação de originais

Patricia Vieira

Revisão

Vânia Garcia
Josette Babo

Capa, projeto gráfico e diagramação

Vanessa Mattos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FÓRUM DE CIÊNCIA E CULTURA

EDITORA UFRJ
Av. Pasteur, 250, Urca
Rio de Janeiro, RJ – CEP 22290-902
Tel./Fax: (21) 3938-5484 e 3938-5487

www.editora.ufrj.br

LIVRARIA EDITORA UFRJ
Rua Lauro Müller, 1A, Botafogo
Rio de Janeiro, RJ – CEP 22290-160
Tel.: (21) 3938-0624

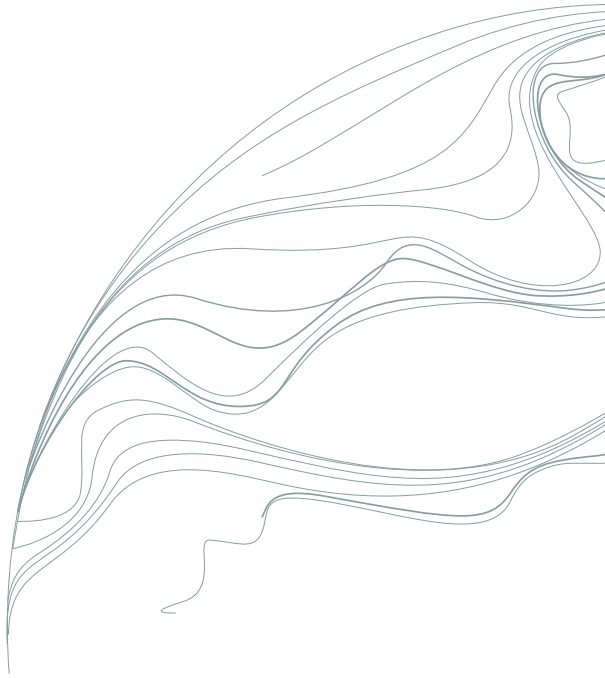
www.facebook.com/editora.ufrj

Apoio:



Fundação Universitária
José Bonifácio

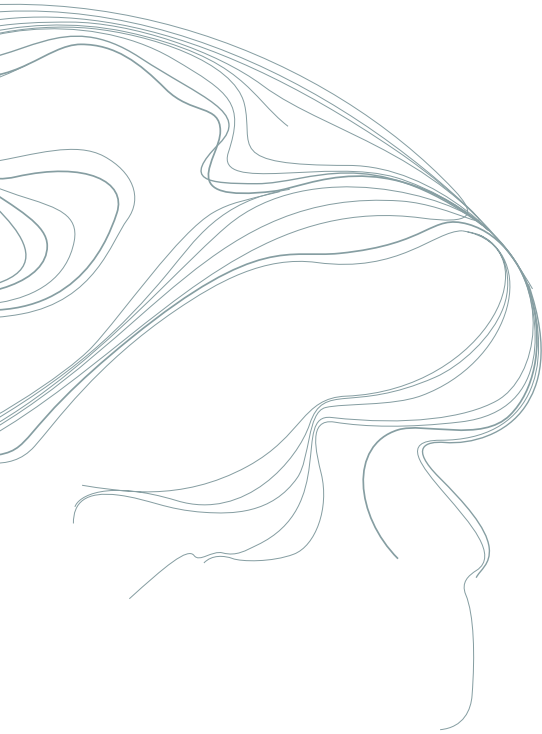
*Dedicamos este livro
ao desejo de um futuro
mais sustentável,
inclusivo e de mudanças
efetivas.*



*If you want to go fast,
go alone.*

*If you want to go far,
go together.*

(Provérbio africano)



SUMÁRIO

	Lista de figuras	12	
	Lista de quadros	14	
	Lista de abreviaturas e siglas	15	
	Prefácio	19	Victória Santos
	Apresentação	21	Suzana Borschiver Aline Tavares
	Agradecimentos	25	
	Introdução	27	Silmara Furtado Aline Tavares Suzana Borschiver
I	O que é de fato a economia circular?	35	Aline Tavares Suzana Borschiver
II	Como medir a economia circular?	45	Renata Bandarra Aline Tavares Suzana Borschiver
III	A economia circular além dos horizontes	53	Renata Bandarra Aline Tavares Suzana Borschiver
IV	Quem são os atores que já atuam com a economia circular?	61	Aline Tavares Suzana Borschiver

V	Modelos de negócios circulares	73	Renata Bandarra Suzana Borschiver Aline Tavares
VI	A economia circular no âmbito da pesquisa científica	85	Leonardo Galdino Suzana Borschiver Aline Tavares
VII	Logística reversa na economia circular	97	Renata Bandarra Suzana Borschiver Aline Tavares
VIII	A simbiose industrial além das fronteiras	107	Aline Tavares Suzana Borschiver
IX	Princípios, perspectivas e aplicação do <i>chemical leasing</i> nos processos de produção visando à sustentabilidade	119	Silmara Furtado Suzana Borschiver Aline Tavares
X	A biotecnologia e a economia circular	135	Fernanda Cardoso Suzana Borschiver Aline Tavares
XI	O setor energético na economia circular	143	Fernanda Cardoso Suzana Borschiver Aline Tavares
XII	Novos caminhos: economia criativa na moda e economia circular	153	Raquel Gomes Suzana Borschiver Aline Tavares
XIII	Economia circular e a indústria química	163	Suzana Borschiver Aline Tavares
XIV	Iniciativas de economia circular na indústria do aço	171	Isadora de Sousa Suzana Borschiver Aline Tavares
	Autores e organizadoras	181	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema comparativo entre economia linear e economia circular	30
Figura 2	Ciclo biológico e técnico da economia circular	38
Figura 3	Indicadores de economia circular em escala micro	49
Figura 4	Modelos de negócio circulares	74
Figura 5	Número de documentos sobre economia circular publicados por país entre 2009 e 2019	86
Figura 6	Evolução no número de publicações sobre economia circular entre 2009 e 2019	87
Figura 7	Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por área do conhecimento	89
Figura 8	Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por matérias-primas citadas	91
Figura 9	Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por focos de estudo	91
Figura 10	Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por modelos de negócio encontrados	93
Figura 11	Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por setores da economia identificados	94
Figura 12	Fluxo da logística reversa	97

Figura 13	Artigos sobre logística reversa publicados entre 2015 e 2019	99
Figura 14	Esquema representativo da simbiose industrial organizada no parque ecoindustrial de Kalundborg (Dinamarca)	110
Figura 15	Esquema comparativo entre o modelo tradicional e o modelo <i>chemical leasing</i> de comercialização de produtos químicos	122
Figura 16	Evolução no número de artigos sobre <i>chemical leasing</i> publicados entre 2004 e 2017	123
Figura 17	Distribuição por país dos artigos científicos sobre <i>chemical leasing</i> publicados entre 2004 e 2017	124
Figura 18	Distribuição dos artigos científicos sobre <i>chemical leasing</i> e percentual de publicações por área de pesquisa entre 2004 e 2017	125
Figura 19	Participação das fontes de energia renováveis na oferta interna de energia entre 2010 e 2019	144
Figura 20	Setores a montante e a jusante da indústria química	163
Figura 21	Faturamento estimado em 2019 por segmento da indústria química no Brasil	164

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Escolas de pensamento que deram origem à economia circular	36
Quadro 2	Massive Open Online Courses de economia circular	54
Quadro 3	Exemplos de TED Talks relacionados com o tema Economia Circular e Sustentabilidade	56
Quadro 4	Palestras proferidas na conferência TEDx Donauinsel Salon	57
Quadro 5	Exemplos de organizações que atuam na difusão da economia circular	62
Quadro 6	Programas de atuação da Fundação Ellen MacArthur por diretrizes	65
Quadro 7	Comparação entre a cadeia de valor de produtos e serviços em modelos de negócio na economia linear e na economia circular	76
Quadro 8	Definição dos <i>drivers</i> para organização dos documentos analisados	88
Quadro 9	Diferentes classificações de parques industriais ecológicos	108
Quadro 10	Fatores viabilizadores para o projeto de simbiose industrial em nível nacional	113
Quadro 11	Dados da CBL antes e após a implementação do modelo de <i>chemical leasing</i>	129

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACT	Accelerate, Collaboration and Technology
AISTAC	Asociación de Industriales del Sur de Tamaulipas
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BCSD-GM	Business Council for Sustainable Development – Gulf of Mexico
BCSD-UK	Business Council for Sustainable Development – United Kingdom
BEEO	Buildings Energy Efficiency Ordinance
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BPS	By-Product Synergy
BSI	British Standards Institution
CAK	Curva Ambiental de Kuznets
CBL	Crown Beverages Limited
CEI	Circular Economy Index
Certi	Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras
CHP	Combined Heat and Power

CNI	Confederação Nacional da Indústria
CRISP	Core Resource for Industrial Symbiosis Practitioners
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
ELV	End of Life Vehicle
EMSD	Electrical and Mechanical Services Department
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ERA	Agricultura Revitalizadora de Ecossistemas
FCT	Fundação para a Ciência e a Tecnologia
Fiemg	Federação de Indústrias do Estado de Minas Gerais
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos
Firjan	Federação das Indústrias do Rio de Janeiro
FOMIN	Fondo Multilateral de Inversiones
FVCSF	Fatores Viabilizadores e Condições Sistêmicas Favoráveis
GEE	Gases de Efeito Estufa
GNR	Gás Natural Renovável
HERU	Home Energy Recovery Unit
ICE	Implement Circular Economy
ICTs	Instituições de Ciência e Tecnologia
IS	Infantile Spasms
ISO	International Organization for Standardization
IST	Instituto Senai de Tecnologia Ambiental
LED	Light-Emitting Diode
LGS	Lennox-Gastaut-like Syndrome

Mapa	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCI	Indicador de Circularidade de Material
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MDTF	Multi-Donor Trust Fund
Meels	Mandatory Energy Efficiency Labelling Scheme
MFA	Material Flow Analysis
MME	Ministério de Minas e Energia
MOOCs	Massive Open Online Courses
NDF	Nordic Development Fund
Neitec	Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos
NISP	National Industrial Symbiosis Programme
ONU	Organização das Nações Unidas
PCV	Pensamento do Ciclo de Vida
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
P+L	Produção Mais Limpa
PIB	Produto Interno Bruto
PMSI	Programa Mineiro de Simbiose Industrial
Pnud	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
Pnuma	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
ResCoM	Resource Conservative Manufacturing
RoHS	Restriction of Certain Hazardous Substances
RSU	Resíduo Sólido Urbano

Sebrae	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
Senai	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SMS	Segurança do trabalho, Meio Ambiente e Saúde do Trabalhador
TED	Technology; Entertainment; Design
TQEM	Total Quality Environmental Management
TSC	Tuberous Sclerosis Complex
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UTR	Unidade de Transferência de Resíduos
UV	Ultravioleta
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment
WRAP	Waste and Resources Action Programme
ZSL	Zoological Society of London

O momento é de urgência. O mundo tem até 2050 para zerar suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) na Terra. De outro modo, a vida humana estará propensa a eventos climáticos ainda mais intensos e frequentes, alterando ecossistemas, reduzindo a biodiversidade e o acesso aos recursos, agravando a insegurança alimentar, aumentando o risco de conflitos e alterando drasticamente o modo de vida em todo o planeta.

Enquanto grande parte das emissões atuais podem ser anuladas por meio das energias renováveis, eficiência energética, captura e armazenamento de carbono e mudança nos hábitos alimentares, o restante está relacionado à produção de insumos e bens de consumo, de modo que neutralizar as emissões de GEE até 2050 demandará uma profunda transformação das cadeias de valor em toda a economia. Novos produtos, processos e modelos de negócios deverão ser desenvolvidos como consequência desse esforço transformador.

A economia circular, que preconiza o aproveitamento máximo do valor associado a um material ou recurso, expandindo sua vida útil, reduzindo riscos e restaurando e regenerando ecossistemas, é um conceito central nessa conjuntura. Estudos demonstram que, quando aplicadas aos quatro setores-chave da indústria de transformação (cimento, aço, plástico e alumínio), as estratégias de economia circular podem reduzir as emissões em até 45%. E, quando aplicadas ao sistema alimentar, a redução pode chegar a até 49% em 2050.

Desse modo, Suzana Borschiver, Aline Tavares e os demais autores acertam em cheio ao trazer ao público brasileiro mais essa obra,

contribuindo para reduzir o *gap* da literatura em língua portuguesa sobre o tema.

Abordando questões importantes – “Como medir a economia circular”, “Quem são os atores que já atuam no Brasil” e “Como o conceito tem sido aplicado em diferentes setores da economia” –, com ênfase para os setores energético, químico, têxtil e siderúrgico, os autores conduzem o(a) leitor(a) de maneira didática e objetiva aos principais aspectos da economia circular, incluindo os modelos de negócio circulares, o papel da logística reversa e a biotecnologia industrial como tecnologia habilitadora da circularidade.

O livro vai além da abordagem teórica, chamando o(a) leitor(a) para a ação por meio da apresentação de *cases* inspiradores e do levantamento dos principais cursos de acesso livre (os chamados MOOCs) em economia circular que se encontram disponíveis hoje para quem se interessar.

Certamente se trata de uma leitura indispensável para toda e todo aquele que deseja começar a trilhar a jornada circular. A disseminação desse conceito é crucial para que a neutralidade climática se torne realidade. É possível construir um presente à prova de futuro, em que produzir e consumir sejam sinônimos de nutrir, expandir e regenerar. A inovação é o elemento-chave. E a única saída almejada é prosperar.

Victória Santos é engenheira química, doutora em Planejamento Energético e Ambiental pela Coppe/UFRJ e pesquisadora do Instituto Senai de Inovação em Biossintéticos e Fibras do Senai CETIQT.

Apresentação

*Suzana Borschiver
Aline Tavares*

Este livro é fruto de um projeto de extensão denominado “Catalisando a economia circular”, iniciado em 2018, no Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos da Escola de Química/UFRJ. Nesse projeto, procurou-se valorizar e aproveitar a vocação dos alunos envolvidos, nas suas respectivas faculdades e experiências, incentivando-os a pensar e discutir sobre o tema, que abrange questões ambientais e de sustentabilidade do nosso planeta. O tema degradação ambiental é bastante complexo e envolve diversas questões, como resíduos industriais, geração de lixo, mudanças climáticas, qualidade do ar e os consequentes riscos de doenças às populações.

O livro visa demonstrar que o modelo de economia linear, baseado na geração de valor impulsionada pelo desperdício, sem preocupação e responsabilidade no momento do processo de fabricação, na distribuição e na forma de despejo, tem se mostrado bastante obsoleto. Em paralelo, temos assistido ao crescimento cada vez maior da população mundial, intensificando o uso de recursos naturais, como alimentos, energia e água e, conseqüentemente, o consumo desenfreado de produtos e serviços. Nesse sentido, o alcance do desenvolvimento sustentável tem se tornado cada vez mais desafiador. Como fazer o uso mais eficiente dos recursos, ter uma economia rentável, uma sociedade mais justa e um meio ambiente saudável sem comprometer a capacidade das gerações futuras?

O conceito de economia circular, tema central deste livro, é baseado na preservação e no aumento do capital natural por meio do controle dos

estoques finitos e do equilíbrio dos fluxos de recursos renováveis. Tanto a sustentabilidade quanto a economia circular são conceitos que caminham juntos e compartilham o objetivo de mitigação das externalidades negativas mencionadas. A economia circular, por sua vez, procura ir mais a fundo e trata principalmente de inovações no *design* de produtos e de modelos de negócio desde o início do seu projeto de modo que tornem o fluxo de recursos em um ciclo fechado.

Tendo em sua origem princípios de diversas escolas de pensamento, como a Ecologia Industrial e a Biomimética, a economia circular tem sido apresentada como um modelo alternativo, cujas estimativas indicam diversas oportunidades econômicas.

Por se tratar de um conceito em difusão e que provoca mudanças disruptivas na sociedade, a sua implementação em larga escala traz consigo algumas questões: como integrar o volume de descartes gerados no final de uma cadeia produtiva ao seu início, tornando cada tipo de resíduo um novo recurso? Como fazer a transição do modelo tradicional linear para o modelo circular?

Uma das estratégias para se encontrar as possíveis respostas está na educação. Um modelo econômico que implica mudanças na maneira de pensar e agir de uma sociedade exige a formação de pessoas e profissionais voltados para a sua aplicação. Por isso, o projeto de extensão que originou este livro exerce um importante papel nessa transição ao gerar conhecimento sobre o tema para os envolvidos e incentivá-los a desenvolver as habilidades necessárias. Outra estratégia está na mudança de atitudes, sejam elas no âmbito organizacional, dos governos ou das pessoas. A publicação deste livro é uma forma de entregar para a comunidade externa o fruto desse trabalho, colocando os seus integrantes como agentes de transformação social.

Nesse contexto, os capítulos aqui apresentados são propositadamente variados, de modo que possamos discorrer sobre tópicos absolutamente pertinentes à economia circular, mas até o momento não consolidados em uma só obra. Se queremos uma economia mais resiliente, uma sociedade mais justa e um meio ambiente mais saudável, que façamos o caminho. Esperamos que a leitura desta obra possa elucidar sobre

o assunto e despertar o senso crítico sobre por quais atitudes, formas ou estratégias podemos começar.

Desse modo, este livro pretende atender desde leitores especializados no tema, professores, estudantes de nível médio, graduação e pós-graduação até os curiosos, iniciantes nesse mundo da economia circular e dos novos modelos de negócios.

Ótima leitura!

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer, primeiramente, à Editora UFRJ pela seleção do livro no Edital nº 53, de 12 de fevereiro de 2020, para publicação de originais de todas as áreas de conhecimento.

Somos gratos também a toda equipe editorial da UFRJ envolvida nesta obra: Marcelo Jacques de Moraes (direção); Fernanda Ribeiro (direção adjunta); Thiago Lins e Maíra Alves (coordenação editorial); Patricia Vieira (preparação de originais); Vânia Garcia e Josette Babo (revisão); e Vanesa Mattos (projeto gráfico). A cada um deles declaramos nosso apreço pelas importantes contribuições e revisões que foram cuidadosamente consideradas.

Gostaríamos de fazer um agradecimento especial à DSc. Victória Santos, que aceitou nosso convite para fazer o Prefácio deste livro. É uma honra ter o olhar de uma grande especialista brasileira em economia circular e que decerto irá contribuir para o enriquecimento do conteúdo aqui explorado.

Finalmente, agradecemos profundamente aos nossos familiares e entes queridos pelo constante apoio em nossas jornadas estudantis, profissionais e pessoais. Juntos somos mais fortes.

Os autores

Introdução

Silmara Furtado
Aline Tavares
Suzana Borschiver

Segundo o relatório *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*, publicado pelo Banco Mundial em 2018, a geração de lixo é um dos problemas ambientais mais relevantes da atualidade. Nesse documento, existe uma previsão de elevação de 70% da quantidade de resíduos liberada no ambiente no período de 2016 a 2050. Cabe ressaltar que os cálculos apresentados indicam uma geração anual global de 3,4 bilhões de toneladas de lixo até 2050 decorrente do tratamento inadequado desses materiais no meio ambiente e da ausência de investimentos em ações relacionadas à diminuição de resíduos (Kaza *et al.*, 2018).

Atreladas a esse cenário de degradação ambiental, pode-se citar algumas externalidades negativas, como a degradação dos sistemas naturais, a aceleração das mudanças climáticas, as perdas da biodiversidade e do capital natural, a degradação da terra, a poluição dos oceanos, a redução da qualidade do ar e o consequente risco de doenças às populações. Esses problemas também podem estar vinculados à falência do modelo de produção vigente, conhecido como Economia Linear (Ellen MacArthur Foundation, 2015; Kaza *et al.*, 2018).

No período imediatamente posterior à Primeira Guerra Mundial, a riqueza e a renda voltaram a aumentar devido à abertura de novos mercados para invenções e serviços inovadores, como telefone, automóveis, eletricidade e eletrodomésticos. Contudo, o ciclo demanda-suprimento foi interrompido pelo bloqueio financeiro de 1929 e a posterior crise financeira global. Desde então, tem sido desenvolvido um modelo de obsolescência programada de bens de consumo, que tem como objetivo

tornar esses bens obsoletos mais rapidamente, isto é, com tempo de vida útil mais curto que o necessário. Desse modo, esses produtos passam a ser substituídos rapidamente, estimulando o consumo acelerado e o mercado (Andrews, 2015; Araújo; Queiroz, 2017).

Durante muito tempo, a obsolescência programada encorajou e aprimorou a economia linear, um modelo econômico baseado na geração de valor impulsionada pelo desperdício, em que os produtos de consumo são submetidos a um processo de fabricação, a uma rede de distribuição e varejo, ao uso dos consumidores, à coleta dos resíduos e, por fim, ao despejo em aterros sanitários ou esgotos, ou à incineração (Andrews, 2015; Ellen MacArthur Foundation, 2015; Oliveira; Lago, 2018). Esse modelo vem beneficiando indústrias, fornecedores de energia e produtores de matérias-primas, mas, por outro lado, o meio ambiente vem sendo continuamente degradado devido à retirada de materiais finitos e à geração de um excesso de resíduos (Andrews, 2015; Araújo; Queiroz, 2017). As origens da Economia Linear datam da Revolução Industrial. No século XVIII, houve um aumento da quantidade, da variedade e da velocidade da produção devido à mecanização e ao desenvolvimento de novos sistemas de produção. Esse crescimento baseou-se no princípio “pegue-faça-use-descarte” (Andrews, 2015).

Esse modelo de obsolescência programada aumentou os lucros das empresas, mas funcionou como um sistema de negócios no qual os consumidores se tornaram desperdiçadores e devedores. Pode-se observar o exemplo da indústria de eletrônicos, em que são impostas dificuldades na etapa de desmontagem e a consequente indução do consumidor à compra de um produto novo, geralmente atribuída a danos em componentes e dificuldade de reparo e/ou substituição de itens do produto defeituoso (Andrews, 2015; Araújo; Queiroz, 2017). A literatura especializada cita que as práticas de reparo, reutilização e reciclagem eram comuns durante e imediatamente após a Segunda Guerra Mundial, uma vez que os recursos eram racionados ou direcionados para o chamado esforço de guerra. Terminado o período de racionamento, os produtos passaram a ser novamente descartados ao final de sua utilização (Andrews, 2015; Araújo; Queiroz, 2017).

Como se sabe, a economia linear ainda se encontra vigente, porém, tem se tornado cada vez menos sustentável. Devido à iminência de riscos ambientais e econômicos, governos e empresas de diferentes segmentos têm atuado de forma a minimizar as flutuações relacionadas ao preço e à disponibilidade de matérias-primas. Um estudo realizado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), de 2011, avaliou a ideia de não inter-relacionar a geração de riqueza e o consumo de recursos, difundida no modelo tradicional linear (Unep, 2011).

O objetivo do denominado “descolamento de recursos/impactos” é tornar a taxa de produtividade dos recursos mais rápida que a taxa de crescimento econômico, isto é, utilizar menos solo, água, energia e materiais para manter o crescimento econômico, melhorar o bem-estar humano e reduzir os impactos ambientais negativos advindos de qualquer uso de recursos naturais. Apesar de necessárias, como o aumento na ecoeficiência dos processos, as mudanças quantitativas não se mostraram suficientes; existe uma demanda qualitativa que visa à utilização de recursos renováveis e à maximização do reaproveitamento dos resíduos gerados em contrapartida à redução do consumo de recursos. O mesmo estudo do Pnuma sugere que esse “descolamento” exige medidas disruptivas, como a remoção de barreiras tecnológicas e institucionais, de modo a impulsionar a inovação na produtividade dos recursos, e o uso de impostos ou a redução de subsídios, para aumentar os preços dos recursos conforme os seus aumentos de produtividade, por exemplo (Unep, 2011; Ribeiro; Kruglianskas, 2014).

Entre as propostas para uma mudança dos padrões de produção e consumo, encontra-se o conceito de economia circular, um modelo que busca a circularidade no uso de materiais e energia de forma intencional desde o projeto dos produtos (Ribeiro; Kruglianskas, 2014). Segundo Geng *et al.* (2012), a economia circular é originária da teoria do desenvolvimento ecoindustrial e baseia-se na filosofia de que economia e meio ambiente saudáveis podem coexistir (Araújo; Queiroz, 2017). Na figura 1, é possível observar a comparação entre os dois modelos econômicos, onde se denota que os resíduos gerados pelas cadeias produtivas são dispostos no ambiente ao final da economia linear e retornam ao ciclo produtivo na economia circular.

Figura 1 – Esquema comparativo entre economia linear e economia circular



Fonte: Adaptado de Sauv , Bernard e Sloan (2016).

Esse modelo encontra-se fundamentado em três princípios, que serão discutidos de modo mais aprofundado no capítulo 1: i) preserva o e aumento do capital natural por meio do controle dos estoques finitos e do equilíbrio dos fluxos de recursos renováveis; ii) otimiza o da produ o de recursos devido   circula o de produtos, componentes e materiais; e iii) fomento   eficácia do sistema, revelando as externalidades negativas e excluindo-as dos projetos (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

O modelo circular surgiu há décadas, mas as discussões relacionadas   sua implementa o são recentes, particularmente no Brasil. Em 2012, esse conceito foi melhor difundido em escala mundial quando a Funda o Ellen MacArthur lançou, em colabora o com a McKinsey & Company, uma série de relatórios econ micos, intitulados “Em dire o a uma economia circular”, que destacou a importância de acelerar a transi o para o modelo circular e seus potenciais benefícios para diferentes *stakeholders*, tornando-se uma referência sobre o tema (Azevedo, 2015).

Um estudo publicado por Araújo e Queiroz (2017) apontou que a economia circular   uma política de regulamenta o cada vez mais popular na China e na União Europeia para abordar questões referentes ao desenvolvimento sustentável, sendo adotada pelos governos locais como uma prioridade na política regulatória nacional. A Comissão Europeia iniciou, em 2014, uma série de estudos relacionados ao

desperdício alimentar e à seleção e ao desenvolvimento de indicadores que permitem a implementação da economia circular (Bonciu, 2014). Na China, o modelo circular foi pauta governamental em 2002 e tornou-se lei em 2009, com a Lei de Promoção da Economia Circular, visando à promoção da “Produção mais limpa”, de políticas de incentivo ao uso de resíduos e de projetos-pilotos de economia circular, entre outras medidas (Unep, 2011).

O conhecimento da economia circular tem se expandido não somente em grandes empresas, como também nas pequenas e médias. Tavares (2018) apresentou diversas iniciativas já realizadas, na forma de estudos de caso, por 43 empresas distribuídas por quinze setores econômicos, entre elas: Danone (alimentos), Unilever (bens de consumo), Equinor (antiga Statoil, energia) e Nike (materiais esportivos). A Danone, por exemplo, possui o projeto “Novo ciclo”, que busca inserir embalagens recicladas novamente à cadeia da companhia. A Unilever atua com diretrizes *design for recyclability* por meio da embalagem modular, *design* para desmontagem e remontagem, maior uso de refis, reciclagem e uso de resíduos pós-consumo reciclados, como nas embalagens da linha TRESemmé, que já contêm 25% de material reciclado. A Equinor, além de investir em energias renováveis e projetos de captura e estocagem de carbono, comercializa o enxofre resultante do seu processo de desulfurização para a indústria de fertilizantes. A Nike já reduziu em 60% o desperdício de materiais com a tecnologia Nike Flyknit e implementou o programa Nike Grid, que possibilitou utilizar plásticos recicláveis em 71% de produtos da marca. De modo a viabilizar a implementação desse conceito, muitas dessas empresas aplicaram novos modelos de negócios, que envolvem a cadeia de suprimentos circular, recuperação e reciclagem, extensão da vida útil, plataforma de compartilhamento e produto como serviço (Lacy; Rutqvist, 2015, p. 117; Esposito; Tse; Soufani, 2018).

Observa-se assim um vasto campo para estudo do tema, devendo ser levado tanto para o âmbito de governos e reguladores, que precisam se envolver através de políticas, legislação e tributação para promover a economia circular em seus países, quanto para o âmbito acadêmico (Stahel, 2016; Araújo; Queiroz, 2017).

Por tratar de um conceito em construção, porém de grande potencial, este livro destina-se a ampliar o conhecimento sobre as inovações e os modelos de negócio que podem estar sendo gerados pelas formas de circularidade decorrente desse modelo de produção. Além deste capítulo introdutório, nos capítulos 1 e 2, encontra-se a divulgação do conceito de economia circular profundamente embasado na literatura, bem como algumas formas de medição da circularidade nos níveis macro (cidades), meso (parques industriais) e micro (produtos). No capítulo 3, são mostrados alguns exemplos de cursos *on-line* sobre o tema e áreas transversais e palestras sobre o assunto em plataformas virtuais como o TED. No capítulo 4, são apresentados os atores pioneiros e suas respectivas iniciativas nesse modelo, como a Fundação Ellen MacArthur e a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (United Nations Industrial Development Programme – UNIDO). No capítulo 5, são discutidos os modelos de negócios circulares, como a logística reversa, a simbiose industrial, entre outros. No capítulo 6, demonstra-se o comportamento da economia circular no âmbito das pesquisas científicas, incluindo o histórico, os países e as áreas das publicações. Nos capítulos seguintes, alguns modelos de negócios circulares são detalhados, a saber: logística reversa, no capítulo 7, com exemplos em prática no mercado, como o da Coca-Cola e o retorno das suas embalagens, bem como em pesquisas acadêmicas; simbiose industrial, no capítulo 8, explorando as possibilidades da simbiose local e virtual; e *chemical leasing*, no capítulo 9, com alguns exemplos práticos e premiados, como o da parceria entre a Ecolab e o Hotel Windsor Atlântica. Outro exemplo é a participação das empresas por alguns setores da economia, quais sejam: biotecnologia, no capítulo 10; energia, no capítulo 11, onde são correlacionados os respectivos exemplos por tipo de *building block* da economia circular; moda, no capítulo 12, destacando a economia criativa como fator de peso para a economia circular nesse setor; indústria química, no capítulo 13, com exemplos práticos por tipo de *building block* da economia circular; e indústria do aço, no capítulo 14, onde são discutidas as iniciativas globais e nacionais desse setor, como o projeto Era-Min de incentivo financeiro e o sistema de autossuficiência energética da Ternium, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ANDREWS, D. The circular economy, design thinking and education for sustainability. *Local Economy*, [s.l.], v. 30, n. 3, p. 305-315, 2015.

ARAÚJO, T. D.; QUEIROZ, A. A. F. S. Economia circular: breve panorama da produção científica entre 2007 e 2017. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 19., 2017, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo: FEA/USP, 2017, p. 1-17.

AZEVEDO, J. L. A economia circular aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 11., 2015, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: Transformação Organizacional para a Sustentabilidade, 2015. p. 1-16.

BONCIU, F. The european economy: from a linear to a circular economy. *Romanian Journal of European Affairs*, [s.l.], v. 14, n. 4, p. 78-91, 2014.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Rumo à economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição. [S.l.]: *Ellen MacArthur Foundation*, 2015. 22 p. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a-a%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf. Acesso em: 5 out. 2020.

ESPOSITO, M.; TSE, T.; SOUFANI, K. Introducing a circular economy: new thinking with new managerial and policy implications. *California Management Review*, Berkeley, v. 60, n. 3, p. 5-19, 2018.

GENG, Y. *et al.* Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 216-224, 2012.

KAZA, S. *et al.* *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank, 2018. 295 p. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. Acesso em: 5 out. 2020.

LACY, P.; RUTQVIST, J. *Waste to wealth: the circular economy advantage*. Londres: Palgrave Macmillan, 2015. 296 p.

OLIVEIRA, M. M.; LAGO, A. Repensando a cadeia produtiva: uma abordagem com base no conceito de economia circular. In: SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO, 6., 2018, Porto Alegre. *Anais [...]*. Porto Alegre: Serviços Ecosistêmicos no Agronegócio, Faculdade de Agronomia, 2018. p. 1-10.

RIBEIRO, F. M.; KRUGLIANSKAS, I. A. Economia circular no contexto europeu: conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 16., 2014, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo: FEA/USP, 2014. p. 1-16.

SAUVÉ, S.; BERNARD, S.; SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, [s.l.], v. 17, p. 48-56, 2016.

STAHEL, W. R. The circular economy. *Nature*, London, v. 531, n. 7595, p. 435-438, 2016.

TAVARES, A. S. *A cadeia produtiva da indústria química no contexto da economia circular*. 2018. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

UNEP. *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth: a report of the working group on decoupling to the International Resource Panel*. [S.l.]: Unep, 2011. 174 p.

I. O que é de fato a economia circular?

Aline Tavares
Suzana Borschiver

Em 1987, o relatório publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) da Organização das Nações Unidas (ONU) formalizou o conceito de desenvolvimento sustentável, definindo-o como aquele que “satisfaz as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas próprias necessidades” (Almeida, 2015, p. 43). No entanto, apesar dessa iniciativa, o modelo de produção linear e a cultura do consumismo ainda geram desperdício de matérias-primas e produtos acabados.

De acordo com a Waste Atlas,¹ uma plataforma mundial de dados estatísticos sobre resíduos sólidos urbanos, cerca de 1,9 bilhões de toneladas de resíduos são gerados por ano. Dessa quantidade, 30% não são coletados, e os 70% restantes, encaminhados a aterros sanitários. Nos aterros, 19% dos resíduos são reciclados, e 11%, transformados em energia.

Diante desse contexto, a economia circular apresenta-se como modelo alternativo para a coexistência saudável entre economia e meio ambiente. Visando à consolidação de um sistema em que produtos e materiais sejam valorizados, a escolha das matérias-primas, o *design* dos produtos e o aproveitamento dos subprodutos tornam-se aspectos essenciais nessa nova forma de produção.

1 Waste Atlas é um mapa interativo e de contribuição aberta sobre resíduos sólidos no mundo. Disponível em: <http://www.atlas.d-waste.com/>. Acesso em: 5 out. 2020.

Apesar de a discussão sobre esse modelo ser recente, pode-se afirmar que a ideia básica de sustentabilidade e, por conseguinte, a essência da economia circular, foi introduzida desde o século XVIII pelo químico Antoine Laurent Lavoisier. Em 1785, ele postulou a lei da conservação das massas, enunciada por: “Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma” (Souza, [s.d.]).

A origem da economia circular é abordada na literatura como produto de diversas escolas de pensamento, sendo as principais a Teoria Geral dos Sistemas e a Ecologia Industrial, conforme reportado por Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016). A primeira apresenta uma abordagem holística, em que os fenômenos devem ser vistos como resultado da integração entre os componentes do sistema, a aprendizagem organizacional e o desenvolvimento dos recursos humanos; enquanto a segunda dita o sistema industrial e seu ambiente como um ecossistema comum, caracterizado por fluxos contínuos de material, energia e informação, formando ciclos fechados e reduzindo o desperdício.

Outras escolas de pensamento (quadro 1) foram incorporadas e adaptadas na literatura ao longo do tempo e serviram para complementar o conceito de economia circular conhecido atualmente.

Esse conceito vem ganhando representatividade há mais de uma década, não somente na literatura, como também no âmbito das organizações, com o apoio de grandes instituições, como a Fundação Ellen MacArthur, a Comissão Europeia, a British Standards Institution (BSI), a Circle Economy, o Waste and Resources Action Programme (WRAP), entre outras, as quais iniciaram programas e parcerias com organizações públicas e privadas para acelerar a transição do modelo linear de produção e serviços para o modelo circular (Tavares, 2018).

Quadro 1 – Escolas de pensamento que deram origem à economia circular

ESCOLA DE PENSAMENTO/ AUTOR(ES)	CONCEITO CENTRAL
<i>Design Regenerativo</i> (John T. Lyle, 1970)	Todos os sistemas podem ser projetados de forma regenerativa (os processos se renovam ou regeneram as fontes de energia e materiais que consomem).

(continua)

(continuação)

ESCOLA DE PENSAMENTO/
AUTOR(ES)

CONCEITO CENTRAL

Economia de Desempenho (Walter Stahel, 2006)	O Stahel's Product-Life Institute possui quatro objetivos principais: extensão da vida do produto, bens de longa vida, atividades de condicionamento e prevenção de resíduos. Destaca também a importância de ofertar serviços em vez de produtos.
Cradle to Cradle (Michael Braungart e William McDonough, 2003)	Considera todos os materiais envolvidos nos processos industriais e comerciais como nutrientes técnicos e biológicos. A estrutura se concentra no <i>design</i> para a efetividade em impacto positivo, o que a diferencia do foco tradicional do projeto na redução de impactos negativos.
Ecologia industrial (Roland Clift e Thomas E. Graedel, 2001)	É o estudo de fluxos de materiais e energia através de sistemas industriais em malha fechada, cujos resíduos servem como insumos, eliminando a noção de subprodutos indesejáveis.
Biomimética (Janine Benyus, 2003)	Utiliza a natureza como modelo para criação de projetos e processos para a solução de problemas humanos.
Capitalismo Natural (Amory Lovins, 2008)	Estuda o valor monetário que pode ser obtido dos ecossistemas, controlando os estoques finitos, equilibrando o fluxo de recursos renováveis e otimizando reservas.
Economia Azul (Günter Pauli, 2010)	É um movimento <i>open source</i> iniciado por Günter Pauli e entregue ao Clube de Roma na forma de manifesto. Objetiva utilizar os recursos disponíveis em cascata, e o desperdício de um produto torna-se o insumo para criar um novo fluxo de caixa.

Fonte: Tavares (2018).

Cabe aqui citar o modelo de produção e serviços designado como restaurador e regenerativo por *design* da Fundação Ellen MacArthur (2013), que busca gerar ou manter valor em toda a cadeia. Por restaurador, entende-se a recuperação dos recursos gastos em novos produtos e serviços; por regenerativo, a recuperação dos sistemas biológicos. Esse conceito pode ainda ser dividido entre ciclo técnico e ciclo biológico, como mostra a figura 2.

Figura 2 – Ciclo biológico e técnico da economia circular



Fonte: Elaboração própria com base em Ellen MacArthur Foundation (2015a).

Como pode ser observado, o ciclo biológico compreende a gestão de fluxo de materiais renováveis e as atividades relativas ao uso de insumos biológicos para a obtenção de bioprodutos, de modo a regenerar os componentes da biosfera (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Tais materiais ou produtos são utilizados como produtos de consumo e podem ser alterados biologicamente, quimicamente ou fisicamente durante o uso; portanto, entram na biosfera por natureza ou intenção humana (compostagem ou recuperação de energia, p. ex.). Pode-se citar como exemplos: papel, bioplásticos, produtos de limpeza, cosméticos, entre outros (CCPII, 2016).

Já o ciclo técnico corresponde à gestão dos estoques de materiais finitos e não consumidos por sistemas biológicos. Nessa rota, os produtos obtidos por via sintética podem ser compartilhados, reutilizados, remanufaturados ou reciclados, promovendo a restauração dos seus componentes e, por fim, o fechamento do ciclo produtivo, como pode ser alcançado nas cadeias produtivas de metais e plásticos (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Vale ressaltar que os bioplásticos podem

ser direcionados ao ciclo técnico ao seguirem pelas estratégias de reciclagem citadas, isto é, quando reutilizados ou reciclados, por exemplo. Nesse ciclo, pode haver também produtos utilizados como serviços, em que a posse do consumidor é desfeita e este se torna um usuário (CCPII, 2016). A Airbnb e a Uber são grandes exemplos dessa nova concepção de consumo, caracterizada pela servitização de quartos e de carros, respectivamente.

A Fundação Ellen MacArthur (2015a) relaciona a economia circular a três princípios básicos/ações:

a) Equilíbrio da gestão dos recursos renováveis e dos estoques finitos: isso pode ser alcançado, por exemplo, com a entrega virtual de produtos e serviços, evitando o desperdício de recursos primários na fabricação dos materiais físicos. Se há a necessidade de materialização, procura-se utilizar recursos renováveis que apresentem melhor desempenho, na medida do possível.

b) Otimização da circulação dos produtos por maior tempo possível, tanto no nível biológico quanto no técnico, mantendo desempenho e valor. No ciclo biológico, os produtos devem ser projetados para serem consumidos ou metabolizados pela biosfera de modo seguro, transformando-os em nutrientes para outras aplicações, num ciclo em cascata. No ciclo técnico, remete-se às estratégias de reuso, remanufatura, reciclagem e compartilhamento. Sempre que possível, procura-se utilizar os menores sistemas circulares internos – reuso ou manutenção, em vez de reciclagem –, preservando a energia e outros tipos de valor intrínsecos aos materiais e componentes. Assim, a economia circular prevê que, quanto mais longa for a duração de cada ciclo, menor será o consumo de insumos, energia e mão de obra envolvidos na criação de um novo produto ou componente, principalmente para produtos que demandam energia.

c) Diminuição ou eliminação de externalidades negativas desde o início: esse princípio remete ao início das cadeias produtivas pela necessidade de repensar o sistema produtivo e ao redesenho dos produtos a fim de evitar a geração de resíduos e os problemas ambientais já conhecidos, como poluição, liberação de substâncias tóxicas, aquecimento global, entre outros.

Vale ressaltar que esse modelo não pode se resumir somente à reciclagem e/ou ao reúso. É evidente que esses são fatores importantes para a ligação entre o final e o início da cadeia produtiva e, por isso, não devem ser negligenciados. Além disso, focar somente na redução de insumos, energia e/ou emissões de poluentes, por exemplo, também não significa estar fazendo economia circular. Essas medidas não deixam de ser importantes para o desenvolvimento sustentável, pois contribuem para a redução dos impactos na natureza e tornam os processos mais eficientes; entretanto, isso não interrompe o fluxo linear dos recursos, continuando a oferecer o consumo desenfreado ao final da cadeia e resultando em uma desaceleração do esgotamento dos insumos.

Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016) consideram em seu estudo dois princípios inovadores e fundamentais do modelo circular. Um herdado da Ecologia Industrial, em que os resíduos no final de sua vida útil sejam alimentados na cadeia industrial, tanto como fluxo de material quanto de energia; e outro herdado da Biomimética, uma vez que busca o meio ambiente como um exemplo a ser copiado para redesenhar as atividades de produção, em particular os padrões industriais ou de desenvolvimento. Desse modo, a inclusão desses princípios no *design* de produtos e processos permite fechar o ciclo de materiais e energia, maximizar o uso de resíduos e minimizar a extração de recursos naturais e a liberação de materiais tóxicos no meio ambiente. Complementar a esses princípios, a organização holandesa Circle Economy² considera sete elementos-chave para o funcionamento do modelo circular:

a) “Projetar para o futuro”: utilizar os materiais certos durante o processo de *design* de produtos, projetando-os para obter uma vida útil adequada e de uso futuro estendido;

b) “Tecnologia digital incorporada”: usar plataformas e tecnologias digitais *on-line* que fornecem informações entre os atores da cadeia de suprimentos, otimizando o uso de recursos e fortalecendo as conexões;

c) “Preservar e estender o que já foi feito”: maximizar a vida útil dos recursos em uso e proporcionar uma segunda vida útil por meio de estratégias de reúso, reparo ou atualização, quando aplicável;

2 Ver Circle Economy ([s.d.]).

d) “Priorizar recursos regenerativos”: utilizar recursos renováveis, reutilizáveis e não tóxicos como materiais e fonte de energia de maneira eficiente;

e) “Utilizar resíduos como recurso”: usar fluxos de resíduos como fonte de recursos secundários para reutilização e reciclagem;

f) “Repensar o modelo de negócio”: considerar modelos de negócios que se baseiam na interação entre produtos e serviços, criando oportunidades e incentivos de maior valor; e

g) “Colaborar para criar valor conjunto”: trabalhar juntos em toda a cadeia de suprimentos, internamente nas organizações e no setor público, para aumentar a transparência e criar valor conjunto.

Nesse sentido, as estratégias de circularidade acima citadas devem ser pensadas de modo a integrar o projeto do produto voltado para o ciclo fechado a todos os *stakeholders* da cadeia, trazendo vários benefícios econômicos, ambientais e sociais.

De acordo com Stahel (2016), há estimativas de ganhos de até US\$ 500 milhões em materiais e de aumento da força de trabalho em cerca de 4%. Na Europa, até 2030, a perspectiva é de elevação da produtividade de recursos em 32% e de redução das emissões de dióxido de carbono em 48% (Ellen MacArthur Foundation, 2015a). Um estudo da consultoria McKinsey & Company (Europe’s..., 2015) prevê, uma vez adotados modelos circulares, uma redução de 1,8 trilhões de euros nos custos anuais de produção e uso de recursos para alimentos, mobilidade e construções e uma redução de externalidades (emissões, poluição, congestionamentos) até 2030, correspondente a 28% dos custos-base em 2015.

No campo ambiental, as oportunidades citadas pelo The Ex’tax Project *et al.* (2014) são, por exemplo, o deslocamento de 13% do imposto de trabalho para o uso e a eliminação de recursos – reduzindo as emissões de gases de efeito estufa em 8,2% – e o aumento de emprego em 2,9% em 27 estados-membros da União Europeia (UE). Wijkman e Skånberg (2017) reportaram que a energia renovável e a eficiência energética podem reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 50% para cinco estados-membros da UE, e esse resultado pode chegar a 70% com outras estratégias de economia circular.

Assim, a economia circular trata de um conceito que busca integrar o desenvolvimento econômico, social e ambiental de modo sustentável. Portanto, o modelo defende a ideia de que, ao final de sua vida útil, os produtos naturais ou sintéticos retornem para as suas respectivas cadeias produtivas, causando o menor impacto ambiental possível e aumentando a efetividade produtiva do processo como um todo. Pode-se, então, entender a economia circular como um novo modelo holístico de produção e serviços, que, devido aos seus princípios, reforça a necessidade de mudanças disruptivas nos processos de produção e padrões de consumo e novas políticas públicas. Ao mesmo tempo que se mostra desafiador, esse modelo apresenta-se como uma alternativa em potencial para reverter as externalidades negativas, como ineficiência no uso de recursos, volatilidade de preços, mudanças climáticas, falha na gestão dos resíduos urbanos em excesso, entre outros problemas globais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. R. dos S. *A percepção do usuário na avaliação do ciclo de vida das baterias de telefone celular*. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CCPII. Cradle to Cradle Products Innovation Institute. *Cradle to cradle certified product standard*. Version 3.1. [S.l.]: CCPII, 2016. 119 p. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/c2cwebsite/resources/certification/standard/STD_C2CCertified_ProductStandard_V3.1_030220.pdf. Acesso em: 5 out. 2020.

CIRCLE ECONOMY. *Making sense of the circular economy: the 7 key elements*. Circle Economy, [s.d.]. Disponível em: <https://www.circle-economy.com/circular-economy/7-key-elements>. Acesso em: 5 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Rumo à economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição. *Ellen MacArthur Foundation*, [S.l.], 2015a. 22 p. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf. Acesso em: 5 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards a circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition. *Ellen MacArthur Foundation*, [S.l.], 2013. v. 1. 98 p. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>. Acesso em: 5 out. 2020.

EUROPE'S circular-economy opportunity. Mckinsey & Company. Mckinsey & Company, 1ª set. 2015. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/europes-circular-economy-opportunity>. Acesso em: 5 out. 2020.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. *A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems*. Journal of Cleaner Production, [S.l.], v. 114, p. 11-32, 2016.

SOUZA, L. A. de. *Lei de Lavoisier*. Brasil Escola, [s.d.]. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/lei-lavoisier.htm>. Acesso em: 5 out. 2020.

STAHEL, W. R. The circular economy. *Nature*, Londres, v. 531, n. 7.595, p. 435-438, 2016.

TAVARES, A. S. *A cadeia produtiva da indústria química no contexto da economia circular*. 2018. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

THE EX'TAX Project et al. *New era. New plan. Fiscal reforms for an inclusive, circular economy. Case study the Netherlands*. Austerlitz, Netherlands: The Ex'tax Project, 2014. 166 p. Disponível em: https://ex-tax.com/wp-content/uploads/2019/09/The_Extax_Project_New_Era_New_Plan_report.pdf. Acesso em: 5 out. 2020.

WASTE ATLAS. *Waste Atlas*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.atlas.d-waste.com/>. Acesso em: 5 out. 2020.

WIJKMAN, A.; SKÅNBERG, K. The circular economy and benefits for society: jobs and climate clear winners in an economy based on renewable energy and resource efficiency. [S.l.]: The Club of Rome, 2017. 59 p. Disponível em: <https://clubofrome.org/wp-content/uploads/2020/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf>. Acesso em: 5 out. 2020.

II. Como medir a economia circular?

Renata Bandarra
Aline Tavares
Suzana Borschiver

O equilíbrio entre o crescimento econômico, o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente tem sido pauta de longas pesquisas. Um modelo de referência bastante citado na literatura é a Curva Ambiental de Kuznets (CAK), que relaciona o impacto ambiental em função do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* sob a forma de uma parábola invertida ou U-invertido (Sousa; Sousa; Santos, 2016). Nesse modelo os níveis de poluição e a desigualdade de renda são crescentes nos primeiros estágios de desenvolvimento (fase ascendente da curva) até um ponto de inflexão, a partir do qual a sociedade se tornaria mais madura com a preocupação ambiental, e a curva passaria a cair (Arraes; Diniz; Diniz, 2006; Sousa; Sousa; Santos, 2016).

Algumas das variáveis ambientais utilizadas por essa metodologia para medir o desenvolvimento sustentável estão relacionadas com a taxa de mortalidade, com a expectativa de vida, com a proporção da população sem acesso ao saneamento básico ou sem abastecimento de água, com o déficit na alfabetização de adultos e com a emissão de dióxido de carbono (CO₂) *per capita* (Arraes; Diniz; Diniz, 2006). Contudo, esse modelo não é plenamente aceito por muitos autores, por ser aplicado de forma igual tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. O problema ocorre porque se pressupõe que, além das leis e regulamentações ambientais, também a consciência ambiental dos cidadãos tende a ser mais avançada nos países desenvolvidos. Isso significaria dizer que países em desenvolvimento são necessariamente mais poluidores e geradores de maior impacto ambiental, o que nem sempre é verdade.

Outro fator não considerado na CAK é o retorno dos componentes à cadeia de valor (Arraes; Diniz; Diniz, 2006; Sousa; Sousa; Santos, 2016). Por isso, a tentativa de mensurar e quantificar os conceitos e ações relacionados à economia circular tem sido pesquisada e calculada sob a forma de indicadores de circularidade. Estes, por sua vez, serão úteis para avaliar empiricamente os efeitos do modelo circular, como, por exemplo, a rentabilidade do negócio, a criação de empregos e os impactos ambientais.

Os indicadores são medidas valiosas para os tomadores de decisões e políticos no alcance dos objetivos estabelecidos pela política da economia circular. Entretanto, a defasagem no conjunto de critérios de sustentabilidade adotados atualmente é criticada, uma vez que os indicadores sociais, empresariais, de materiais e de energia necessitam ser periodicamente revisados, à medida que mais dados são obtidos (Geng *et al.*, 2012).

Na literatura, os indicadores de circularidade são divididos em níveis macro (cidade, país), meso (parques industriais) e micro (produto, organização e consumidores individuais). Eles podem ser quantificados a partir de diferentes parâmetros (valor econômico, massa, energia) e em função de diferentes variáveis (fluxos, ações, mudanças de estoque) ou proporções. Na China, por exemplo, foram aplicadas avaliações emergenciais de intensidade de energia e mão de obra a diversos parques industriais (Linder; Sarasini; Van Loon, 2017).

No nível macro, os indicadores medem o impacto socioeconômico da economia circular alcançado por países ou cidades. Além de auxiliar na avaliação, monitoramento e melhorias de políticas e programas, essas métricas têm ganhado força dentro das esferas políticas de União Europeia, Japão e China, que têm utilizado a abordagem da Material Flow Analysis (MFA),¹ para aplicação em suas economias (Linder; Sarasini;

1 Análise de fluxo de materiais é um procedimento quantitativo para determinar o fluxo de materiais e energia através da economia. Para isso, usa metodologia de input/output, incluindo informações sobre materiais e economia. A análise captura o balanço de massa na economia, onde os inputs (extração + importações) são iguais aos outputs (consumo + exportações + acúmulo + resíduos). Com isso, pergunta-se se o fluxo de materiais envolvidos é sustentável em relação ao peso ambiental que cria (Pincetl, 2012).

Van Loon, 2017; Banaité, 2016). Por exemplo, na China, a economia circular foi adotada como política nacional de desenvolvimento sustentável, tendo sido promulgadas leis e regulamentações para facilitar a implementação de projetos de demonstração. Sendo o primeiro país a divulgar nacionalmente indicadores de circularidade, vale citar aqui alguns dos indicadores macro reportados: consumo de energia por unidade de PIB, consumo de água por produto unitário em setores industriais chave, taxa de reciclagem de plásticos e emissões de dióxido de enxofre (SO₂).

No nível meso, a MFA também tem sido utilizada para avaliar a simbiose, ou seja, o nível de troca de materiais, entre indústrias e o sistema urbano. Os indicadores meso podem ser compostos por fatores, como número total de empresas, diversidade de setores industriais envolvidos nas atividades, grau de conectividade entre as indústrias, entre outros. Em relação aos indicadores finais, Geng *et al.* (2012) reportaram, como exemplos, o consumo de energia e de água por unidade de valor de produção industrial, a taxa de reciclagem de resíduos sólidos industriais, a proporção industrial de reutilização de água e a quantidade total de resíduos sólidos industriais para disposição final.

Um exemplo nesse nível foi aplicado no setor da silvicultura, por meio de um estudo feito por pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Linköping, na Suécia, em 2007, em que se avaliou o fluxo de materiais e de energia da simbiose entre uma fábrica de celulose, uma serraria, uma rede de aquecimento urbano e uma planta de biocombustíveis no país. O modelo demonstrou os benefícios econômicos gerados, como baixos custos financeiros e estabilidade do sistema, e sugeriu pontos de melhoria, tais como perdas no transporte e possíveis conflitos de interesse causados pela redução de incentivos na minimização de desperdícios e economia de energia (Karlsson; Wolf, 2008).

Nos níveis macro e meso, as métricas desenvolvidas se encontram mais bem estabelecidas, porém, ainda são encontradas controvérsias para medir a circularidade das organizações e de seus produtos, isto é, no nível micro. Algumas iniciativas neste último já podem ser encontradas, como a da Fundação Ellen MacArthur, por exemplo, que identificou quatro categorias para a avaliação da circularidade nesse nível:

produtividade dos recursos, atividades circulares, geração de resíduos, energia e emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Pauliuk, 2018).

Em 2015, a Fundação, em conjunto com a Granta Design, criou “O Projeto de Indicadores de Circularidade”, que fornece às empresas uma metodologia e ferramentas da *web*, como o Indicador de Circularidade de Material ([Material Circularity Indicator](#) – MCI) Product-Level Dynamic Modelling Tool e o Company-Level Aggregator Tool. O objetivo foi avaliar o desempenho de um produto ou empresa, respectivamente, no contexto da economia circular, permitindo que as empresas estimem o quão avançadas estão em sua jornada de transformação do linear ao circular. Essa metodologia é integrada ao pacote MI: Product Intelligence,² permitindo aos usuários analisarem e avaliarem uma série de riscos ambientais, regulamentares e de cadeia de suprimentos para seus projetos e produtos (Ellen MacArthur Foundation, [s.d.]).

Em 2017, a BSI experimentou um padrão para o nível micro, que denominou BS 8001:2017. Esse padrão contém uma lista de definições, princípios e um painel de indicadores como guias de gerenciamento para a implementação da economia circular nas organizações (BSI, [s.d.]). Entretanto, esse padrão tem sido alvo de questionamentos por não determinar a obrigatoriedade a algum requisito, não podendo então reivindicar a conformidade, nem realizar alguma forma de certificação. Além disso, estabelece que as empresas sejam exclusivamente responsáveis pelos indicadores adequados, não existindo um ponto de partida ou uma ordem predeterminada e, com isso, pode tornar-se vago e flexível (Pauliuk, 2018).

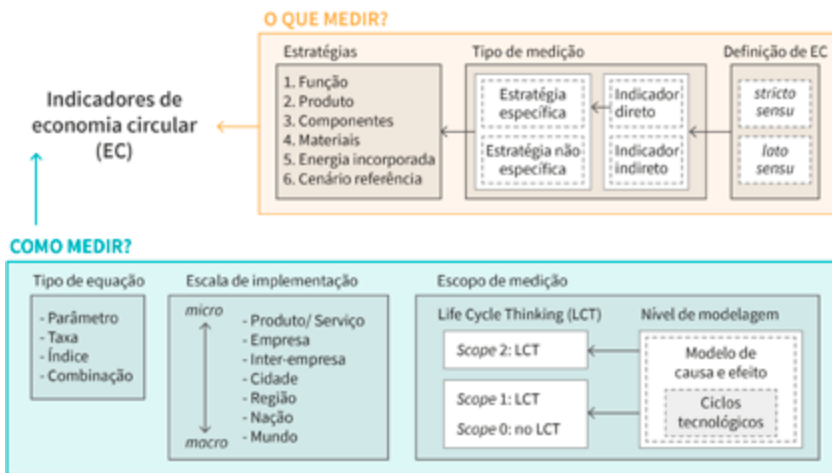
Outros autores, como Linder, Sarasini e Van Loon (2017), apresentam um índice de circularidade financeira, que é a proporção entre o valor econômico recirculado de componentes em fim de ciclo de vida e o valor total do produto. Di Maio e Rem (2015 *apud* Pauliuk, 2018) propõem o Índice de economia circular, ou Circular Economy Index (CEI), como valor material (reciclagem) em porcentagem do valor do material (novo produto). Scheepens *et al.* (2016 *apud* Pauliuk, 2018) propõem

2 Com o MI: Product Intelligence, os usuários podem importar, construir e editar contas de materiais para produtos ou projetos através de um aplicativo web, o MI: BoM Analyzer, ou podem trabalhar dentro de um sistema de CAD (Ellen MacArthur Foundation, [s.d.]).

um indicador que relacione os custos de redução da poluição ambiental das atividades econômicas com o valor de mercado dos produtos e serviços fornecidos.

Moraga *et al.* (2019) realizaram uma revisão da literatura, em que analisaram 319 artigos relacionados a métrica e indicadores de economia circular, consolidando as informações em um *framework* de classificação (figura 3). Para isso, usaram como base a abordagem Pensamento do Ciclo de Vida (PCV), que busca analisar os impactos potenciais de um produto ou serviço por meio de uma visão sistêmica, incluindo as interações das etapas de *design*, produção, consumo e disposição final com as dimensões ambientais, econômicas e sociais.

Figura 3 – Indicadores de economia circular em escala micro



Fonte: Adaptado de Moraga *et al.* (2019).

Baseados nisso, os autores dividiram a economia circular em *stricto sensu* (focada na redução do uso de recursos naturais e no fluxo circular de recursos) e *lato sensu* (focada na sustentabilidade de forma mais ampla, considerando os impactos que essas estratégias têm na economia, no meio ambiente e na sociedade). Já o *framework* foi dividido em três escopos: *Scope 0*, medição das propriedades físicas do ciclo tecnológico sem a abordagem PCV; *Scope 1*, medição das propriedades físicas

do ciclo tecnológico usando a abordagem PCV; e *Scope 2*, indicador que mede os efeitos do ciclo tecnológico sob o ponto de vista ambiental, econômico e/ou social em uma relação de causa e efeito. Ao perceberem que essa divisão leva em consideração principalmente o ciclo tecnológico, o *framework* foi subdividido em indicador direto (quando existem estratégias específicas) e indicador indireto (quando não existe estratégia específica), podendo-se citar, por exemplo, a taxa de reciclagem específica a um material (direto) e o índice deecoinovação (indireto), que classifica a eficiência de recursos dos países europeus, sendo utilizado como auxiliar na abordagem de economia circular.

No que tange às estratégias utilizadas para medir a economia circular, Moraga *et al.* (2019) identificaram seis, sendo elas: i) preservar as funções; ii) preservar os produtos; iii) preservar os componentes; iv) preservar os materiais; v) recuperar a energia; e vi) usar a economia linear como referência de cenário (figura 3). A partir dos resultados, pode-se verificar que a maioria dos indicadores pesquisados é do tipo direto com estratégias específicas, com foco na preservação de materiais (estratégia 4), e distribuídos nos *Scopes 1* e *2*, principalmente alcançando a abordagem PCV.

Assim, como se pode perceber, muito deverá ser estudado para definir o alcance da economia circular nos mais diversos setores, culturas e economias. A economia circular pode trazer grandes benefícios e oportunidades, desvinculando o crescimento econômico da degradação ambiental, aumentando a rentabilidade da empresa e a vantagem competitiva e criando novas oportunidades de emprego em nível local. Nesse sentido, os indicadores, ou a combinação de vários deles, são essenciais, tanto para avaliar o desempenho de um país, organização ou produto quanto para identificar políticas públicas de incentivo a uma maior circularidade.

A questão atual é padronizar a medição da circularidade em nível global, isto é, como empresas e governos podem garantir de modo sistêmico que estão sendo circulares e quais desafios precisam ser enfrentados para alcançar tamanha padronização. Diferentes *players* interpretam a economia circular de maneiras distintas e ambíguas, muitas vezes não esclarecendo onde o fator de sustentabilidade é aplicado. Por ser um conceito recente, ainda não é bem compreendido pelos atores que

podem fazer uma diferença positiva. Para equilibrar isso, são necessárias medidas robustas e legítimas de circularidade em uma atuação conjunta entre as esferas de poder na intenção de avaliar a eficiência da sua implementação em todos os níveis.

REFERÊNCIAS

ARRAES, R. A.; DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. *RER*, Rio de Janeiro, v. 44, n. 3, p. 525-547, 2006.

ÁVILA, E. S. de; DINIZ, E. M. Evidências sobre curva ambiental de Kuznets e convergência das emissões. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 97-126, 2015.

BANAITÉ, D. Towards circular economy: analysis of indicators in the context of sustainable development. *Social Transformations in Contemporary Society*, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 142-150, 2016.

BSI. The rise of the circular economy: BS 8001 circular economy. *BSI.*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.bsigroup.com/en-GB/standards/benefits-of-using-standards/becoming-more-sustainable-with-standards/Circular-Economy/>. Acesso em: 7 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Material circularity indicator. *Ellen Macarthur Foundation*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/material-circularity-indicator>. Acesso em: 7 out. 2020.

GENG, Y. et al. Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 23, n. 1, p. 216-224, 2012.

KARLSSON, M.; WOLF, A. Using an optimization model to evaluate the economic benefits of industrial symbiosis in the forest industry. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 16, n. 14, p. 1536-1544, 2008.

LINDER, M.; SARASINI, S.; VAN LOON, P. A metric for quantifying product-level circularity. *Journal of Industrial Ecology*, [S.l.], v. 21, n. 3, p. 545-558, 2017.

MORAGA et al. Circular economy indicator: what do they measure?. *Resources, Conservation & Recycling*, [S.l.], v. 146, p. 452-461, 2019.

PAULIUK, S. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. *Resources, Conservation and Recycling*, [S.l.], v. 129, p. 81-92, 2018.

PINCETL, S. A living city: using urban metabolism analysis to view cities as life forms. In: ZEMAN, F. (ed.). *Metropolitan sustainability: understanding and improving the urban environment*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2012. p. 3-25.

SOUSA, L. C. R.; SOUSA, D. S. P.; SANTOS, R. B. N. Curva ambiental de Kuznets: uma análise macroeconômica entre crescimento econômico e impacto ambiental de 2005 a 2010. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 227-246, 2016.

III. A economia circular além dos horizontes

Renata Bandarra
Aline Tavares
Suzana Borschiver

O mundo está se tornando mais circular. É um efeito da globalização a difusão das informações em tempo real, que permite que uma ideia concebida na Europa seja aplicada na América na mesma semana. Com a internet, tudo ficou mais rápido, especialmente o enorme fluxo de dados e parcerias internacionais realizadas. No intuito de expandir ainda mais os nossos horizontes e promover contribuições além das apresentadas neste livro, apresentamos agora ao leitor diversos cursos (MOOCs) e palestras (TED) sobre economia circular, nos quais instituições e profissionais inspiradores trazem suas experiências ao público de forma gratuita, na intenção de disseminar iniciativas sustentáveis e fazer do mundo um lugar melhor para nossos filhos e netos.

MOOCs

Massive Open Online Courses (MOOCs) são cursos *on-line*, em sua maioria gratuitos, de livre acesso, sem limite de participantes. Seguem uma estrutura convencional de ensino, com videoaulas, leituras e exercícios. Diversos cursos também disponibilizam fóruns, onde os alunos podem interagir entre si, com professores e monitores. O material é gravado por professores universitários e profissionais de empresas, trazendo visibilidade para eles e consolidando o ensino a distância como uma poderosa ferramenta de aprendizado.

Entre as plataformas de ensino do tipo MOOCs, algumas se destacam pela variedade de temas e pelo prestígio das instituições de ensino que disponibilizam os cursos, entre elas: Coursera, Udemy, edX, Udacity (focada em programação), FutureLearn e Veduca (brasileira).

Com o interesse de ajudar a difundir conhecimentos sobre a economia circular, apresentamos no quadro 2 uma seleção de MOOCs para quem deseja se aprofundar no assunto. Os cursos são ministrados em inglês e possuem opção de legendas, em sua maioria também em inglês, exigindo algum conhecimento do idioma.

Quadro 2 – Massive Open Online Courses de economia circular

CURSO	PLATAFORMA	INSTITUIÇÃO	DURAÇÃO	DEDICAÇÃO
The Circular Economy	Udemy	MGT Open	3h	41 aulas
Fundamentals of Intelligent Sustainable Business	Udemy	Dep. de Recursos Naturais de Illinois	4h	24 aulas
Reverse Logistics Management and Sustainability	Udemy	Operational Excellence Training	3h	23 aulas
Circular Economy: an introduction	edX	Delft University of Technology (Holanda)	7 semanas	3-6h/ semana
Engineering Design for a Circular Economy	edX	Delft University of Technology (Holanda)	6 semanas	3-4h/ semana
Sustainable Packaging in a Circular Economy	edX	Delft University of Technology (Holanda)	6 semanas	3-4h/ semana
Waste Management Recycling and Critical Raw Materials	edX	Delft University of Technology (Holanda)	6 semanas	4-6h/ semana
Circular Economy Metals	Coursera	Universiteit Leiden (Holanda)	6 semanas	5-7h/ semana

(continua)

(continuação)

CURSO	PLATAFORMA	INSTITUIÇÃO	DURAÇÃO	DEDICAÇÃO
Circular Economy – Sustainable Material Management	Coursera	Lund University (Suécia) e parceiros	5 semanas	4-8h/ semana
Fashion and Sustainability	Future Learn	London College of Fashion	6 semanas	3h/ semana

Links para os cursos citados:

The Circular Economy - <https://www.udemy.com/the-circular-economy/>

Fundamentals of Intelligent Sustainable Business - <https://www.udemy.com/fundamentals-of-intelligent-sustainable-business/>

Reverse Logistics Management and Sustainability - <https://www.udemy.com/reverse-logistics-management-and-sustainability/>

Circular Economy: an introduction - <https://www.edx.org/course/circular-economy-an-introduction-0>

Engineering Design for a Circular Economy - <https://www.edx.org/course/engineering-design-for-a-circular-economy>

Sustainable Packaging in a Circular Economy - <https://www.edx.org/course/sustainable-packaging-in-a-circular-economy>

Waste Management Recycling and Critical Raw Materials - <https://www.edx.org/course/waste-management-recycling-and-critical-raw-materials>

Circular Economy Metals - <https://www.coursera.org/learn/circular-economy-metals>

Circular Economy – Sustainable Material Management - <https://www.coursera.org/learn/circular-economy>

Fashion and Sustainability - <https://www.futurelearn.com/courses/fashion-and-sustainability>

Fonte: Elaboração própria.

TED Talks

TED Conferences LLC é uma empresa de mídia que desde 1990 organiza conferências anuais e as disponibiliza *on-line* de forma gratuita. A sigla TED vem de Tecnologia, Entretenimento e *Design*, como foi conceitualmente idealizada por Richard Saul Wurman, seu fundador, e carrega o lema “Ideas worth spreading” (“Ideias que valem a pena espalhar”, em

tradução livre). A conferência acontece em Vancouver, British Columbia (Canadá).

A seleção de palestrantes é bastante rigorosa, já tendo passado por seus palcos ex-presidentes, CEOs e fundadores de empresas bilionárias, além de diversos ganhadores de Prêmios Nobel. Cada palestrante tem até dezoito minutos para se apresentar e impressionar o mundo. Essa estrutura enxuta e de grande valor informativo fez com que a marca se expandisse, sendo criadas diversas ramificações, como o TEDx, responsável por eventos independentes similares, organizados após a obtenção de uma licença da organização TED, que condiciona certos princípios para o uso gratuito da marca. Todas as palestras são ministradas obrigatoriamente em inglês, porém, são disponibilizadas legendas colaborativas em diversos idiomas, inclusive português.

No quadro 3 são apresentados diversos TED Talks que abordam a temática economia circular e sustentabilidade, a começar pela apresentação da Ellen MacArthur, que, em sua palestra, conta como sua experiência de vida, após velejar o mundo sozinha, a fez enxergar como os recursos são finitos, ponto de partida para a criação da Fundação que leva o seu nome, referência mundial no assunto. Encorajamos o leitor a assistir alguns (ou todos) vídeos, são inspiradores.

Quadro 3 – Exemplos de TED Talks relacionados com o tema economia circular e sustentabilidade

AUTOR	TÍTULO	DATA DO EVENTO	LINK
Ellen MacArthur	“The surprising thing I learned sailing solo around the world”	20.3.2015	https://www.youtube.com/embed/oolxHVXgLbc
DK Osseo-Asare	“What a scrapyard in Ghana can teach us about innovation”	30.8.2017	https://www.youtube.com/watch?v=i_wtaoHCw3k
David Katz	“The surprising solution to ocean plastic”	6.12.2017	https://www.youtube.com/watch?v=mT4Qbp89nIQ

(continua)

(continuação)

AUTOR	TÍTULO	DATA DO EVENTO	LINK
Kate Raworth	“A healthy economy should be designed to thrive, not grow”	11.4.2018	https://www.youtube.com/watch?v=Rhrcbcg8HBw
Peter Harris	“Taking trash talk to a whole new level”	2.9.2015	https://www.youtube.com/watch?v=fH35qCT39WY

Fonte: Elaboração própria.

Em 28 de novembro de 2017, ocorreu uma conferência independente chamada TEDx Donauinsel Salon em Viena (Áustria), cujo tema foi *Circular Economy*. Dentre os seis palestrantes da noite, destacamos a carioca Camila Carvalho, fundadora da plataforma denominada “Tem açúcar?”, uma iniciativa que incentiva o empréstimo de objetos entre vizinhos a fim de evitar o hiperconsumo e o descarte, tendo se tornado a maior rede social entre vizinhos da América Latina. No quadro 4 são listadas todas as palestras proferidas nessa conferência.

Quadro 4 – Palestras proferidas na conferência TEDx Donauinsel Salon

AUTOR	TÍTULO	LINK
Camila Carvalho	“Regenerating the world starting with your neighborhood”	https://www.youtube.com/watch?v=J1w6KMPGC1I
Martin Ackermann	“Waste is a resource. Make yourself some money!”	https://www.youtube.com/watch?v=M1mtoerINhA
María Mendiluce	“The Circular Economy is everybody’s business”	https://www.youtube.com/watch?v=Lsgc8m73YcU
Santiago McCausland	“Hyper-degradation: a new concept in waterless cleaning”	https://www.youtube.com/watch?v=GC8gxNQh9u4

(continua)

(continuação)

AUTOR	TÍTULO	LINK
Hui Mien Lee	“Driving resource efficiency through circular business model”	https://www.youtube.com/watch?v=sIC1PM3dnns
Yakob Reed	“How space exploration is helping us save the environment”	https://www.youtube.com/watch?v=6Uozvj_QjLw

Fonte: Elaboração própria.

Considerações finais

Como pode ser observado a partir dos cursos e palestras aqui apresentados, a economia circular cada vez mais se consolida como uma tendência global de uma sociedade preocupada com o futuro do planeta. Cabe a nós abraçarmos esse conceito e nos inspirarmos no que já foi feito para também deixarmos a nossa contribuição. As fontes disponíveis sobre o assunto são inesgotáveis.

E aí, qual passo na direção de um mundo mais circular você dará hoje?

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, Martin. *Waste is a resource. Make yourself some money!*. TEDx Talks, Vienna, TEDx Donauinsel Salon, 28 nov. 2017. 1 vídeo (11min11s). Palestra. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=M1mtoerlNhA>. Acesso em: 6 out. 2020.

CARVALHO, Camila. *Regenerating the world starting with your neighborhood*. TEDx Talks, Vienna, TEDx Donauinsel Salon, 28 nov. 2017. 1 vídeo (11min19s). Palestra. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=J1w6KMPGC1I>. Acesso em: 6 out. 2020.

EDX. *Circular economy: an introduction.*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.edx.org/course/circular-economy-an-introduction-0>. Acesso em: 6 out. 2020.

EDX. *Engineering design for a circular economy.* [s.d.]. Disponível em: <https://www.edx.org/course/engineering-design-for-a-circular-economy>. Acesso em: 6 out. 2020.

EDX. *Sustainable packaging in a circular economy*. [s.d.]. Disponível em: <https://www.edx.org/course/sustainable-packaging-in-a-circular-economy>. Acesso em: 6 out. 2020.

EDX. *Waste management recycling and critical raw materials*. [s.d.]. Disponível em: <https://www.edx.org/course/waste-management-recycling-and-critical-raw-materials>. Acesso em: 6 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *The surprising thing I learned sailing solo around the world*. TEDx Talks, Vancouver, TED, 20 mar. 2015. 1 vídeo (16min47s). Palestra. Disponível em: <https://www.youtube.com/embed/oolxHVXgLbc>. Acesso em: 6 out. 2020.

FASHION and sustainability. *Future Learn*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.futurelearn.com/courses/fashion-and-sustainability>. Acesso em: 6 out. 2020.

HARRIS, Peter. *Taking trash talk to a whole new level*. TED Institute/UPS, Atlanta, 2 set. 2015. 1 vídeo (9min55s). Palestra. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fH35qCT39WY>. Acesso em: 6 out. 2020.

KATZ, David. *The surprising solution to ocean plastic*. TEDx Talks, São Francisco, TED Institute/IBM, 6 dez. 2017. 1 vídeo (11min53s). Palestra. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mT4Qbp89nIQ>. Acesso em: 6 out. 2020.

LEE, Hui Mien. *Driving resource efficiency through circular business model*. Vienna: TEDx Donauinsel Salon, 28 nov. 2017. TEDx Talks, 1 vídeo (7min35s). Palestra. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=sIC1PM3dnns>. Acesso em: 6 out. 2020.

MCCAUSLAND, Santiago. *Hyper-degradation: a new concept in waterless cleaning*. TEDx Talks, Vienna, TEDx Donauinsel Salon, 28 nov. 2017. 1 vídeo (12min51s). Palestra. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GC8gxNQh9u4>. Acesso em: 6 out. 2020.

MENDILUCE, María. *The circular economy is everybody's business*. TEDx Talks, Vienna, TEDx Donauinsel Salon, 28 nov. 2017. 1 vídeo (8min25s). Palestra. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Lsgc8m73YcU>. Acesso em: 6 out. 2020.

OSSEO-ASARE, DK. *What a scrapyard in Ghana can teach us about innovation*. TEDx Talks, Arusha, Tanzânia, TED, 30 ago. 2017. 1 vídeo (14min17s). Palestra. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=i_wtaoHCw3k. Acesso em: 6 out. 2020.

PECK, Philip. *Circular economy: sustainable materials management*. Coursera, [s.d.]. Disponível em: <https://www.coursera.org/learn/circular-economy>. Acesso em: 6 out. 2020.

REED, Yakob. *How space exploration is helping us save the environment*. TEDx Talks, Vienna, TEDx Donauinsel Salon, 28 nov. 2017. 1 vídeo (5min30s). Palestra. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=6Uozvj_QjLw. Acesso em: 6 out. 2020.

TED. *A Healthy economy should be designed to thrive, not grow*. Palestra proferida por Kate Raworth. Vancouver: TED, 11 abr. 2018. 1 vídeo (15min53s). Publicado pelo canal TED. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Rhrbcg8HBw>. Acesso em: 6 out. 2020.

UDEMY. *Fundamentals of intelligent sustainable business*. [s.d.]. Disponível em: <https://www.udemy.com/fundamentals-of-intelligent-sustainable-business/>. Acesso em: 6 out. 2020.

UDEMY. *Reverse logistics management and sustainability*. [s.d.]. Disponível em: <https://www.udemy.com/reverse-logistics-management-and-sustainability/>. Acesso em: 6 out. 2020.

UDEMY. *The circular economy*. [s.d.]. Disponível em: <https://www.udemy.com/the-circular-economy/>. Acesso em: 6 out. 2020.

VOET, Ester van Der. *A Circular Economy of Metals: Towards a Sustainable Societal Metabolism*. Coursera, [s.d.]. Disponível em: <https://www.coursera.org/learn/circular-economy-metals>. Acesso em: 6 out. 2020.

IV. Quem são os atores que já atuam com a economia circular?

*Aline Tavares
Suzana Borschiver*

A economia circular vem apresentando um interesse crescente na literatura mundial, principalmente a partir de 2004, caracterizada por publicações variadas, que vão desde anais de conferências a artigos científicos, livros e cursos. Lieder e Rashid (2016) reportaram que o número de publicações sobre o tema quase triplicou entre 2010 e 2015 e dobrou entre 2012 e 2015.¹ Na base de dados Scopus,² por exemplo, pode-se visualizar um crescimento de pelo menos seis vezes no número de publicações entre 2015 e 2020.³ Os autores também salientaram a quantidade expressiva de publicações de origem chinesa, consequência da implantação da economia circular como política nacional em 2009, quando foram promulgadas leis e regulamentações para facilitar a implementação de projetos circulares no país.

O quadro 5 ilustra alguns exemplos de organizações que têm trabalhado com o tema, destacando-se os tipos de organização, seus países-sede e um breve resumo dos principais objetivos propostos por cada uma para a implementação da economia circular.

1 27 publicações em 2015, 10 em 2010 e 14 em 2012, no mesmo período em junho.

2 Referencial da Editora Elsevier, que indexa títulos acadêmicos revisados por especialistas, títulos de acesso livre, anais de conferências, publicações comerciais, séries de livros, páginas web de conteúdo científico e patentes de escritórios (Scopus, [s.d.]).

3 A quantidade de publicações por ano encontra-se descrita no capítulo 6.

Quadro 5 – Exemplos de organizações que atuam na difusão da economia circular

ORGANIZAÇÃO	PAÍS-SEDE	ATUAÇÃO	FONTE
Afeka Institute of Circular Engineering and Economy	Israel	Plataforma para o desenvolvimento de soluções tecnológicas de engenharia e de negócios para a economia circular e criação de parcerias. O Instituto também oferece treinamento acadêmico em engenharia e gerenciamento.	1
C40 Cities Climate Leadership Group	EUA	Grupo formado por representantes de mais de 96 metrópoles do mundo, com o foco no combate às mudanças climáticas e na condução de ações urbanas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e os riscos climáticos.	2
Circle Economy	Holanda	Empresa social que organiza programas, ferramentas, publicações e campanhas internacionais de modo a facilitar tomadas de decisão e planos de ação.	3
Circular Flanders	Bélgica	Centro de apoio da repartição pública do governo de Flandres (Bélgica), que, em parceria com governos, empresas e sociedade, promove iniciativas com foco em biomassa, materiais, energia, água e espaço na região.	4
Confederação Nacional da Indústria (CNI)	Brasil	Organização do setor industrial brasileiro que atua na defesa e promoção de políticas públicas que favoreçam a produção e o empreendedorismo.	5
Connect 4 Climate	EUA	Programa de parceria global do Communication for Climate Change Fundo Fiduciário de Multidoadores (Multi-Donor Trust Fund – MDTF) do World Bank Group, que trabalha para comunicar as mudanças climáticas, em parceria com organizações internacionais, empresas, instituições acadêmicas, redes de mídia e sociedade.	6

(continua)

(continuação)

ORGANIZAÇÃO	PAÍS-SEDE	ATUAÇÃO	FONTE
Ellen MacArthur Foundation	Inglaterra	Organização sem fins lucrativos com o objetivo de acelerar a transição para a economia circular por meio de parcerias com empresas, governo e academia.	7
Exchange 4 Change	Brasil	Consultoria que busca impulsionar a economia circular adaptada à realidade brasileira.	8
Financiadora de Estudos e Projetos (Finep)	Brasil	Empresa pública brasileira de financiamento de projetos de ciência e tecnologia em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas	9
Forum for the Future	Inglaterra	Organização sem fins lucrativos que trabalha com empresas, governos e indivíduos para promover soluções sustentáveis.	10
Heschel Sustainability Center	Israel	Direciona a indústria para o uso mais eficiente de recursos e o tratamento de problemas ambientais por meio de novas tecnologias.	11
ICE Amsterdam	Holanda	Implement Circular Economy (ICE). A organização oferece consultoria para empresas e representações governamentais implementarem medidas circulares.	12
Ideia Circular	Brasil	Iniciativa brasileira de educação e comunicação sobre economia circular, <i>design</i> circular e <i>cradle to cradle</i>	13
Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (Neitec)	Brasil	Grupo de estudos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que atua em pesquisa, ensino e projeto de extensão sobre economia circular e seus modelos de negócios. Atua também nas áreas de gestão da inovação, inteligência competitiva, prospecção tecnológica e monitoramento tecnológico e mercadológico.	14

(continua)

(continuação)

ORGANIZAÇÃO	PAÍS-SEDE	ATUAÇÃO	FONTE
Sistema B	EUA	Empresa que mede os impactos sociais e ambientais e realiza certificação segundo critérios de governança, funcionários, meio ambiente, modelos de negócio e comunidade (fornecedores/distribuidores). A certificação é entregue pelo B Lab, uma entidade sem fins lucrativos dos Estados Unidos.	15
United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)	Áustria	Agência especializada da ONU que tem atuado em ações globais na transição para a economia circular, como, por exemplo, um dos modelos de negócios da economia circular denominado <i>chemical leasing</i> , que será abordado no capítulo 9.	16
WRAP	Inglaterra	Waste and Resources Action Programme (WRAP). Organização inglesa que realiza pesquisa e consultoria com instituições governamentais, empresas, instituições de caridade e indivíduos em ações sustentáveis nos setores de alimentos, têxtil, agricultura, eletroeletrônico, gestão de resíduos, autoridades locais e serviço de alimentação.	17

Fontes correspondentes:

- 1 - <https://www.aicee.afeka.ac.il/>
- 2 - <https://www.c40.org/>
- 3 - <https://www.circle-economy.com/>
- 4 - <http://www.vlaanderen-circulair.be/nl>
- 5 - <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>
- 6 - <https://www.connect4climate.org/>
- 7 - <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>
- 8 - <http://e4cb.com.br/>
- 9 - <http://www.finep.gov.br/>
- 10 - <https://www.forumforthefuture.org/>
- 11 - <https://heschel.org.il/>
- 12 - <http://www.ice-amsterdam.nl/>

13 - <https://ideiacircular.com/>

14 - <https://neitec.com/>

15 - <http://www.sistemab.org/>

16 - <https://www.unido.org/>

17 - <http://www.wrap.org.uk/>

Fonte: Elaboração própria.

Entre os atores apresentados, vale destacar alguns. A Fundação Ellen MacArthur, por exemplo, é considerada atualmente uma das referências globais no tema economia circular, conforme já citado na Introdução, com diversas parcerias com organizações privadas e filantrópicas, governos e instituições de ensino, que somam mais de oitenta envolvidos.

A Fundação procura disseminar a economia circular por meio de cinco diretrizes: i) empresas; ii) governos; iii) *insight*; iv) educação; e v) iniciativas sistêmicas. Através de cada uma delas, atua com variados programas, como mostra o quadro 6.

Quadro 6 – Programas de atuação da Fundação Ellen MacArthur por diretrizes

DIRETRIZ	PROGRAMAS
Empresas	<i>Project MainStream</i> : busca soluções efetivas para a cadeia dos plásticos, a integração de <i>Big Data</i> com a economia circular e a captura de valor a partir de resíduos orgânicos.
	CE100: auxilia corporações globais para a implementação das práticas circulares em seus negócios.
Governo	<i>Circular Cities Network</i> : plataforma de trocas de conhecimentos entre cidades pioneiras na implementação das práticas circulares.
	<i>Toolkit for Policymakers</i> : oferece métodos e ferramentas para implementação de políticas públicas.
Insight	Resource Conservative Manufacturing (ResCoM): metodologias e ferramentas para captura do valor da remanufatura e reuso de produtos por meio de <i>design</i> , modelos de negócio, cadeia de suprimentos e tecnologia.

(continua)

(continuação)

<i>DIRETRIZ</i>	<i>PROGRAMAS</i>
	<p>Indicadores de Circularidade: avaliam o desempenho de uma empresa ou um produto no contexto da economia circular.</p> <hr/> <p>Publicações: estudos elaborados pela Fundação em conjunto com as organizações parceiras.</p> <hr/>
Educação	<p>Universidades: parceria com universidades para programas de pesquisa e/ou ensino focados em disciplinas alvo de educação comercial, <i>design</i> e engenharia (Ex.: <i>Schmidt MacArthur Fellowship</i>: programa internacional para estudantes de pós-graduação desenvolverem um projeto centrado em conceitos, ferramentas e modelos inovadores em prol da economia circular.).</p> <hr/> <p><i>Disruptive Innovation Festival</i>: evento <i>on-line</i> que reúne empresários, <i>designers</i>, indústria e empreendedores para explorar e responder à economia em mudança.</p> <hr/> <p>Cursos: de curta ou longa duração, presenciais ou <i>on-line</i>, oferecidos por universidades e organizações parceiras.</p> <hr/>
Iniciativas Sistêmicas	<p><i>Circular Fibres Initiative</i>: busca analisar o fluxo de materiais da cadeia têxtil, seus respectivos impactos e como torná-la circular.</p> <hr/> <p><i>New Plastics Economy</i>: participação de <i>stakeholders</i> da cadeia dos plásticos em busca de soluções no <i>design</i> dos plásticos de modo a minimizar os seus resíduos.</p> <hr/>

Fonte: Elaboração própria.⁴

Outro ator atuando em nível global é a UNIDO, agência especializada da ONU que possui seis projetos globais relacionados com a economia circular: SwitchMed; Chemical Leasing (será abordado no capítulo 9); Mercury Programme – Goldmining; Montreal Protocol – ODS; Montreal Protocol – Kigali Amendment; e Stockholm Convention – POPs (UNIDO, [s.d.]). O programa SwitchMed, por exemplo, iniciado em 2018 e com duração prevista de 48 meses, visa reduzir a pegada ambiental das atividades econômicas existentes no sul do Mediterrâneo (Argélia,

4 Elaborada a partir de dados disponibilizados no site da Fundação Ellen MacArthur. Disponível em: ellenmacarthurfoundation.org. Acesso em: 6 out. 2020.

Egito, Israel, Jordânia, Líbano, Marrocos, Palestina e Tunísia) de modo a estimular a criação de oportunidades de negócios e empregos, além de estratégias de produção e consumo sustentáveis e um ambiente político mais propício para uma economia verde (UNIDO, 2018).

Já o C40 Cities Climate Leadership Group possui foco no ambiente urbano, visando reduzir as emissões de gases de efeito estufa e as mudanças climáticas, que conversam diretamente com os princípios de economia circular. Nesse sentido, o grupo, formado por 96 cidades do mundo distribuídas pelos cinco continentes, assumiu o compromisso de atuar em cinco frentes: i) energia e construção; ii) transporte e planejamento urbano; iii) alimento, resíduo e água; iv) qualidade do ar; e v) implementação/adaptação (C40, [s.d.]).

A cidade de Hong Kong, por exemplo, iniciou um projeto em 2015 para melhorar a eficiência energética de edifícios e reduzir as emissões de carbono em 70% até 2030 e o uso de energia, em 40% até 2025. Para isso, implementou estratégias denominadas Acelerar, Colaboração e Tecnologia (ACT). Para “Acelerar”, o Departamento de Serviços Elétricos e Mecânicos (Electrical and Mechanical Services Department – EMSD) da cidade tem se utilizado de legislações, como a Portaria de Eficiência Energética de Edifícios (Buildings Energy Efficiency Ordinance – BEEO) e o Esquema de Rotulagem Obrigatória de Eficiência Energética (Mandatory Energy Efficiency Labelling Scheme – MEELS), aplicadas em produtos de bens de consumo. Como forma de ampliar a “Colaboração”, o EMSD possui parceria com a plataforma Energy Saving for All, de modo a estimular a participação da sociedade, e com o Hong Kong Green Building Council, na promoção de retrocomissionamento⁵ em edifícios, além de outras atuações colaborativas. No que tange à estratégia de “Tecnologia”, o departamento criou o setor denominado Inno-Office para estimular o desenvolvimento de soluções por meio de *startups*, universidades e usuários finais. Como resultado, espera-se uma economia estimada de 1.500 milhões de kWh/ano com (C40, 2020b). O BEEO em 2020 e de

5 Retrocomissionamento: consiste em uma investigação detalhada do sistema de ar-condicionado de um edifício, de modo a recuperar os requisitos conforto, qualidade do ar e eficiência do projeto. A auditoria inclui projeto executivo, instalação e condições de operação e desempenho atuais a fim de identificar problemas e otimizar o sistema (Programa..., 2017).

625 milhões de kWh/ano com a implementação completa da rotulagem de eficiência energética em dezembro de 2019, reduzindo as emissões de carbono em mais de 1,5 milhão de toneladas (C40, 2020b). Com isso, espera-se, até 2028, uma economia de energia acumulada a partir de edifícios novos e existentes em 27 bilhões de kWh, equivalendo à redução total de emissões de carbono de 19 milhões de toneladas (C40, 2020b).

No Brasil, participam do grupo as capitais Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Salvador. Um dos estudos de caso, pertencente à cidade carioca, trata da Unidade de Biometanização, inaugurada em dezembro de 2018, com o objetivo de tratar a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, independentemente de terem sido segregados na fonte, e produzir biogás e composto orgânico (C40, 2020b; Comlurb..., 2018). A tecnologia, pioneira no Brasil e na América Latina, foi desenvolvida por meio da parceria, desde 2012, entre a companhia brasileira Methanum Company e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A unidade possui capacidade para tratar 35 toneladas de resíduos orgânicos por dia e gerar 3.150 Nm³ de biogás por dia ou até 2.408 MWh de eletricidade por ano, equivalente a 14 MtCO₂ por ano, além de 10 a 20 toneladas de composto orgânico por dia (C40, 2020b).

Também contribuindo para a difusão da economia circular, o Instituto Afeka atua como uma plataforma para o desenvolvimento de soluções tecnológicas e de negócios, além de oferecer treinamento acadêmico em engenharia e gerenciamento.

A NUF Filtration, por exemplo, desenvolveu tecnologia de filtração em dispositivos de várias áreas que podem ser recuperados, como filtros médicos para diálise, purificadores de água de piscinas, equipamentos de reciclagem de lagoas de piscicultura, entre outros. Já a Repark desenvolveu um aplicativo que busca vagas de estacionamento próximo ao destino do motorista, aumentando a oferta em 30%. A ferramenta, que é colaborativa, reduz tempo e combustível na procura de estacionamento (Afeka, [s.d.]a).

No tocante às indústrias brasileiras, vale destacar a atuação da CNI na coordenação do Estudo Especial de economia circular da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) junto à International Organization for Standardization (ISO), no lançamento do *roadmap* “economia

circular: caminho estratégico para a indústria brasileira”; e ainda a realização de pesquisas no setor industrial nacional e da divulgação de experiências empresariais por meio de novos modelos de negócios no 8º Congresso Brasileiro de Inovação, ocorrido em 2019. Pesquisa realizada em 2019, por exemplo, mostrou que 88,2% dos empresários brasileiros avaliaram a economia circular como importante ou muito importante para a indústria brasileira, e que 76,5% das indústrias desenvolvem alguma iniciativa circular (CNI, [s.d.]). No capítulo 5, serão explorados os modelos de negócios em que a organização se orienta para a concretização do modelo circular no Brasil.

A Finep é outro órgão brasileiro que está atuando na implementação da economia circular no país, com iniciativas voltadas para o financiamento de projetos, como o Era-Min e o Finep Startup. No primeiro caso, trata-se de um consórcio formado pela Finep e 24 organizações financiadoras de pesquisa no mundo para apoiar projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) de empresas ou Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) brasileiras por meio de recursos denominados *grants* (não reembolsáveis). Seu foco é a cadeia de suprimento, produção, consumo, reutilização e reciclagem de matérias-primas dos segmentos metálicos, de construção civil e de minerais industriais (Finep, [s.d.]). O orçamento total correspondente às organizações financiadoras participantes na última chamada, realizada em 2018 (Era-Min 2), foi de aproximadamente 14,5 milhões de euros, dos quais 750 mil euros disponibilizados pela Finep. No segundo caso, o programa, iniciado em 2017, tem como objetivo apoiar *startups* de base tecnológica que estejam desenvolvendo soluções em variados temas, entre eles a economia circular. Seu objetivo é a buscar inovações que tratem da eliminação da poluição e do desperdício e da utilização dos materiais e recursos de modo regenerativo e restaurativo (Finep, [s.d.]b).

Por fim, o grupo de estudo Neitec, realizador deste livro, tem atuado na difusão da economia circular no Brasil por meio de projetos de pesquisa, projeto de extensão, publicações, participações em eventos, palestras, cursos e *workshops*. O projeto de extensão “Catalisando a economia circular”, por exemplo, iniciado em 2018, conta com a participação de professores e alunos de graduação e pós-graduação da UFRJ, além de

membro externo à universidade, para a elaboração de artigos relacionados ao tema e publicados no *blog* do Neitec,⁶ de modo a promover um fórum de discussão para o público em geral. Em outubro de 2019, foi realizado o “Workshop de economia circular” no Polo de Biotecnologia da UFRJ com o apoio do Parque Tecnológico da universidade, onde foram apresentados os conhecimentos gerados pelo projeto e *cases* das empresas Instituto Senai de Inovação, Toco Engenharia, Mancha Orgânica e Pólen, situadas no Parque Tecnológico.

Esses são alguns exemplos de iniciativas que representam um recorte dos variados tipos de atores e formas de atuação na difusão e implementação da economia circular no Brasil e no mundo. Não obstante, observa-se que se faz necessária a ampliação contínua das ações em prol do modelo circular com maior inclusão e diversificação de atores e, conseqüentemente, de soluções que busquem o fluxo de recursos de modo regenerativo e restaurativo.

REFERÊNCIAS

AFEKA INSTITUTE OF CIRCULAR ENGINEERING AND ECONOMY. *Israeli case studies*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.aicee.afeka.ac.il/case-studies>. Acesso em: 8 out. 2020.

AFEKA INSTITUTE OF CIRCULAR ENGINEERING AND ECONOMY. *Afeka*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.aicee.afeka.ac.il/>. Acesso em: 8 out. 2020.

C40 CITIES CLIMATE LEADERSHIP GROUP. *C40 cities*, [s.d.]a. Disponível em: <https://www.c40.org/>. Acesso em: 8 out. 2020.

C40 CITIES CLIMATE LEADERSHIP GROUP. The power of C40 cities. *C40 cities*, [s.d.]b. Disponível em: <https://www.c40.org/cities>. Acesso em: 8 out. 2020.

C40 CITIES CLIMATE LEADERSHIP GROUP. Case study: organic waste to biogas in Rio de Janeiro’s biomethanisation unit. *C40 Cities*, 7 fev. 2020a. Disponível em: https://www.c40.org/case_studies/rio-biomethanisation-unit. Acesso em: 8 out. 2020a.

C40 CITIES CLIMATE LEADERSHIP GROUP. Case study: strategic collaboration for better building efficiency in Hong Kong. *C40 Cities*, 31 jan. 2020b. Disponível em: https://www.c40.org/case_studies/hong-kong-building-cooperation. Acesso em: 8 out. 2020b.

CIRCLE ECONOMY. Disponível em: <https://www.circle-economy.com/>. Acesso em: 8 out. 2020.

6 Disponível em: <http://www.neitec.eq.ufrj.br/blog/>. Acesso em: 8 out. 2020.

CIRCULAR FLANDERS. *Vlaanderen Circular*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.vlaanderen-circulair.be/nl>. Acesso em: 8 out. 2020.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. *Economia circular*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>. Acesso em: 8 out. 2020.

COMLURB sai na frente e lança primeira unidade de biometanização da América Latina. *Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro*, 4 dez. 2018. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=8806038>. Acesso em: 08 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Ellen MacArthur Foundation*, [s.d.]. Disponível em: <http://ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 8 out. 2020.

EXCHANGE 4 CHANGE. *Exchange 4 Change*, [s.d.]. Disponível em: <http://e4cb.com.br/>. Acesso em: 8 out. 2020.

FINEP. Chamadas públicas: Era-Min 2018: matérias-primas para o desenvolvimento sustentável e economia circular. *FINEP*, 29 nov. 2018. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/628>. Acesso em: 8 out. 2020.

FINEP. Chamadas públicas: Programa de investimento em startups inovadoras. *Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas*, 4 fev. 2020. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/637>. Acesso em: 8 out. 2020.

FINEP. *Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/>. Acesso em: 8 out. 2020.

FORUM FOR THE FUTURE. *Forum for the Future*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.forum-forthefuture.org/>. Acesso em: 8 out. 2020.

HESCHEL SUSTAINABILITY CENTER. *Anna Lindh Foundation*, [s.d.] [Site institucional]. Disponível em: <https://www.annalindhfoundation.org/members/heschel-center-sustainability>. Acesso em: 8 out. 2020.

ICE AMSTERDAM. *ICE Amsterdam*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.ice-amsterdam.nl/>. Acesso em: 8 out. 2020.

IDEIA CIRCULAR. *Ideia Circular*, [s.d.]. Disponível em: <https://ideiacircular.com/>. Acesso em: 8 out. 2020.

LIEDER, M.; RASHID, A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 115, p. 36-51, 2016.

NEITEC. *Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos*, [s.d.]. Blog. Disponível em: <http://www.neitec.eq.ufrj.br/blog/>. Acesso em: 8 out. 2020.

PROGRAMA Brasileiro de Eliminação dos HCFCs. *Retrocomissionamento*, 23 maio 2017. Disponível em: <http://www.protocolodemontreal.org.br/site/pbh/projeto-gerenciamento-de-chillers/retrocomissionamento>. Acesso em: 8 out. 2020.

SCOPUS. *Scopus Preview*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.scopus.com>. Acesso em: 8 out. 2020.

SISTEMA B. *Sistema B*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.sistemab.org/>. Acesso em: 8 out. 2020.

SUSTAINABILITY NEWS. *Connect 4 Climate*. Disponível em: <https://www.connect4climate.org/>. Acesso em: 8 out. 2020.

TAVARES, A. S. *A cadeia produtiva da indústria química no contexto da economia circular*. 2018. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

UNIDO. United Nations Industrial Development Organization. *SwitchMed II*, [S.l.], 2018. 98 p. Disponível em: https://open.unido.org/api/documents/13581520/download/SwitchMed%20II_DoA.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

UNIDO. United Nations Industrial Development Organization. *UNIDO*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.unido.org/>. Acesso em: 8 out. 2020.

UNIDO. United Nations Industrial Development Organization. Circular economy, *UNIDO*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.unido.org/unido-circular-economy>. Acesso em: 8 out. 2020.

WRAP. *Wrap*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.wrap.org.uk/>. Acesso em: 8 out. 2020.

V. Modelos de negócios circulares

*Renata Bandarra
Suzana Borschiver
Aline Tavares*

Dentro das organizações, um modelo de negócio integra-se à cadeia de valor, que tem o propósito de criar, entregar e capturar valor. O modelo de economia linear, baseado em obtenção de recursos e venda de mercadorias, com foco na geração de lucro, vem sendo substituído pelo modelo de economia circular, que visa a um menor consumo de material com a eliminação de resíduos da cadeia de valor (Sariatli, 2017). Para que se substitua o modelo linear, as atividades primárias de uma cadeia de valor, como a criação e distribuição de um produto, além da assistência pós-venda, devem ser repensadas do mesmo modo que outras atividades dentro de uma organização, sendo essa uma decisão estratégica.

Para entender melhor as formas como a economia circular tem se apresentado, é necessário estudar quais são os modelos de negócio circulares. É nesse ponto que a literatura abre um leque de vertentes. A figura 4 apresenta os modelos de negócio circulares que vêm sendo aplicados no mundo e foram compilados no estudo de Tavares (2018), que se baseou principalmente nas diretrizes da Fundação Ellen MacArthur.

Figura 4 – Modelos de negócio circulares



Fonte: Elaboração própria.

A agricultura regenerativa tem como objetivo promover a produção de alimentos saudáveis, a criação de ciclos fechados de geração de insumos a partir de resíduos e a aplicação de práticas agrícolas conservadoras da natureza. O modelo visa também à regeneração e manutenção de todo o sistema de produção alimentar, incluindo as comunidades rurais e os consumidores. Pode-se citar, por exemplo, as práticas de rotação de culturas, compostagem e substituição de pesticidas por agentes naturais (Regeneration, [s.d.]).

A logística reversa é um modelo de logística empresarial que objetiva planejar, operar e controlar o fluxo de bens de pós-venda e pós-consumo, bem como o seu retorno ao ciclo de negócios ou produtivo (Leite, 2009). A Reciclanip, por exemplo, recolhe os pneus que não servem mais para uso em pontos de coleta e os destina para a reciclagem, onde são transformados em fonte de energia ou matéria-prima para a indústria de asfalto, laminação (solas de calçado, por ex.) e artefatos de borracha (tapetes para automóveis, por ex.) (Reciclanip, [s.d.]). No capítulo 7, são apresentados com mais detalhes o conceito desse modelo e sua aplicação.

No modelo de simbiose industrial, ocorre o intercâmbio de resíduos e insumos, otimização de energia, água, rejeitos e outros recursos entre variadas empresas, que podem estar situadas dentro da mesma área física (parques industriais) ou não, quando a integração transcende o limite físico (virtuais). Por exemplo, no parque industrial ecológico de Quzhou (província de Zhejiang, no Leste da China), formado por mais de trinta indústrias da área química, os dejetos de um ácido contido no gás freon é passado para uma empresa que produz o plástico policloreto de vinila (PVC), reduzindo o consumo desse ácido na produção de PVC e, conseqüentemente, o seu custo de produção (Lourenço; Chiaramonti, 2007). No capítulo 8, o conceito e a aplicação desse modelo podem ser vistos com mais detalhes.

No modelo denominado *chemical leasing*, os produtos químicos são comercializados com base no serviço realizado pela substância química, isto é, a unidade de pagamento passa a ser baseada na produtividade, em vez do volume, e os produtos não devem ser tóxicos. Pode-se citar o exemplo da parceria entre a companhia americana Ecolab e o hotel brasileiro Windsor Atlântica, cujos produtos de limpeza, antes comercializados em reais por quilo (R\$/Kg) ou galão de produto (baseados no volume), passaram a ser comercializados em reais por quarto ocupado por dia (baseados no serviço), levando a uma economia de R\$ 2,16/quarto ocupado por dia nos gastos do hotel (UNIDO, [s.d.]). No capítulo 9, são apresentados com mais detalhes o conceito desse modelo e sua aplicação.

A economia colaborativa baseia-se no conceito de valor compartilhado (*shared value*), no qual práticas interindustriais e intraindustriais permitem o intercâmbio de conhecimentos e recursos, investimento em inovação, formando uma rede de cooperação (Zingano, 2015). A Embraco, por exemplo, desenvolveu, em parceria com a Fisher & Paykel, fabricante neozelandesa de eletrodomésticos, e com a Universidade Federal de Santa Catarina, o primeiro compressor para geladeiras que funciona sem óleo lubrificante (Ovanessoff; Plastino; Faleiro, 2015). Dentro desse contexto, encontra-se a economia criativa, que desenvolve atividades, produtos ou serviços a partir do conhecimento criativo de indivíduos com vistas à geração de trabalho e renda. Maiores detalhes acerca do conceito desse modelo e formas de aplicação podem ser encontrados no capítulo 12.

No modelo produto como serviço, ou servitização, as empresas mantêm a posse dos bens produzidos, sendo responsáveis pela manutenção, e o cliente paga por usufruir das funções proporcionadas pelo produto. O preço por unidade de um produto passa a ser o preço por serviço, compartilhando a responsabilidade do produto/serviço (Witjes; Lozano, 2016). Exemplos clássicos desse modelo já implementados são as empresas Airbnb e Uber e as bicicletas compartilhadas do Itaú. Nesses casos, comercializa-se o uso de cada produto, em vez da sua posse, para que o consumidor usufrua do serviço de hotelaria, de transporte particular e de mobilidade urbana, respectivamente.

Por fim, o modelo *waste-to-energy* trata de tecnologias de obtenção de energia a partir de resíduos produzidos por diferentes setores industriais, da agricultura, de matadouros de animais e de resíduos sólidos urbanos, conforme reportado por Pan *et al.* (2014). O biogás, por exemplo, é um bioproduto com fins energéticos que pode ser obtido a partir de variados tipos de resíduos.

Por ser um conceito de crescimento recente, que ainda está sendo moldado, pode-se perceber diferentes nuances na caracterização dos modelos de negócio na economia circular, tendo diferentes autores apresentado seus pontos de vista. Entretanto, ao se fazerem algumas comparações entre essas perspectivas, é possível identificar algumas similaridades: o produto como serviço, o compartilhamento, a vida útil prolongada e os insumos circulares, por exemplo, apresentam a mesma abordagem, tanto pela CNI/Accenture Strategy quanto pela Fundação Ellen MacArthur. As cadeias de valor de produtos e serviços desses modelos circulares foram comparadas com seus equivalentes em modelos de negócio na economia linear, conforme apresentado no quadro 7.

Quadro 7 – Comparação entre a cadeia de valor de produtos e serviços em modelos de negócio na economia linear e na economia circular

MODELO DE NEGÓCIO	ECONOMIA LINEAR	ECONOMIA CIRCULAR
Produto como serviço	<ol style="list-style-type: none"> 1. Venda direta do produto. 2. A empresa compra o produto e fica responsável pelo seu uso e disposição. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior desempenho e vida útil prolongada. 2. A empresa vende o serviço, não o produto.

(continua)

(continuação)

<i>MODELO DE NEGÓCIO</i>	<i>ECONOMIA LINEAR</i>	<i>ECONOMIA CIRCULAR</i>
Compartilhamento	<ol style="list-style-type: none">1. Restrição a pessoas próximas.2. Custos relacionados a intermediações (transportes).3. Aquisição de produtos físicos.	<ol style="list-style-type: none">1. Consumo colaborativo.2. Compartilhamento a longa distância.3. Redução do custo de intermediação do produto.
Insumos circulares	<ol style="list-style-type: none">1. Esgotamento de recursos naturais finitos.2. Descarte de coprodutos e produtos durante e após o processo.3. Uso de materiais poluentes e menor recuperação de recursos.	<ol style="list-style-type: none">1. Insumos voltam à cadeia produtora/biosfera.2. Aumento da longevidade da cadeira de valor.3. Redução da dependência de insumos finitos.
Recuperação de recursos	<ol style="list-style-type: none">1. Alta demanda de capital natural.2. Desperdício de componentes.	<ol style="list-style-type: none">1. Recuperação de valor e função dos produtos e materiais.2. Consumidores finais têm papel-chave na devolução dos produtos.3. Transforma produto em fim de vida em outro novo.
Vida útil prolongada	<ol style="list-style-type: none">1. Descarte após um problema.2. Aumento de resíduos eletrônicos.	<ol style="list-style-type: none">1. Extensão da vida útil do produto.2. Reparo, manutenção, fácil desmontagem e remontagem.
Virtualização	<ol style="list-style-type: none">1. Custos relacionados às lojas físicas.2. Maior necessidade de estoques.	<ol style="list-style-type: none">1. Desmaterialização de ativos físicos e economia de espaço.2. Economia relacionada ao deslocamento dos clientes.3. Eliminação de estoques de produtos de baixo giro.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados de CNI (2018).

Para facilitar a compreensão dos elementos abrangidos por esses modelos de negócio, apresenta-se a seguir um breve delineamento das suas funcionalidades, com a inclusão de alguns exemplos.

Produto como serviço

Nesse tipo de modelo de negócio, a proposição de valor¹ direciona-se a fornecer serviços em conjunto com produtos, por meio de contratos ou ofertas de soluções (CNI, 2018). A empresa contratante descentraliza a obrigação de arcar com custos de manutenção e de monitorar de forma geral o produto ao contratar esse tipo de serviço da empresa fornecedora, uma empresa especializada, por ser esse o seu *core business*, tendo o objetivo de prolongar a vida útil e o desempenho do produto adquirido.

A Phillips, por exemplo, oferece serviços de “luz inteligente”. Com o *design* modular (controle e desmontagem mais facilitados), a companhia fica responsável por realizar os serviços de iluminação de uma empresa, gerindo todas as necessidades da contratante. Ao fim do período contratado, os produtos podem ser renovados ou reciclados, possibilitando a redução dos custos operacionais (Brummelhuis, [s.d.]).

Compartilhamento

É um tipo de modelo de negócio que tem como foco principal estender o uso de um produto através do compartilhamento (CNI, 2018). Também chamado de consumo colaborativo, possibilita o acesso ao produto sem que haja a necessidade de aquisição física ou troca monetária, tendo como uma finalidade a reutilização dos produtos. A internet figura como a principal tecnologia promotora da economia compartilhada, possibilitando a utilização de serviços em grande escala de forma simultânea e distribuída. Dentro desse modelo, pode-se destacar iniciativas voltadas para o estilo de vida colaborativo (*coworking*), mercados de redistribuição (troca de livros) e sistemas de serviços de produtos virtualizados (Netflix) (Villanova, 2015). A Shared Earth, por exemplo, é uma empresa americana que tem como objetivo compartilhar terras para o cultivo de alimentos, conectando quem tem terras e ferramentas com quem necessita delas para cultivo (Shared Earth, [s.d.]).

1 Conjunto de diferenciais no produto ou serviço ofertados e entregues ao cliente.

Insumos circulares

São modelos de negócio que usam matérias-primas recicladas, reconhecidas, regeneradas, remanufaturadas ou materiais não contaminados, podendo ocorrer no ciclo biológico ou técnico. O sucesso desse modelo está relacionado com o uso de insumos puros, ou seja, utilização de materiais sem combinação com outros, o que contribui para sua reutilização. O modelo de insumos circulares tem como objetivo aumentar a longevidade da cadeia de valor e reduzir a dependência de recursos finitos, utilizando produtos finais como matéria-prima do processo. Como exemplo, pode-se citar a CBPak, que produz um copo à base de fécula de mandioca brava capaz de absorver 3,74g de gases do efeito estufa (enquanto o copo plástico gera 16,69g), consumir 62 vezes menos água no processo de produção e ser compostado ao fim da vida. A empresa também retém a propriedade da embalagem, garantindo que o produto seja direcionado à compostagem (CNI, 2018).

Recuperação de recursos

Esse tipo de modelo de negócio tem como principal objetivo recuperar o valor e a função de produtos, componentes e materiais, podendo proporcionar a redução da demanda por capital natural, isto é, recursos naturais (renováveis ou não), como água, terra e minerais, quando vistos como meios de produção (CNI, 2018). O produto, no final do ciclo de vida, pode alimentar outro ciclo, promovendo cadeias de retorno através de serviços de reciclagem e *upcycling*. Desse modo, um novo produto, geralmente exclusivo, é criado a partir de material que seria descartado, apresentando qualidade igual ou superior à do produto original, agregando valor e evitando o desperdício.²

Empresas que produzem grandes volumes de subprodutos podem reduzir o desperdício de material ou a necessidade de tratamento de efluentes criando fluxos de retorno, ou seja, reinserindo esses subprodutos no próprio ciclo produtivo ou em outro processo que seja viável.

2 Ver Upcycling... (2019).

No setor de alimentos, por exemplo, esse modelo permite que a rede de supermercados americana Kroger converta resíduos alimentares em energia renovável, que é usada para alimentar seus escritórios e centros de distribuição. Além disso, o biogás produzido no processo já substituiu todo o gás natural antes usado pela empresa (Accenture, 2014).

Vida útil prolongada

Esse modelo baseia-se no aumento da vida útil de um produto (CNI, 2018), que antes seria desperdiçado, através de sua manutenção, melhoria e reparo, permitindo à empresa garantir que este permaneça economicamente útil pelo maior tempo possível. As atualizações do produto são feitas de forma direcionada, substituindo, por exemplo, um único componente (Accenture, 2014). No setor de eletroeletrônicos, a eStoks começou a coletar produtos novos, porém defeituosos, de redes de varejo e produtores parceiros (Magazine Luiza, Philips, Arno, Philco, entre outros) na região Nordeste e recuperar, reciclar ou aproveitar suas peças para reúso de componentes. Nesse caso, a aplicação desse modelo de negócio reduz custos de logística reversa, uma vez que a produção de itens se concentra nas regiões Sul e Sudeste. A empresa utiliza um algoritmo para escolher a melhor estratégia para manter o valor dos produtos, retornando-os ao mercado em seguida, onde são vendidos a preços mais acessíveis (CNI, 2018).

Virtualização

Com a virtualização, a infraestrutura física e os ativos podem ser substituídos por serviços digitais (CNI, 2018), tendo esse modelo e o de compartilhamento sido operacionalizados juntos. Utilizando como elemento principal da economia circular a desmaterialização, a virtualização torna viável, por exemplo, uma empresa diminuir seus estoques, economizando espaço, e o deslocamento de clientes até as lojas físicas (Barderi, 2017). Como exemplo desse modelo de negócio, pode-se citar as plataformas *e-commerce*, como a canadense Shopify, que possibilita

ao cliente a criação de uma loja virtual, permitindo o gerenciamento de vendas e garantindo que o *site* se adeque à tela de diferentes tipos de dispositivo do usuário, como *smartphones*, computadores ou *tablets*. Já a Vtex, uma multinacional brasileira, oferece soluções através de tecnologia de armazenamento para vendas, como, por exemplo, o “orquestrador inteligente”, que permite obter informações sobre todo o ciclo de vida de um produto, fornecendo uma sincronização bidirecional automática e possibilitando transparência em tempo real nas operações de vendedor e de mercado (Salles, 2018).

Considerações finais

Tendo em vista que a natureza cada vez mais se encontra incapaz de tolerar o atual nível de exploração de recursos, existe uma crescente busca por ações para suprir as necessidades do mercado. Nesse caso, a economia circular é uma opção viável e sustentável, possibilitando o fortalecimento da economia não apenas em nível local, mas também global.

Algumas empresas já perceberam esse fato e estão explorando o modelo circular no Brasil e no mundo. Neste capítulo, foram apresentados alguns exemplos, como a Phillips, que fornece serviço de “luz inteligente”, e a rede de supermercados Kroger, que converte resíduos alimentares em energia renovável. Graças às oportunidades oferecidas pela economia circular, novas perspectivas podem ser observadas, entre elas a agregação de valor ao “lixo” e o surgimento de novos negócios, sustentáveis e circulares, como os mostrados anteriormente.

REFERÊNCIAS

ACCENTURE. Circular advantage: innovative business models and technologies to create value in a world without limits to growth. *Accenture Strategy*, [S.l.], 2014. 24 p. Relatório. Disponível em: https://www.accenture.com/t20150523T053139__w__/usen/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_6/Accenture-Circular-Advantage-Innovative-Business-Models-Technologies-Value-Growth.pdf. Acesso em: 13 out. 2020.

BARDERI, M. T. *Aplicação dos princípios da economia circular em uma indústria de veículos comerciais*. 2017. 138 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Centro Universitário da FEI, São Paulo, 2017.

BRUMMELHUIS, A. Princípios fundamentais de um design de produto numa economia circular. *Phillips lighting*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.lighting.philips.pt/suporte/contacto/tendencias-em-iluminacao/connected-lighting/principios-fundamentais-de-um-design-de-produto-circular>. Acesso em: 18 nov. 2020.

CNI. National Confederation of Industry. *Circular economy: opportunities and challenges for the Brazilian industry*. Brasília: CNI, 2018. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/70/ef/70efcf44-703c-4ce3-bbe6-63647b66e491/circular_economy_opportunities_and_challenges_for_the_brazilian_industry.pdf. Acesso em: 13 out. 2020.

LEITE, P. R. *Logística reversa: meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

LOURENÇO, M. S.; CHIARAMONTI, C. O desenvolvimento sustentável e a economia circular: a experiência chinesa. In: FÓRUM UNIFAE SOBRE SUSTENTABILIDADE, 2., 2007, Curitiba: Unifae, 2007.

OVANESSOFF, A.; PLASTINO, E.; FALEIRO, F. Por que o Brasil precisa aprender a confiar na inovação colaborativa?. [S.l.]: Accenture, 2015. Disponível em: https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-3/Accenture-Why-Brazil-Must-Learn-To-Trust-In-Collaborative-Innovation-pt.pdf. Acesso em: 13 out. 2020.

PAN, S. Y. *et al.* Strategies on implementation of waste-to-energy (WTE) supply chain for circular economy system: a review. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 108, p. 409-421, 2014.

RECICLANIP. *Reciclanip*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.reciclanip.org.br/>. Acesso em: 13 out. 2020.

REGENERATION International. *Regeneration International*, [s.d.]. Disponível em: <http://regenerationinternational.org/>. Acesso em: 13 out. 2020.

SALLES, F. 10 plataformas de e-commerce para montar sua loja virtual. *E-Commerce Brasil*, 31 jan. 2018. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/9-plataformas-de-e-commerce-para-montar-sua-loja-virtual/>. Acesso em: 13 out. 2020.

SARIATLI, F. Linear economy versus circular economy: a comparative and analyzer study for optimization of economy for sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, [S.l.], v. 6, p. 31-34, 2017.

SHARED EARTH. Site, [s.d.]. Disponível em: <https://sharedearth.com/>. Acesso em: 13 out. 2020.

SOUZA, B. Conheça a CBPak, empresa que transforma mandioca em embalagens biodegradáveis. *Draft*, 4 jan. 2016. Disponível em: <https://www.projetodraft.com/conheca-a-cbpak-empresa-que-transforma-mandioca-em-embalagens-biodegradaveis/>. Acesso em: 13 out. 2020.

TAVARES, A. S. *A cadeia produtiva da indústria química no contexto da economia circular*. 2018. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

UNIDO. United Nations Industrial Development Organization. *Case study: cleaning and housekeeping in the Brazilian hospitality sector*. [S.l.]: UNIDO, [s.d.]. 2 p. House organ. Disponível em: http://chemicalleasing-toolkit.org/sites/default/files/chl_casestudy_BRAZIL.pdf. Acesso em: 15 out. 2020.

UPCYCLING: você conhece a nova moda? *Sebrae*, 3 jun. 2019. Disponível em: <https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/semanadomei2019/conteudos/upcycling-voce-conhece-a-nova-moda,c100103bc7d1b610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 14 out. 2020.

VILLANOVA, A. L. I. *Modelos de negócio na economia compartilhada: uma investigação multi-caso*. 2015. 125 f. Dissertação (Mestrado Executivo em Gestão Empresarial) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2015.

WITJES, S.; LOZANO, R. Towards a more circular economy: proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models. *Resources, Conservation and Recycling*, [S.l.], v. 112, p. 37-44, 2016.

ZINGANO, B. A. *O papel da propriedade intelectual no escopo da economia colaborativa*. 2015. 69 f. Monografia (Conclusão de Curso) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

VI. A economia circular no âmbito da pesquisa científica

Leonardo Galdino
Suzana Borschiver
Aline Tavares

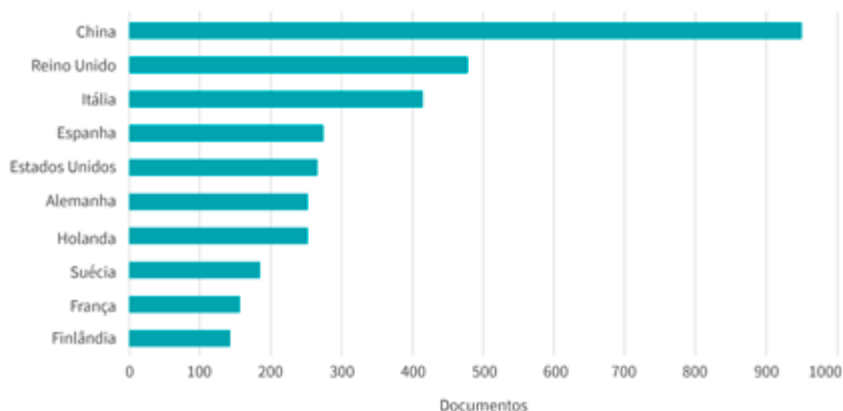
Dada a importância da economia circular apresentada nos capítulos anteriores, este capítulo foca na sua abordagem científica, buscando entender de uma forma abrangente o estudo do tema. Nesse sentido, os documentos aqui apresentados foram explorados e analisados na forma de *drivers*, de modo a se obter uma visão do direcionamento dos estudos da economia circular segundo as áreas do conhecimento, as matérias-primas, os focos de estudo, os modelos de negócio e os setores da economia envolvidos. A análise buscou, dessa forma, não somente entender melhor o comportamento desses estudos, mas também oferecer *insights* para o desenvolvimento e a consolidação desse conceito no longo prazo.

Para a realização do estudo, foi utilizada como fonte de informação científica a plataforma Scopus, consultada em abril de 2020. Considerando tratar-se de uma pesquisa geral sobre o tema, utilizou-se nos campos título, resumo e palavra-chave, o termo “*circular economy*”. Outros critérios para a busca foram: período, entre 2009 e 2020, qualquer tipo de documento e presença da palavra-chave no interior do documento. Os tipos de documentos analisados incluíram artigos científicos, trabalhos publicados em anais de congressos, artigos de revisão, capítulos de livros, entre outros. Como resultado, obteve-se um total de 5.269 documentos, sendo analisados os vinte mais recentes de cada ano – totalizando 220.

Através da pesquisa, foi possível realizar uma análise macro sobre o número de publicações por país e de documentos publicados por ano sobre o tema, conforme demonstra a figura 5, observando-se a

significativa liderança da China no total de publicações, seguida de Reino Unido e Itália, no período de 2009 a 2019.¹

Figura 5 – Número de documentos sobre economia circular publicados por país entre 2009 e 2019



Fonte: Adaptado de Scopus [s.d.].

Buscando entender o interesse da China pela economia circular aplicada no ramo industrial, por exemplo, observou-se que os setores siderúrgico, carvoeiro e agrícola se destacaram nos documentos analisados, indicando uma maior atenção do país a essas áreas.

Os dados analisados mostram que a China precisa controlar os impactos ambientais que vem causando à medida que seu setor industrial cresce, principalmente na emissão de CO₂, haja vista ser considerada atualmente a maior emissora de CO₂ no mundo. Além disso, o país tem problemas crescentes causados pela eutrofização causada pela sobrecarga de elementos como nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) nos rios e mares, tornando-se uma das questões centrais de poluição devido à escassez de água em algumas regiões. Somando-se a isso, a deposição de nitrogênio (na forma de NOx) e de sulfeto (S) tem aumentado a

1 Desconsiderou-se o ano de 2020 para evitar o “efeito de borda”, que mostra um decaimento no número de publicações no ano vigente da busca, uma vez que estas ainda não foram concluídas, tendendo a totalizar um número menor que o do ano anterior.

formação de ácido atmosférico e a decomposição da camada de ozônio (Gao *et al.*, 2018).

O setor agrícola chinês também representa uma boa parte dos problemas relacionados à emissão de CO₂, sendo responsável por 17% do total de emissões do país, além de outros gases, como metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). Considerando que, em 2017, a pobreza atingia trinta milhões de seus habitantes, a China encontra-se em um dilema, haja vista a agricultura representar grande parte do suprimento alimentar da população, sendo obrigada, portanto, a buscar novas formas de se desenvolver no setor visando à sustentabilidade (Zhang; Pang; Lu, 2019).

No que tange à evolução das publicações sobre o tema “circular economy” ao longo do período analisado, demonstrada na figura 6, pode-se destacar um crescimento substancial a partir de 2015, apontando para a tendência de um interesse progressivo sobre o assunto nos próximos anos.

Figura 6 – Evolução no número de publicações sobre economia circular entre 2009 e 2019²



Fonte: Elaboração própria com base nos dados de Scopus [s.d.].

2 Desconsiderou-se novamente o ano de 2020 para evitar o “efeito de borda”.

Conforme informado anteriormente, os documentos analisados foram organizados em *drivers*, definidos conforme mostra o quadro 8.

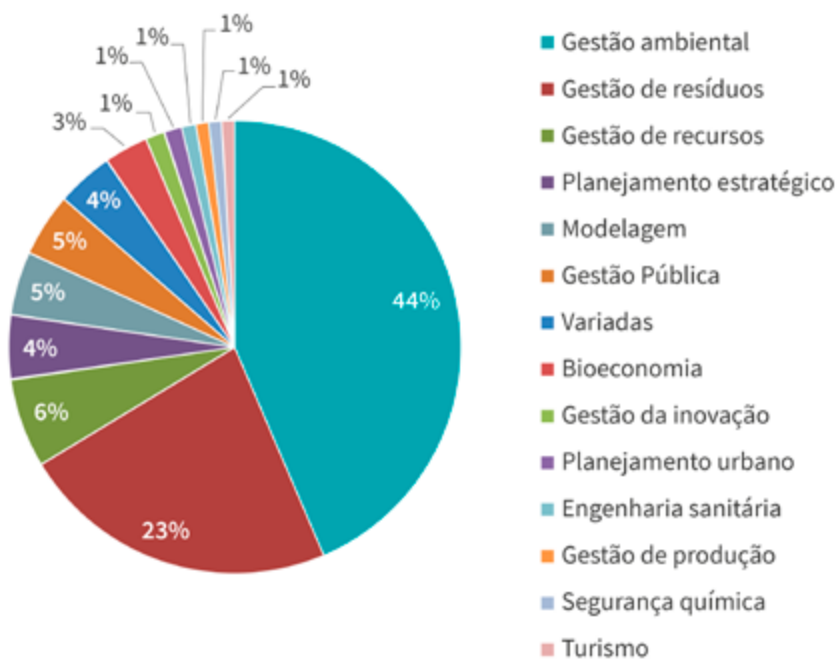
Quadro 8 – Definição dos *drivers* para organização dos documentos analisados

<i>DRIVER</i>	<i>DEFINIÇÃO</i>
Áreas do conhecimento	Fornecer de forma abrangente as áreas do conhecimento com as quais os documentos se relacionam. Por exemplo: gestão ambiental, põe em questão estudos realizados com o objetivo de diminuir, entre outros, os impactos ambientais; gestão de recursos, relaciona-se com a sua utilização num primeiro estágio; e gestão de resíduos, está atrelada a documentos que tratam a matéria-prima como forma de reutilização nos mais variados setores.
Matérias-primas	Quando o documento envolve algum tipo de insumo utilizado para um determinado fim.
Focos de estudo	Visa denominar e considerar de forma mais minuciosa os temas abordados dentro das grandes áreas do conhecimento.
Modelos de negócio	Quando o artigo envolve algum tipo de modelo de negócio voltado para a economia circular.
Setores da economia	Destaca os setores com os quais os documentos estão relacionados.

Fonte: Elaboração própria.

Quanto às áreas do conhecimento, a figura 7 apresenta a distribuição dos documentos analisados de acordo com as áreas a que se referem, destacando-se a gestão ambiental (44%), seguida pela gestão de resíduos (23%), e pela gestão de recursos (6%).

Figura 7 – Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por área do conhecimento



Fonte: Elaboração própria.

A área de gestão ambiental se relaciona diretamente com problemas ambientais que colocam a economia circular como uma possível solução. Muitos dos documentos dessa área descrevem indicadores com o objetivo de medir o desenvolvimento do modelo circular, como o estudo de Sun (2009), que utiliza índices a partir de parâmetros como consumo de água, consumo de energia, emissões de águas residuais, taxa de investimento ambiental, entre outros, para avaliar esse desenvolvimento. Inserem-se também nessa área documentos centrados na baixa emissão de CO₂, que objetivam indicar o desenvolvimento “verde” das empresas. O artigo de Feng, Li e Cuiping (2010), por exemplo, destaca que o crescimento da economia circular na indústria carvoeira é benéfico para utilização abrangente de recursos, tem altos padrões, novas tecnologias, grande escala, baixa poluição e vantagens de alta

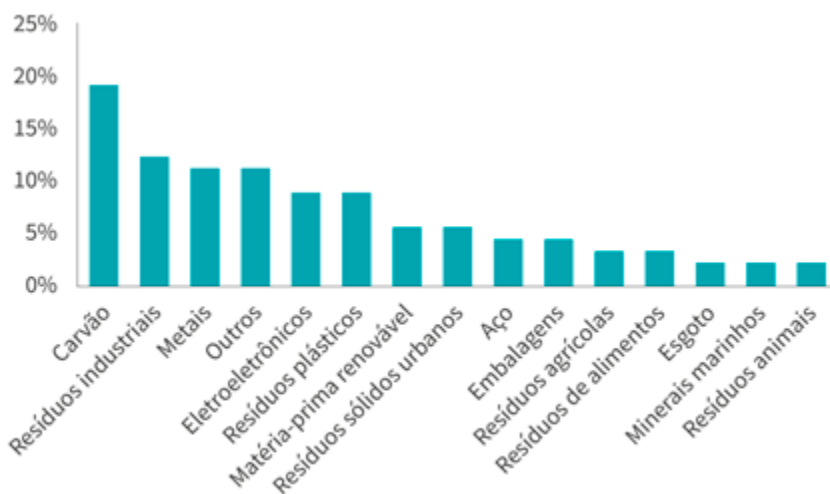
eficiência, possibilitando desenvolver um ambiente ecológico visando à sustentabilidade.

A área de gestão de resíduos direciona-se aos documentos que têm como foco principal o reaproveitamento de resíduos, como resíduos químicos, alimentares, sólidos, urbanos, eletrônicos, marinhos, energéticos e hídricos. O artigo de Missaoui *et al.* (2016), por exemplo, estudou a viabilidade do uso de sedimentos marinhos dragados como substitutos de areias em blocos de pavimentação. Já o documento de Malinauskaite e Jouhara (2019), aborda o desperdício de energia na Europa discutindo a aderência de uma política pública com o tripé gestão de resíduos-união energética-qualidade do ar/mudança climática. O artigo introduz ainda a tecnologia Home Energy Recovery Unit (HERU), que possibilita usar materiais domésticos (baterias, latas, vidro) para produzir energia em casa através da pirólise, realizada em baixas temperaturas e sem a necessidade de pré-tratamento da matéria-prima, obtendo uma redução de emissão de CO₂ em até 60%.

Já na área de gestão de recursos, pode-se evidenciar o artigo de Gumley (2014), que aborda a reciclagem e a recuperação de metais através da análise de tendências em estratégias regulatórias dentro de contextos políticos de mudança, examinando o quadro regulatório aplicável às várias fases do ciclo de vida dos metais, que vão desde a extração até produtos acabados.

Quanto às matérias-primas, a figura 8 apresenta aquelas que foram possíveis de ser identificadas nos documentos analisados. Entre elas, destaca-se o carvão, citado em 19% dos documentos, relacionados ao setor carvoeiro chinês e já apresentados. Em seguida, aparecem os resíduos industriais (12%) e os metais (11%). Merecem destaque também os resíduos alimentares, os polímeros e os eletrônicos, mencionados em documentos que abordam a reutilização desses materiais.

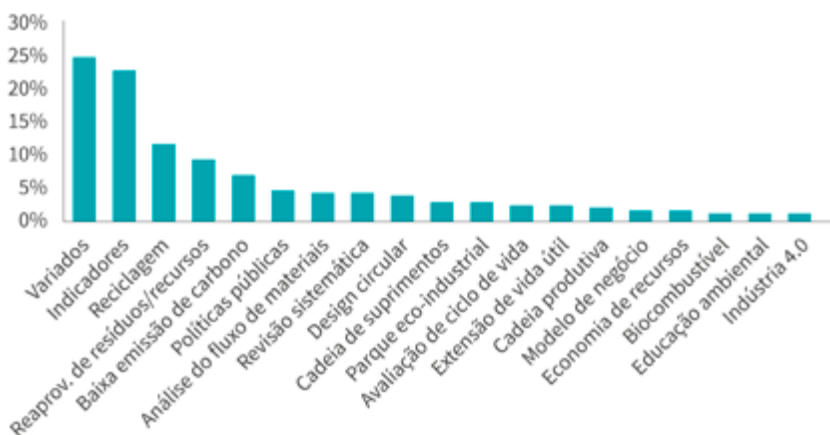
Figura 8 – Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por matérias-primas citadas



Fonte: Elaboração própria.

Quanto aos focos de estudo, a figura 9 mostra aqueles identificados nos documentos analisados, destacando-se o desenvolvimento de indicadores, observado em 23% das publicações; a reciclagem, em 12%; o reaproveitamento de resíduos/recursos, em 10%; e a baixa emissão de carbono, em 7%.

Figura 9 – Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por focos de estudo



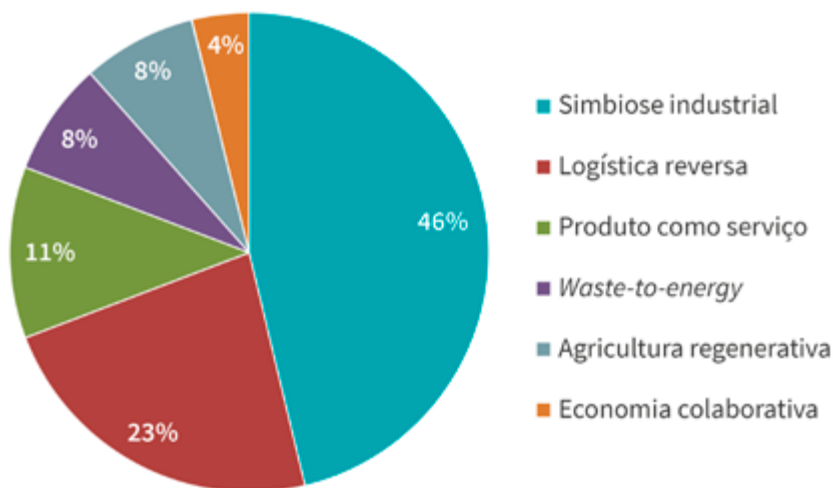
Fonte: Elaboração própria.

Como exemplos de documentos com os focos destacados acima, pode-se citar: em indicadores, o artigo de Hu *et al.* (2018), que avalia a aplicação das ferramentas Life Cycle Costing (LCC) e Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) para a tomada de decisões em estudos globais; em reciclagem, o artigo de Ferella *et al.* (2019), que estuda um novo processo de reciclagem de catalisadores de craqueamento catalítico em leiteo fluidizado, bastante utilizados na indústria de refino de petróleo, de modo a implementar modelos de economia circular; em reaproveitamento de resíduos/recursos, o artigo de Mondal, Bose e Bansal (2019), que avalia o reaproveitamento de resíduos termoplásticos (policarbonatos, poliestirenos e plásticos mistos) como um composto de tijolos para uso em obras de construção civil; e, em baixa emissão de carbono, o artigo de Ilinova, Cherepovitsyn e Evseeva (2018), que estuda a captura de carbono como uma tecnologia promissora para o controle da temperatura global.

Países como Estados Unidos, Canadá, Austrália, Alemanha, Noruega, Argélia e Brasil também possuem projetos voltados para a tecnologia CCS, que estão sendo implementados na indústria de petróleo e gás, carvão e aço. Contudo, esse tipo de tecnologia pode ter um lado negativo, como o vazamento do CO₂ armazenado, capaz de causar problemas de saúde pública.

Quanto aos modelos de negócio encontrados nos documentos analisados, apresentados na figura 10, destaca-se o modelo de simbiose industrial, tendo sido citado em 46% dos documentos, seguido da logística reversa (23%) e do produto como serviço (11%).

Figura 10 – Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por modelos de negócio encontrados



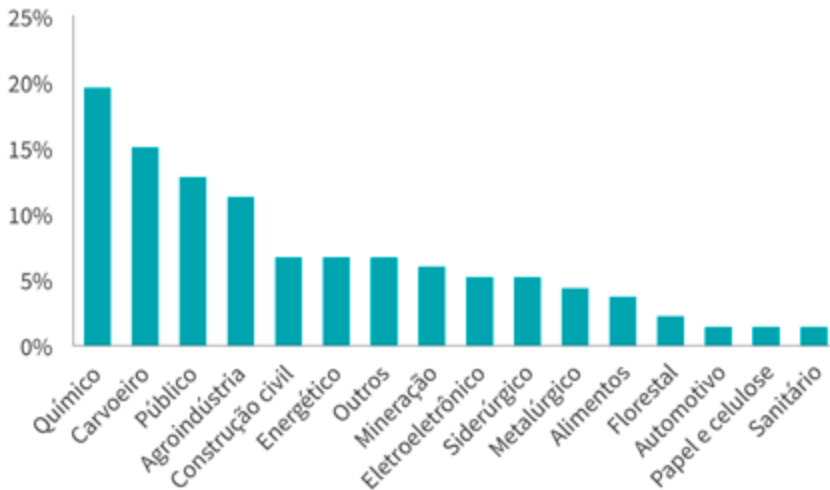
Fonte: Elaboração própria.

Segundo Dong *et al.* (2013), na China, a simbiose industrial é uma parte importante da economia circular, sendo direcionada especificamente para redução de emissões de gases, reciclagem e reaproveitamento de resíduos nos parques industriais. Já Iacondini *et al.* (2015) afirmam que a Itália deve aplicar esse modelo de negócio para uma gestão de resíduos sustentável, enquanto no Reino Unido já existe uma política avançada e adequada para ajudar o desenvolvimento e o crescimento dos processos industriais em aspectos ambientais, econômicos e sociais.

Os documentos que abordam a logística reversa tratam principalmente da gestão de produtos eletrônicos. A atenção a esse tipo de produto se dá em consideração à sua característica tóxica. Bin, Zhang e Zhang (2011), por exemplo, desenvolveram um sistema de avaliação para o serviço de logística reversa para produtos eletrônicos, fornecendo uma referência confiável para que empresas de manufatura voltadas para esse tipo de material possam escolher esse tipo de serviço.

Quanto aos setores da economia, a figura 11 apresenta aqueles que puderam ser identificados nos documentos analisados.

Figura 11 – Distribuição dos documentos sobre economia circular analisados por setores da economia identificados



Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que a indústria química e a carvoeira, o setor público e a agroindústria são os setores que mais se destacam, aparecendo em 20%, 15%, 13% e 11% dos documentos analisados, respectivamente. Entre os documentos que citam a indústria química, pode-se citar aqueles voltados para o reúso de águas residuais, polímeros e fração orgânica a partir de resíduos sólidos para aplicação em biocombustíveis e reciclagem dos materiais. O artigo de Cieplińska e Szymanek (2019), por exemplo, investiga a utilização de resíduo calcário da produção de óxido de propileno na síntese de sorventes alternativos para a dessulfuração de gases de combustão.

Já nos documentos sobre a indústria carvoeira, pode-se citar o foco em análise de fluxo de materiais e energia, desenvolvimento de indicadores e estudo de soluções alternativas em parques industriais. O artigo de Suescum-Morales *et al.* (2019), por exemplo, buscou caracterizar, física e quimicamente, os resíduos de uma mina de carvão na Espanha e avaliar seu possível uso como ligantes a cal ou cimento em construção de estradas com baixa intensidade de tráfego.

Nos documentos sobre o setor público, os estudos envolvem a avaliação de programas e políticas públicas para aplicação do modelo circular, como o artigo de Luga (2016), que apresenta um estudo de caso na Romênia com a implementação de medidas quantitativas e qualitativas de modo a aumentar a eficiência da gestão de resíduos.

Por fim, os documentos relacionados com a agroindústria apresentam estudos sobre indicadores de controle biológico como alternativa aos pesticidas e sobre o reaproveitamento de resíduos da agricultura. Entre eles, pode-se citar o artigo de Delgado-Moreno, Nogales e Romero (2017), que avaliou o uso de um biomaterial formado por resíduos da agroindústria de azeite a fim de realizar a biodegradação de altas doses de produtos pesticidas comerciais como opção quando turfa e/ou palha não estão disponíveis.

Diante do apresentado, pode-se perceber um grande avanço dos estudos em economia circular, bem distribuídos pelo mundo, com destaque para China, Reino Unido e Itália. Em muitos desses estudos, cujo crescimento deu-se mais significativamente a partir de 2015, são retratados *cases* de áreas do conhecimento, matérias-primas, focos de estudo, modelos de negócio e setores da economia os mais variados, demonstrando a potencialidade do modelo e sua ampla difusão em escala global.

REFERÊNCIAS

- BIN, L.; ZHANG, H.; ZHANG, R. Selection of reverse-logistics service for electronic products with fuzzy comprehensive evaluation method. *In: WOSC INTERNATIONAL CONGRESS ON CYBERNETICS AND SYSTEMS*, 15.; 2011 INTERNATIONAL CONFERENCE ON GREY SYSTEMS AND INTELLIGENT SERVICES, 2011, *Nanjing. Proceedings [...]*, [S.l.]: IEEE, 2011, p. 477-482.
- CIEPLIŃSKA, A., SZYMANEK, A. Waste anthropogenic minerals in the circular economy. *Journal of Physics: Conference Series*, [S.l.], v. 1.398 (1), n. 12.003, 2019.
- DELGADO-MORENO, L.; NOGALES, R.; ROMERO, E. Biodegradation of high doses of commercial pesticide products in pilot-scale biobeds using olive-oil agroindustry wastes. *Journal of Environmental Management*, [S.l.], v. 204, p. 160-169, 2017.
- DONG, L. et al. Environmental and economic gains of industrial symbiosis for Chinese iron/steel industry: Kawasaki's experience and practice in Liuzhou and Jinan. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 59, p. 226-238, 2013.

- FENG, Y.; LI, Z.; CUIPING, L. Analysis of and countermeasures for coal circular economy developing model in China. *In: 2010 INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHALLENGES IN ENVIRONMENTAL SCIENCE AND COMPUTER ENGINEERING*. Wuhan: IEEE, 2010, v. 2, p. 154-157.
- FERELLA, F. *et al.* Spent FCC E-Cat: towards a circular approach in the oil refining industry. *Sustainability*, Switzerland, v. 11 (1), n. 113, 2019.
- GAO, C. *et al.* Conjoint analysis of nitrogen, phosphorus and sulfur metabolism: a case study of Liaoning Province, China. *Ecological Modelling*, [S.l.], v. 390, p. 70-78, 2018.
- GUMLEY, W. An analysis of regulatory strategies for recycling and re-use of metals in Australia. *Resources*, [S.l.], v. 3, p. 395-415, 2014.
- HU, M.-M. *et al.* Economical pillar of sustainability assessment on resource circulation-development and application of life cycle costing approach. *Zhongguo Huanjing Kexue/China. Environmental Science*, [S.l.], v. 38, n. 12, p. 4.788-4.800, 2018.
- IACONDINI, A. *et al.* Feasibility of industrial symbiosis in Italy as an opportunity for economic development: critical success factor analysis, impact and constraints of the specific Italian regulation. *Waste Biomass Valorization*, [S.l.], v. 6, p. 865-874, 2015.
- ILINOVA, A.; CHEREPOVITSYN, A.; EVSEEVA, O. Stakeholder management: an approach in CCS projects. *Resources*, [S.l.], v. 7 (4), 2018.
- IUGA, A. N. Waste management in the circular economy: the case of Romania. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 161 (1), n. 12086, 2016.
- MALINAUSKAITE, J.; JOUHARA, H. The trilemma of waste-to-energy: a multi-purpose solution. *Energy Policy*, [S.l.], v. 129, p. 636-645, 2019.
- MISSAOUI, A. *et al.* Laboratory study on recycling of sediments in paving blocks. *Environmental Geotechnics*, [S.l.], v. 3, n. 6, p. 397-407, 2016.
- MONDAL, M. K.; BOSE, B. P.; BANSAL, P. Recycling waste thermoplastic for energy efficient construction materials: an experimental investigation. *Journal of Environmental Management*, [S.l.], v. 240, p. 119-125, 2019.
- SCOPUS. Site, [s.d.]. Disponível em: <https://www.scopus.com/>. Acesso em: 14 out. 2020.
- SUESCUM-MORALES, D. *et al.* Feasible use of colliery spoils as subbase layer for low-traffic roads. *Construction and Building Materials*, [S.l.], v. 229, n. 116.910, p. 1-19, 2019.
- SUN, H. Fuzzy evaluation on circular economy development of coal mining based on improved algorithm. *In: 2009 INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-LEARNING, E-BUSINESS, ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS, AND E-GOVERNMENT*, Hong Kong: IEEE, 2009, p. 192-195.
- ZHANG, L.; PANG, J.; LU, Z. Carbon emission, energy consumption and economic growth: evidence from agricultural sector of China's main gain-producing areas. *Science of the Total Environment*, [S.l.], v. 665, p. 1017-1025, 2019.

VII. Logística reversa na economia circular

Renata Bandarra
Suzana Borschiver
Aline Tavares

No contexto da economia circular, a logística reversa é apresentada como um novo modelo de logística empresarial que objetiva planejar, operar e controlar o fluxo de bens de pós-venda, garantindo seu retorno ao ciclo produtivo (Ferreira, 2002). Difere da lógica linear tradicional, na qual produtos obtidos a partir de recursos naturais são processados e descartados após o uso, prejudicando o meio ambiente. A logística reversa envolve todos os *players* da cadeia, desde a indústria até o consumidor final, como esquematizado na figura 12.

Figura 12 – Fluxo da logística reversa



Fonte: Elaboração própria.

Nesse modelo de negócio, o consumidor (ou colaborador) deixa de ser a ponta final da cadeia e assume uma posição inicial, garantindo a separação adequada de materiais recicláveis e promovendo seu recolhimento, de forma a reintroduzi-los no ciclo. Em seguida, entra o ator responsável pela logística, fazendo a ponte entre o consumidor final e o agente transformador, a indústria. Esta terá ação reconstrutora, garantindo a reciclagem, a transformação, a remanufatura ou o reaproveitamento dos bens em questão. Isso permite que o resíduo da logística linear seja utilizado como matéria-prima para um novo ciclo logístico, garantindo a circularidade daquele recurso.

Por mais simplista que possa parecer, o conceito de logística reversa ligado à economia circular é muito recente e só começou a aparecer em artigos científicos nos últimos anos. Este capítulo tem como objetivo, então, apresentar as principais ações e estudos nesse tema, ponderando o posicionamento científico do país e as iniciativas organizacionais já adotadas.

Em termos científicos,¹ o primeiro documento sobre o assunto relacionado com a economia circular, intitulado “Designing a multi-echelon reverse logistics operation and network: a case study of office paper in Beijing”, foi publicado pela University of Science and Technology Beijing (China) em 2015, mostrando o interesse relativamente recente da relação entre modelo circular e logística reversa na ciência. O artigo apresenta um estudo de caso sobre o uso de papel sulfite, destacando a importância de se reciclar e reutilizar materiais de escritório (Zhou, X.; Zhou, Y., 2015).

Já o segundo documento mais antigo sobre o assunto, intitulado “The importance of extended producer responsibility and the national policy of solid waste in Brazil”, de 2016, publicado pela Universidade Mackenzie (Brasil) em parceria com a Lund University (Suécia), trata da responsabilidade do produtor e da Política Nacional de Resíduos Sólidos²

1 A busca dos artigos foi realizada na base científica Scopus por meio da combinação das palavras-chave “reverse logistic” e “circular economy”, no campo “título-resumo-palavra-chave”. Utilizou-se também o filtro por tipos de documentos (“articles” ou “review”).

2 A Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos,

no Brasil. Essa política impôs diretrizes e metas aos municípios e estados, os quais passaram a fornecer a coleta e o pré-tratamento necessário aos resíduos sólidos dentro do modelo de negócio de logística reversa (Polzer; Pisani; Persson, 2016).

Ao todo, 76 documentos foram publicados nos últimos seis anos, entre os quais, trinta e três somente em 2020.³ A partir de 2015, fica evidente o crescimento significativo de publicações, demonstrando projeção de aumento nos anos seguintes, como fica evidente na figura 13.

Figura 13 – Artigos sobre logística reversa publicados entre 2015 e 2019



Fonte: Elaboração própria com base nos dados de Scopus [s.d.].

Entre os países de origem das publicações, o Reino Unido se destaca com vinte e dois documentos, seguido do Brasil, com quatorze. Os artigos do Reino Unido abordam diferentes perspectivas sobre o tema, tais como: interações entre as administrações das propriedades universitárias e a economia circular; importância dos mercados secundários, isto é,

incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. A lei tem em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, em que os geradores de resíduos sólidos são responsáveis por sua gestão, incluindo políticas de logística reversa, reciclagem e reutilização (MMA, [s.d.]).

³ Número disponível até o dia 31 de dezembro de 2020, data de realização da pesquisa.

em que medida se relacionam com a logística e a sustentabilidade; adoção da logística reversa pelo setor manufatureiro chinês, entre outros. Sobre esta última, por exemplo, o artigo “Total quality environmental management: adoption status in the Chinese manufacturing sector” foca no setor manufatureiro da China, realizando uma pesquisa através de questionários para saber se as 119 organizações participantes do estudo têm adotado o sistema de gestão ambiental Total Quality Environmental Management (TQEM). Como resultado, observou-se que 43% das organizações mostraram ser adeptas ao sistema. Já entre as não adeptas, o principal motivo apontado foi a falta de consciência, seguido da falta de apoio da alta gerência (Garza-Reyes *et al.*, 2018).

O Brasil aparece em posição de destaque em número de instituições que publicaram documentos sobre o tema, tendo publicado sete artigos em 2020, cinco em 2019, um em 2017 e um em 2016. Isso se justifica pela grande quantidade de parcerias internacionais formadas para a elaboração de pesquisa e publicação, que por vezes possui dois ou mais autores, cada um pertencendo a uma instituição diferente. Entre as publicações encontradas na base de dados Scopus, a Universidade Federal de Santa Catarina aparece no topo das instituições brasileiras e do mundo publicando sobre o tema, com cinco documentos. Também figuram nessa lista a Universidade Presbiteriana Mackenzie (SP), a Pontifícia Universidade Católica (RJ), a Universidade Federal de São Paulo (SP), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ), a Universidade Federal Fluminense (RJ), a Universidade Federal do ABC (SP), a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (RS) e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (SP). Além disso, a Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Universidade Federal Fluminense se encontram em 3º lugar entre as dez universidades de maior relevância sobre o assunto no mundo, ratificando o compromisso crescente do país com uma economia circular.

Mesmo em ascensão, é possível perceber o estágio embrionário da logística reversa como parte da economia circular ao se analisar algumas publicações, que revelam que pesquisadores ainda estão tentando disseminar esse modelo de negócio em diferentes indústrias e países. O documento “Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: a comprehensive

literature review”, publicado pela Universidade de Macquarie, na Austrália, em 2018, por exemplo, possui o objetivo de fornecer uma referência útil para acadêmicos, pesquisadores e profissionais da indústria para melhor compreender as atividades e as pesquisas sobre logística reversa voltada para os resíduos eletroeletrônicos ou WEEE. Para isso, o artigo faz uma revisão da literatura sobre o modelo em circuito fechado aplicado a esses resíduos (Islam; Huda, 2018).

Outro documento de destaque publicado em 2018 foi o artigo “Circular economy business models in developing economies: lessons from India on reduce, recycle, and reuse paradigms”, uma parceria entre o Institute for Competitiveness (Índia), a Harvard University (Estados Unidos) e a Grenoble École de Management (França). O documento aborda como o modelo de economia circular está impulsionando países em desenvolvimento econômico, como a Índia, a projetar e implementar modelos de negócio baseados em reduzir, reutilizar e reciclar nas empresas. A Haathichaap, por exemplo, usou esterco de elefante para a produção de papel, diminuindo a utilização de madeira na linha de produção. Já a Goonj desenvolveu um modelo de negócio baseado na redistribuição de roupas para um segmento economicamente desfavorecido (Goyal; Esposito; Kapoor, 2018).

Em relação às ações organizacionais, pode-se destacar a ação global da Coca-Cola, que visa reciclar o total de embalagens que coloca no mercado mundial. Nesse cenário, a atuação da empresa no Brasil demonstra uma mudança de *mindset*, que vem ocorrendo para possibilitar uma maior circularidade. Tendo em vista que novecentas toneladas de resíduos plásticos são despejadas por hora nos oceanos, em janeiro de 2018, a companhia iniciou um projeto ambicioso, chamado “Mundo sem resíduos”.⁴

Com o objetivo de recolher 100% de suas embalagens até 2030, a companhia pretende incentivar iniciativas de inclusão do catador, engajar o consumidor na adoção de medidas sustentáveis e ampliar a linha de retornáveis, garantindo que sejam projetadas embalagens 100%

4 Para saber mais, ver o vídeo “Por um mundo sem resíduos”. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=UxOltm6_9uA. Acesso em: 15 out. 2020.

recicláveis. A ideia é que “se algo pode ser reciclado, deve ser reciclado” (Coca-Cola J., 2018a; Quincey, 2018). O plano prevê ainda aumentar a coleta do plástico polietileno tereftalato (PET) e ajudar a providenciar conteúdos reciclados para todas as indústrias, haja vista esse material ser um grande motor para a economia circular, dadas as suas inúmeras utilidades. Nesse sentido, a empresa vê a parceria com cooperativas de catadores como uma estratégia para alcançar seu objetivo, tendo, em 2017, firmado parceria com duzentas cooperativas no Brasil, em dezesseis estados, representando mais de dez mil catadores (Coca-Cola B., 2018).

Como impacto direto dessa ação, observa-se a melhoria na qualidade de vida desses catadores e o aumento da renda e da eficiência da coleta. Contando com a Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (Ancat) como parceira regional, a empresa foi capaz de implementar indicadores de *performance* em cada unidade, estabelecendo uma meta que, se atingida, promoverá a melhoria das unidades e a otimização dos processos. A Coca-Cola Brasil entende que as cooperativas de catadores são um elo no retorno dos materiais à cadeia produtiva e, portanto, deve investir na gestão desses ativos, que, por vezes, são marginalizados e mal vistos na sociedade.

Outro caso de sucesso diz respeito à parceria entre a HP Brasil e a Sinctronics, empresa brasileira que oferece serviços de logística reversa, reciclagem e destinação correta de lixo eletrônico. A iniciativa, que tem como lema “Creating a reverse logistics ecosystem”, foi a primeira em economia circular no setor eletrônico do Brasil. Através dela, os custos para os clientes foram reduzidos em até 30%, enquanto o tempo para recolhimento de produtos em fim de vida foi reduzido em 50%. Além disso, 97% dos materiais coletados pela Sinctronics são reincorporados diretamente na cadeia de suprimentos (Ellen MacArthur Foundation, [s.d.]).

Assim, a HP, juntamente com a Sinctronics, estabeleceu uma *expertise* em logística reversa, e para possibilitar o sucesso do programa, instalou um centro de reciclagem e inovação próximo ao local de fabricação dos equipamentos eletroeletrônicos. A forte comunicação entre as empresas permitiu a formação de um conhecimento mais atualizado sobre a desmontagem dos produtos e o desenvolvimento, através de

pesquisa conjunta, de um plástico branco reciclado, com critério de qualidade e estética, implementado na produção de produtos eletrônicos. O processo para desenvolver esse material, feito de 94% de plástico reciclado e 6% de pigmentos e aditivos, atingindo uma pureza de 96%, é muito rigoroso, já que é necessário manter a coloração requerida. Além disso, as alças para as embalagens de produtos também passaram a ser feitas de resíduos de produtos eletrônicos.

Esses casos de sucesso demonstram que estamos na direção certa. Ainda assim, o caminho a ser percorrido é longo e já indica alguns percalços. A Coca-Cola Brasil, por exemplo, enfrenta dificuldades para conseguir recolher material reciclado em áreas de difícil acesso no país, bem como com o custo associado a essa atividade, o que pode inviabilizar economicamente o projeto “Mundo sem resíduos”. Para evitar que isso ocorra, a companhia conta com empresas parceiras que realizam a coleta. No entanto, com isso, outros problemas podem ser identificados, como a falta de boas práticas e padronizações das cooperativas de catadores, que se mostram um gargalo e um desafio, dada a magnitude e a diversidade sociocultural do país.

Para diminuir gargalos como esse, é necessário obter escalas para maximizar os volumes e minimizar os custos. Nessa direção, é possível identificar empresas que buscam resolver o problema de resíduos, como a brasileira Polen Consultoria. Fundada em 2017, a *startup* tem a ambição de revolucionar a forma como as empresas lidam com seus resíduos, tendo criado uma plataforma de troca na intenção de conectar empresas interessadas em vender e comprar resíduos e, assim, obter créditos de logística reversa. A plataforma recebe anúncios de compra e venda de resíduos das mais diferentes empresas, que, após fecharem a negociação, podem optar pela contratação de meio de transporte na plataforma ou usar o próprio meio de transporte, caso disponível. Também é possível contratar seguradoras para casos de perda, dano ou roubo da carga. A Polen recebe uma taxa de 10% sobre o valor total das transações realizadas na plataforma, não havendo cobrança para o cadastro de anúncios (Polen, [s.d.]).

Mesmo com as iniciativas descritas, ainda existem muitos percalços para a transformação do modelo linear em circular. Se para empresas

globais, como a Coca-Cola Company, há enormes dificuldades em conseguir um modelo de negócio abrangente e consistente com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, para empresas de pequeno e médio portes, os desafios enfrentados podem ser inimagináveis, transformando a consolidação do modelo circular em um futuro talvez intangível. Nesse sentido, é importante um bom planejamento e iniciativas que promovam a sinergia entre empresas coletoras e produtoras de resíduos. Assegurar a transformação do modelo linear em circular e dar um passo à frente no caminho da sustentabilidade só é possível de uma forma: todos juntos.

REFERÊNCIAS

COCA-COLA BRASIL. *Relatório de Sustentabilidade 2017*. Rio de Janeiro: Coca-Cola Brasil, 2018. 96 p. Disponível em: <https://www.cocacolabrazil.com.br/content/dam/journey/br/pt/private/pdfs/relatorio-de-sustentabilidade-coca-cola-brasil-2017.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

COCA-COLA JOURNEY. Coca-Cola Brasil anuncia investimento de R\$ 1,6 bilhão para novo compromisso de embalagens. *Coca-Cola Journey*, 19 jan. 2018a. Disponível em: <https://www.cocacolabrazil.com.br/imprensa/coca-cola-brasil-anuncia-investimento-de-r-1-6-bilhao-para-nov>. Acesso em: 15 out. 2020.

COCA-COLA PORTUGAL. Por um mundo sem resíduos. *Coca-Cola Portugal*, Portugal, 22 jan. 2018. Vídeo (1min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=UxOltm6_9uA. Acesso em: 15 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Case studies: HP & Sintronics – creating a reverse logistics ecosystem*. *Ellen MacArthur Foundation*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/creating-a-reverse-logistics-ecosystem>. Acesso em: 15 out. 2020.

FERREIRA, C. *Logística reversa: aspectos importantes para a administração de empresas*. 2002. Monografia (Bacharelado em Administração de Empresas) – Centro Universitário Assunção/UnifAI, São Paulo, 2002.

GARZA-REYES, J. A. *et al.* Total quality environmental management: adoption status in the chinese manufacturing sector. *The TQM Journal*, [S.l.], v. 30, p. 2-19, 2018.

GOYAL, S.; ESPOSITO, M.; KAPOOR, A. Circular economy business models in developing economies: lessons from India on reduce, recycle, and reuse paradigms. *Thunderbird International Business Review*, [S.l.], v. 60, n. 5, p. 729-740, 2018.

ISLAM, M. T.; HUDA, N. Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: a comprehensive literature review. *Resources, Conservation & Recycling*, [S.l.], v. 137, p. 48-75, 2018.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Logística reversa: Governo Federal regulamenta correto descarte de medicamentos*. Brasília: MMA, 5 jun. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2020/junho/governo-federal-regulamenta-correto-descarte-de-medicamentos>. Acesso em: 15 out. 2020.

POLLEN. Como funciona. *Polen*, [s.d.]. Disponível em: <https://sobre.brpolen.com.br/como-funciona/>. Acesso em: 15 out. 2020.

POLZER, R. V.; PISANI, M. A. J.; PERSSON, K. M. The importance of extended producer responsibility and the national policy of solid waste in Brazil. *International Journal of Environment and Waste Management*, [S.l.], v. 18, n. 2, p. 101-119, 2016.

QUINCEY, J. Porque um mundo sem resíduos é possível. *Coca-Cola Brasil*, 19 jan. 2018. Disponível em: <https://www.cocacolabrazil.com.br/historias/sustentabilidade/por-que-um-mundo-sem-residuos-e-possivel>. Acesso em: 15 out. 2020.

SCOPUS Preview, [s.d.]. Disponível em: <https://www.scopus.com>. Acesso em: 15 out. 2020.

VICKERS, B. We are Sintronics. *World Circular Economy Forum*, 5 jun. 2017. Apresentação de slides. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/WorldCircularEconomyForum/brent-vickers-world-circular-economy-forum-2017-helsinki-finland>. Acesso em: 15 out. 2020.

ZHOU, X.; ZHOU, Y. Designing a multi-echelon reverse logistics operation and network: a case study of office paper in Beijing. *Resources, Conservation and Recycling*, [S.l.], v. 100, p. 58-69, 2015.

VIII. A simbiose industrial além das fronteiras

*Aline Tavares
Suzana Borschiver*

A origem da nomenclatura simbiose está na Ecologia, utilizada para denominar a associação benéfica e recíproca entre dois ou mais seres vivos de espécies diferentes. A partir desse conceito, a simbiose industrial pode ser definida como um arranjo produtivo em que indústrias diferentes, não necessariamente próximas, trocam correntes de produto, resíduos e insumos entre si, melhorando assim seu desempenho ambiental, social e econômico, frente às suas atuações individuais (Veiga, 2007).

Diante desse contexto, a simbiose industrial pode ser percebida como um modelo de negócio que vai ao encontro dos princípios da economia circular, buscando aprimorar o capital natural e o equilíbrio de estoques finitos e fluxo de recursos renováveis (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Dessa forma, esse modelo permite maior aproximação entre as organizações e formação de parcerias.

Com o propósito de organizar uma análise mais aprofundada dos projetos industriais em que ocorrem trocas de materiais, Chertow (2000) apud Veiga (2007), Mitchell (2002) apud Veiga (2007) e Starlander (2003) classificam os parques industriais ecológicos, também denominados ecoparques, em diferentes estratificações, como se pode ver no quadro 9.

Quadro 9 – Diferentes classificações de parques industriais ecológicos

AUTORES

<i>CHERTOW (2000)</i>	<i>MITCHELL (2002)</i>	<i>STARLANDER (2003)</i>
Indústrias localizadas em um mesmo parque industrial: há permutas de resíduos, energia, água, materiais, recursos humanos e serviços.	Colocalizadas: indústrias localizadas perto uma das outras, pertencendo a um mesmo distrito industrial.	Colocalizadas: indústrias localizadas em <i>clusters</i> industriais.
Indústrias não localizadas em um mesmo parque industrial: ocorre o intercâmbio entre indústrias localizadas em uma mesma região geográfica, havendo possibilidade de acontecer adesão de novas indústrias.	Virtuais: o fluxo de resíduos é feito entre regiões interligadas pela informática e otimizada por logística.	Virtuais: as indústrias estão distribuídas em uma região que pode incluir diferentes áreas, municípios e países.
Indústria organizada virtualmente: a permuta de resíduos é feita entre indústrias localizadas em diferentes regiões.	Recuperação de recursos: parques colocalizados de reciclagem, fornecimento de manufaturas e revenda de insumos.	-
Intercâmbio externo de resíduos: demandas e ofertas são trocadas através de bancos de dados.	Parque de tecnologia verde: indústrias colocalizadas ou não, incentivadas pelo poder político, utilizam-se de tecnologia limpa em seus processos.	-
Intercâmbio interno de resíduos: trocas de resíduos ocorrem dentro dos limites de uma unidade industrial ou entre indústrias de uma mesma empresa.	Parque ecoindustrial: a gestão ambiental cooperativa é empregada para atingir um desenvolvimento sustentável.	-

(continua)

(continuação)

AUTORES

<i>CHERTOW (2000)</i>	<i>MITCHELL (2002)</i>	<i>STARLANDER (2003)</i>
-	Sistema de gestão ambiental: indústrias que trabalham de forma integrada buscando estratégias para a redução do consumo de recursos naturais, minimização da poluição do meio ambiente e mitigação da geração e disposição de resíduos no processo produtivo.	-

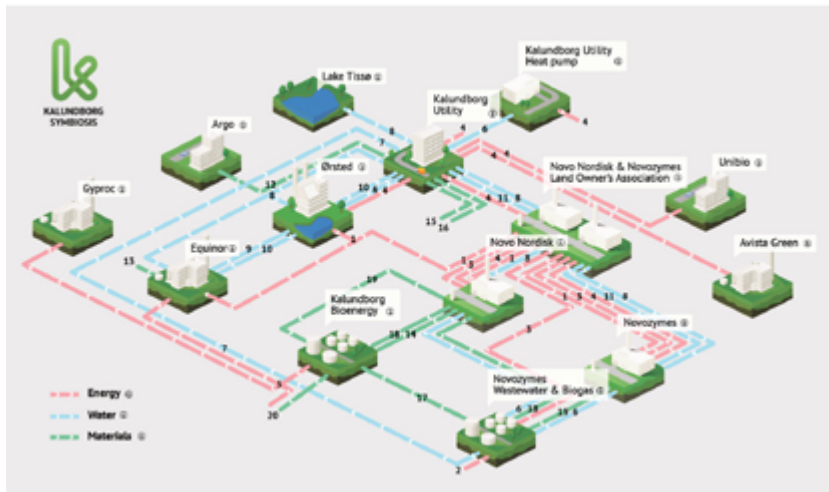
Fonte: Elaboração própria a partir de Veiga (2007).

Neste capítulo, adota-se a classificação de Starlander (2003), por se entender que ela engloba as classificações adotadas pelos outros autores apresentados acima, definindo os parques industriais em dois tipos: colocalizados e virtuais. A proximidade física entre as indústrias pertencentes aos parques industriais ecológicos colocalizados facilita o desenvolvimento de sinergias entre elas, permitindo, assim, uma maior integração e cooperação entre os atores envolvidos. Já no caso dos parques industriais ecológicos virtuais, suas integrações não dependem unicamente da proximidade física, mas também da utilização de ferramentas da informática e de logística, que proporcionam um maior número de possibilidades de interações entre as diferentes empresas. Desse modo, a abrangência e a diversidade dos atores vinculados são maiores que nos parques colocalizados (Veiga, 2007).

Um exemplo de simbiose industrial colocalizada é o parque ecoindustrial de Kalundborg, na Dinamarca, reconhecido como um caso bem-sucedido desse modelo, em que as companhias realizam o intercâmbio de materiais e energia para serem usados como insumo, formando um ciclo fechado de produção, como mostra a figura 14. Estabelecido desde 1972, o parque apresenta atualmente a simbiose entre o município onde está localizado e nove empresas: a Novozymes, a Novo Nordisk e a Biopro, da área biotecnológica; a Gyproc, da área de construção civil; a Equinor, a Argo, a Ørsted e a Avista Oil, da área energética; e a Kalundborg Forsyning,

da área de serviços. Além de outros benefícios, pode-se destacar que três milhões m³ de água são economizados e 150 Kt de levedura residual são reutilizados como insumo em ração suína, evitando o consumo de 70% de soja para esse fim (Ellen MacArthur Foundation, [s.d.]).

Figura 14 – Esquema representativo da simbiose industrial organizada no Parque Ecoindustrial de Kalundborg (Dinamarca)



Fonte: Kalundborg [s.d.].

Já no caso da simbiose industrial virtual, pode-se citar como exemplo o National Industrial Symbiosis Programme (NISP), do Reino Unido. Em 2000, o Conselho Empresarial para Desenvolvimento Sustentável do Reino Unido (Business Council for Sustainable Development – United Kingdom – BCSD-UK) assumiu a coordenação de uma rede de simbiose industrial na região de Humber, que instalou um programa de sinergia entre empresas fisicamente próximas, inspirado no Programa de Sinergia de Subproduto (By-Product Synergy – BPS) de Tampico, no México (Mirata, 2004).

Iniciado em 1997 pelo Conselho Empresarial para Desenvolvimento Sustentável do Golfo do México (Business Council for Sustainable Development – Gulf of Mexico – BCSD-GM), o BPS teve como objetivo integrar o Porto de Altamira, o Parque Industrial de Altamira, a Refinaria de Madero,

o corredor petroquímico e a Associação Industrial de Tamaulipas do Sul (Asociación de Industriales del Sur de Tamaulipas – AISTAC), relativamente próximos a uma das zonas industriais mais importantes da região. Atualmente o programa conta com a participação de quinze empresas, além de outras a serem integradas à rede, como a Dupont, do setor químico, e a Pemex, do setor petrolífero, permitindo a sinergia de 313 fluxos de materiais (Morales *et al.*, 2019).

Tendo início em 2003, com a integração de três projetos-pilotos no Reino Unido (Humberstone, West Midlands e Mersey Banks), e tornando-se nacional em 2005, com a participação da iniciativa privada (International Synergies, [s.d.]), o NISP tem como finalidade não apenas a troca efetiva de informações entre os diferentes programas regionais, mas também o fornecimento de dados sobre sustentabilidade ambiental para os formuladores de políticas públicas.

Segundo Jensen *et al.* (2011), a metodologia do NISP se baseia em contatar uma empresa com potencial de participação e discutir possíveis soluções para os rejeitos gerados por ela. Inicialmente, esse contato trata especificamente de um problema de destinação de um resíduo, mas, com o tempo, também são discutidos fatores logísticos mais abrangentes e a destinação de mais subprodutos. Essa reunião de dados inclui uma lista de itens *have/want* da empresa, e os dados são registrados na plataforma de controle do NISP, denominado Core Resource for Industrial Symbiosis Practitioners (CRISP).

Os participantes desse programa incluem desde microempresas a multinacionais de todos os setores da indústria, com as pequenas e médias empresas representando 90% dos membros. Entre as multinacionais, vale destacar a Michelin, a Toyota e a Veolia, grandes *players* dos setores de borrachas e pneus, automobilístico e químico, respectivamente. No caso da Michelin, por exemplo, resíduos como o corte de reforço de aço e borracha não curada (usados para produzir carcaças de pneus), que antes iam para aterros, passaram, por meio do NISP, a ser reaproveitados por outra empresa participante do programa, que separa e recicla esses materiais. Com isso, em 18 meses, sessenta toneladas de resíduos da produção de pneus passaram a ser destinadas à

compostagem, obtendo-se uma redução de 98% desses materiais que estavam sendo destinados ao aterro sanitário (Laybourn, 2013).

O NISP está presente em mais de vinte países e foi citado como um dos trinta exemplos globais de projetos que estimulavam a economia circular em 2014 (International Synergies, [s.d.]). Entre 2005 e 2013, alcançou, na Inglaterra, a reutilização de 1,8 milhão de toneladas de resíduos perigosos, a economia de sessenta milhões de toneladas de material “virgem”, a redução das emissões de carbono em 42 milhões de toneladas e evitou que 47 milhões de toneladas de resíduos industriais fossem destinados ao aterro (International Synergies, [s.d.]).

Segundo Laybourn e Morrissey (2009), esse programa possibilitou, por exemplo, o reúso de vapor e 12.500 toneladas de CO_2 /ano gerados dos processos de produção de derivados de nitrogênio e metanol da Terra Nitrogen Ltd. pela John Baarda Ltd., ambas no Reino Unido, esta última um pequeno produtor de hortaliças, que passou a utilizar esses resíduos em seus cultivos. Essa troca permitiu, por exemplo, aumentar em 50%/ano o cultivo de tomate da John Baarda Ltd. e o aquecimento da estufa, do tamanho correspondente a 23 campos de futebol, onde os tomates são cultivados.

Já a produtora de carne, John Pointon & Sons Ltd., encontrou no programa uma solução para 150 Kt de resíduos de carne e farinha de osso que seriam enviados para aterros. A queima desses resíduos permite a geração de energia, e os sais de cálcio gerados são utilizados como matéria-prima na produção de cimento. Essa simbiose permitiu a redução na emissão de cerca de 277 Kt de CO_2 e a criação de dez empregos (Laybourn; Morrissey, 2009).

O quadro 10 apresenta os fatores viabilizadores para a simbiose industrial em nível nacional, em que se destacam a organização conjunta das instituições responsáveis pelos projetos e o grupo de políticas voltadas para o desenvolvimento sustentável (Mirata, 2004).

Quadro 10 – Fatores viabilizadores para o projeto de simbiose industrial em nível nacional

<i>CATEGORIA</i>	<i>ELEMENTOS DOS FATORES CONSTITUINTES</i>	<i>POTENCIAIS DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA</i>
Técnica	Atributos (físicos, químicos e locais) de fluxos de entrada e saída. Necessidades e capacidades relacionadas ao processamento de fluxos utilitários (energia, água, gestão de resíduos). Logística e recursos gerenciais. Disponibilidade de tecnologias confiáveis e econômicas para permitir sinergias.	Número e diversidade de possíveis ligações simbióticas. Extensão do investimento e do esforço necessários para desenvolver e para manter as sinergias.
Política	Políticas ambientais globais. Natureza e implicações de leis e regulamentos relevantes. Impostos, taxas, multas, subsídios e créditos relevantes.	Incentivo do desenvolvimento e da adoção de medidas ambientais sobre tecnologias e práticas desejadas (por exemplo, com exigências estritas, mas flexíveis em formas de cumprimento).
Econômica e financeira	Custos de insumos, valor econômico de resíduos e subprodutos e impacto dos elementos políticos. Potencial de geração de receita, tempo de retorno e retorno nos parâmetros de investimento (ROI). Tamanho do investimento de capital e custo de manutenção de sinergias (incluindo custos de transação e de oportunidade).	Extensão da vantagem econômica e competitividade de ganho. Decisões de empresas privadas. Necessidade de fonte alternativa de financiamento.
Informacional	Disponibilidade de informações oportunas e confiáveis sobre o projeto em questão. Sistema de gerenciamento de informações que, sistematicamente, monitore dinâmicas de mudanças e avalie a conveniência e a viabilidade de várias opções.	Possibilidades para identificar sinergias. Possibilidades de operacionalizar sinergias. Percepção de risco das empresas.

(continua)

(continuação)

CATEGORIA	ELEMENTOS DOS FATORES CONSTITUINTES	POTENCIAIS DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA
Organizacional e motivacional	Confiança. Abertura para o outro e para novas ideias. Percepção de risco. Nível de interação social e proximidade mental. Disponibilidade local de poder de decisão. Histórico organizacional. Natureza da interação entre a indústria e políticos influentes.	Presença ou criação da estrutura institucional necessária ao projeto. Desenvolvimento de sinergias. Manutenção de sinergias.

Fonte: Mirata (2004).

Cabe ressaltar que existem ainda desafios a serem enfrentados por esse sistema de simbiose industrial virtual, em que as empresas não estão próximas. Entre as dificuldades relatadas no estudo de Abreu e Ceglia (2018), pode-se apontar a necessidade de um planejamento muito bem realizado e a colaboração entre empresas, autoridades locais, consumidores e fornecedores para entender como o fluxo de resíduos pode ser usado em outro lugar. Além disso, a logística das matérias-primas e a falta de uma agenda e de um suporte financeiro e técnico pelo governo para que as empresas possam atingir as metas impostas pela gestão pública também são fatores destacados para encontrar uma “solução comum” entre as empresas participantes de modo a equalizar a gestão de resíduos.

E no Brasil, é possível implementar esse modelo?

Em 2009, a Federação de Indústrias do Estado de Minas Gerais (Fiemg) elaborou uma versão do NISP, intitulado Programa Mineiro de Simbiose Industrial (PMSI), com a finalidade de estimular o desenvolvimento sustentável das indústrias na região mineira (Fiemg, [s.d.]a). Desde o início do programa mineiro até o ano de 2015, diversas ações positivas foram realizadas, tais como: 140 mil toneladas de resíduos foram recuperadas, 195 mil toneladas de recursos naturais deixaram de ser utilizadas, a

emissão de carbono diminuiu em 88 mil toneladas, e mais de 14 mil m³ de água foram reutilizados. Paralelamente, a reciclagem dos materiais resultou na redução de R\$ 8,7 milhões em custos para as 760 empresas participantes durante esse período (CNI, 2018; Costa, 2017).

Em 2017, o programa se expandiu para o Programa de economia circular em Distritos Indústrias, que teve como objetivo levar os conceitos para os distritos industriais de Sete Lagoas e Uberaba (Costa, 2017; Fiemg, [s.d.]a). Com dois anos de execução, as 44 empresas aderentes aumentaram sua lucratividade em até 20%, houve redução de quase 140 tCO₂eq. emitidos, redução no consumo de matérias-primas virgens em dezoito mil ton/ano, redução de água em 264 mil m³/ano e redução nos custos em R\$ 1,77 milhões/ano, dentre outros ganhos (Fiemg, [s.d.]b). Os resultados satisfatórios levaram à sua evolução para a criação da Rede de economia circular da Indústria de Minas Gerais, em 2020, que visa promover ações com foco em sistema de gestão ambiental 4.0, agenda do clima e eficiência hídrica (Fiemg, [s.d.]a).

Outro exemplo brasileiro trata do Ecoparque em Benevides (Pará), inaugurado pela Natura em 2014, baseando-se no conceito de simbiose industrial (Natura Campus, [s.d.]a). Uma das empresas situadas no parque é a alemã Symrise, que realiza o processamento de manteigas e óleos de ativos como cupuaçu, cacau, andiroba, ucuuba, entre outros, insumos estes utilizados pela Natura na fabricação de seus sabonetes (Natura Campus, [s.d.]b). Além disso, o parque foi planejado para reutilização de água da chuva, aproveitamento da ventilação e de iluminação naturais e uso de bicicletas e carros elétricos para facilitar a mobilidade no interior do complexo (Natura Campus, [s.d.]a).

Desde 2011, a Natura já atua com o Programa Amazônia, desenvolvendo cadeias produtivas sustentáveis no campo dos biocosméticos a partir de um ativo da floresta em extinção. Em conjunto com uma rede de parceiros locais, como a Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá (Sema-AP), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amazonas (Semas-AM), além das comunidades agroextrativistas e organizações sociais da região, o programa já contribuiu para a conservação de 1,8 milhão de hectares na Amazônia (Abevd, 2019).

Apesar dos exemplos mencionados, ainda existem barreiras para a aplicação da simbiose industrial no Brasil, como já vinham sendo apontadas por Tanimoto (2004). Um exemplo é o fato de que muitas empresas não veem benefícios em trocas de coprodutos, especialmente se essas trocas envolverem empresas concorrentes. A falta de incentivos pelos ganhos coletivos e a escassez de profissionais qualificados também são considerados fatores de barreira técnica para a implantação da simbiose industrial. Além disso, a legislação pode se tornar mais um empecilho ao definir altos custos de licenciamento ambiental e de transporte dos subprodutos, prejudicando, dessa maneira, a relação simbiótica das empresas.

Por meio de entrevistas com gestores de empresas e atores institucionais que participam do PMSI, Paula e Abreu (2019) verificaram que a rede de simbiose industrial formada ainda é pouco densa e com trocas isoladas de resíduos. Apesar de alguns participantes do programa atuarem na capacitação, na mobilização e no relacionamento, as autoras reforçam a necessidade de se investir em mais soluções ecoinovadoras e na melhoria dos ambientes institucional e econômico. Além disso, Magrini e Veiga (2018, p. 121) ressaltam que programas desse tipo devem compor estratégias de política pública, definindo bem o papel de cada ator e garantindo a continuidade, o que pode ser construído por parcerias entre indústrias, universidades, agentes financeiros, comunidade e outros agentes públicos.

Considerações finais

A simbiose industrial exerce um importante papel para a recirculação de recursos e energia, acarretando o desenvolvimento industrial e econômico e podendo ser aplicada tanto em nível local quanto supraregional. Os casos apresentados mostram que, apesar de alguns desafios inerentes à aplicação do modelo no longo prazo, a adoção de novos modelos de negócios, a importância de ações de políticas públicas, a integração das partes interessadas e o uso de plataformas colaborativas incentivadas pela economia circular tendem a mitigar essas dificuldades e permitir o fortalecimento dessas sinergias. O mesmo vale para o Brasil, que, com

o PMSI e o Ecoparque da Natura, tem conseguido alcançar resultados significativos nas respectivas regiões.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. C. S. de; CEGLIA, D. On the implementation of a circular economy: the role of institutional capacity-building through industrial symbiosis. *Resources, Conservation & Recycling*, [S.l.], v. 138, p. 99-109, 2018.

ABEVD. Natura contribui para a conservação de 1,8 milhão de hectares na Amazônia junto a rede de parceiros locais. Disponível em: <https://www.abevd.org.br/natura-contribui-para-a-conservacao-de-18-milhao-de-hectares-na-amazonia-junto-a-rede-de-parceiros-locais/>. Acesso em: 06 abril. 2022.

CNI. *Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira*. Brasília: CNI, 2018. 70 p. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/2f/45/2f4521b9-d1eb-44f7-b501-cda01254738a/miolo_economia_circular_pt_web.pdf. Acesso em: 16 out. 2020.

COSTA, W. S. Economia circular em distritos industriais: metodologia Fiemg e execução em Minas Gerais. *IV Seminário ABQ*, 8 nov. 2017. Apresentação de slides. Disponível em: <http://www.abqualidade.org.br/Eventos/palestras/2017/PDF/3-%20Case%20Economia%20Circular%20-%20Wagner%20Soares%20Costa.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Case studies: Kalundborg Symbiosis – effective industrial symbiosis. *Ellen MacArthur Foundation*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/effective-industrial-symbiosis>. Acesso em: 16 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Uma economia circular no Brasil: uma exploratória inicial. *Ellen MacArthur Foundation*, [S.l.], 2017. 31 p. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf. Acesso em: 16 out. 2020.

FIEMG. *Conceito*. Minas Gerais: FIEMG, [s.d.]a. Disponível em: https://www7.fiemg.com.br/publicacoes-internas/economicircular_conceito. Acesso em: 28 nov. 2020.

FIEMG. *Resultados*. Minas Gerais: FIEMG, [s.d.]b. Disponível em: https://www7.fiemg.com.br/publicacoes-internas/economicircular_resultados. Acesso em: 28 nov. 2020.

INTERNATIONAL SYNERGIES. *Projects: National Industrial Symbiosis Programme*. International Synergies, [s.d.]. Disponível em: <https://www.international-synergies.com/projects/national-industrial-symbiosis-programme/>. Acesso em: 16 out. 2020.

JENSEN, P. D. *et al.* Quantifying “geographic proximity”: experiences from the United Kingdom’s National Industrial Symbiosis Programme. *Resources, Conservation and Recycling*, [S.l.], v. 55, p. 703-712, 2011.

KALUNDBORG Symbiosis. Site, [s.d.]. Disponível em: <http://www.symbiosis.dk/en/>. Acesso em: 16 out. 2020.

LAYBOURN, P. *Opportunities through industrial symbiosis: UK NISP and global experience*. Industrial Symbiosis Workshop for Development Agencies and Regional Plans. 31 jan. 2013. Apresentação de slides. Disponível em: http://www.endustriyelsimbiyoz.org/wp-content/uploads/2013/02/industrial-symbiosis_uk-nisp-and-global-experience_31.01.2013.pdf. Acesso em: 16 out. 2020.

LAYBOURN, P.; MORRISSEY, M. *National Industrial Symbiosis Program: the pathway to a low carbon sustainable economy*. Birmingham: International Synergies Ltd., 2009. 53 p. Disponível em: <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Pathway%20Report.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

MAGRINI, A.; VEIGA, L. B. E. Um quadro recente das iniciativas de parques eco industriais e simbioses industriais. In: MAGRINI, A.; VEIGA, L. B. E. *Ecologia Industrial: desafios na perspectiva da economia circular*. Rio de Janeiro: Synergia Editora, 2018. p. 121.

MIRATA, M. Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: determinants and coordination challenges. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 12, p. 967-983, 2004.

MORALES, E. M. et al. “By-product synergy” changes in the industrial symbiosis dynamics at the Altamira-Tampico industrial corridor: 20 years of industrial ecology in Mexico. *Resources, Conservation & Recycling*, [S.l.], v. 140, p. 235-245, 2019.

NATURA CAMPUS. *Natura inaugura complexo industrial sustentável em Benevides e propõe inovação em rede*. São Paulo, Natura Campus, [s.d.]. Disponível em: <http://www.naturacampus.com.br/cs/naturacampus/post/2014-04/natura-inaugura-complexo-industrial-sustentavel-em-benevides>. Acesso em: 29 out. 2020.

NATURA CAMPUS. *Symrise se une à Natura em complexo industrial na Amazônia*. São Paulo, Natura Campus, [s.d.]. Disponível em: <http://www.naturacampus.com.br/cs/naturacampus/post/2015-06/ecoparque>. Acesso em: 29 out. 2020.

PAULA, E. V. de; ABREU, M. C. S. de. Pressões do contexto e a construção da capacidade institucional na formação de uma rede de simbiose industrial. *Gestão e Produção*, [S.l.], v. 26, n. 4, e3831, 2019.

STARLANDER, J. E. *Industrial symbiosis: a closer look on organizational factors, a study based on the industrial symbiosis project in Landskrona*. 2003. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Gestão e Política Ambiental) – International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund, Sweden, 2003. Disponível em: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1324966&fileId=1324967>. Acesso em: 16 out. 2020.

TANIMOTO, A. H. *Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Polo Petroquímico de Camaçari*. 2004. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2004.

VEIGA, L. B. E. *Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE Paracambi*. 2007. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

IX. Princípios, perspectivas e aplicação do chemical leasing nos processos de produção visando à sustentabilidade

*Silmara Furtado
Suzana Borschiver
Aline Tavares*

O conceito de produção e consumo sustentáveis resulta de um processo evolutivo de iniciativas para a promoção da chamada “Produção mais limpa” (P+L), ou seja, a produção que utiliza menos recursos naturais e gera menos resíduos (Pereira; Sant’anna, 2012). O atual modelo de produção e consumo tem sido uma das principais causas do processo de degradação ambiental, motivada principalmente pela aquisição de produtos desnecessários e descartes inadequados. A proposta do consumo sustentável surgiu como uma tentativa de reversão desse modelo.

Nesse contexto, a economia circular é uma alternativa promissora. Como já visto nos capítulos anteriores, apresenta-se como um modelo industrial de sustentabilidade que visa remodelar a cadeia produtiva linear atual para um novo conceito de produção e circulação de recursos, tendo como um dos objetivos a eliminação ou minimização de componentes tóxicos e a geração zero ou mínima de resíduos desde a concepção dos produtos (Ribeiro; Kruglianskas, 2014).

Uma análise realizada pela consultora empresarial americana McKinsey & Company estima que o crescimento da economia circular poderia gerar uma economia de materiais da ordem de US\$ 1 trilhão por ano até 2025 e se tornar um impulsionador da inovação industrial global, da criação de empregos e do crescimento para o século XXI (Nguyen; Stuchtey; Zils, 2014). A essas projeções alia-se uma ampla gama de serviços com grande potencial de desenvolvimento, entre os quais destacam-se os modelos de negócios que não se enquadram na tradicional produção de bens para o provimento de serviços (Circular..., [s.d.]).

O passivo ambiental é um desafio em diferentes setores da indústria. Estudos relacionados à adoção de medidas preventivas e reparatórias têm sido realizados a fim de compensar ou minimizar os impactos ambientais negativos das atividades econômicas potencialmente poluidoras. Atualmente, verifica-se um interesse crescente das empresas em procedimentos nos âmbitos técnico, comercial e operacional que visam eliminar ou reduzir poluentes (Mangonaro, 2010).

Uma das formas de diálogo da economia circular com o setor industrial/empresarial é a utilização do produto como serviço, seja ele *business to business* (B2B) ou *business to consumer* (B2C). Algumas empresas foram excluídas do mercado por não observarem que a sequência produzir-vender não bastava mais. É preciso analisar o produto e o que ele, como plataforma, pode proporcionar de serviço associado ao usuário. Essa mentalidade tem apresentado resultados interessantes em B2B e pode promover interações com o usuário final, inclusive com fidelização de clientela e aumento de valor agregado (B2C) (Peron; Zoccoli, 2017, p. 32).

Gradativamente, as pessoas têm se portado como usuárias, e não como proprietárias de determinados produtos. A questão da posse tem sido transferida para um segundo plano, mesmo em setores em que possuir bens sempre foi valorizado, como o automotivo e o eletroeletrônico. A marca passa a ser vista pelo novo consumidor usuário como aquela que viabiliza uma experiência ou que entrega *performance* (Peron; Zoccoli, 2017, p. 32).

Sob essa perspectiva, o *chemical leasing* mostra-se como uma estratégia inovadora na comercialização e no emprego de produtos químicos. Trata-se de um novo modelo de negócio iniciado em 2004 e subsidiado pelo Ministério Federal Austríaco para Agricultura, Silvicultura, Meio Ambiente e Gestão da Água em conjunto com a UNIDO (Jakl, 2011). Originado do conceito de *clean production*, esse modelo tem como principais diretrizes a promoção da racionalização do uso de produtos químicos, o aumento da segurança química e a redução do descarte (Oestreich, 2013).

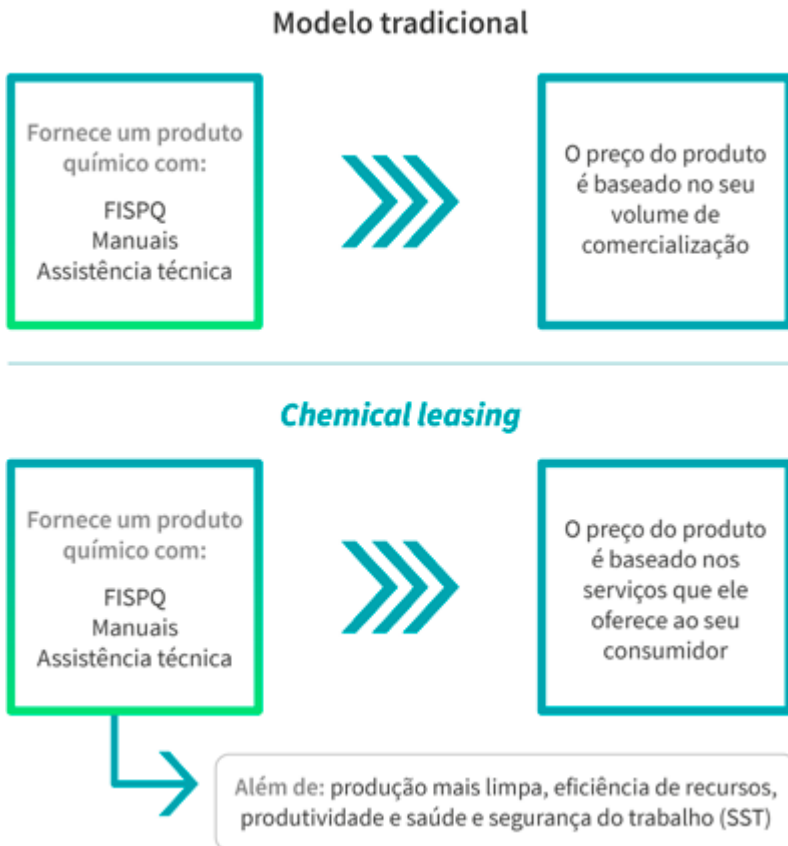
Desde o início do modelo, a UNIDO tem realizado parcerias e criado grupos de trabalho junto a variados centros nacionais de produção mais limpa no mundo, sendo oferecidos treinamentos, *workshops*, eventos e prêmios globais para incentivar e reconhecer as melhores práticas

(UNIDO, 2016). No Brasil, o Instituto Senai de Tecnologia Ambiental (IST) foi escolhido pela organização como a instituição de referência na difusão e na transferência da tecnologia do modelo *chemical leasing* (Scorzelli; Furio, 2017, p. 75).

Baseando-se na venda de serviços orientada para a minimização dos riscos à saúde em todas as etapas envolvidas e dos impactos de seus processos e produtos, o novo aspecto decisivo desse modelo de negócio, que se distingue da relação tradicional fornecedor-usuário, é ter como base de pagamento para a operação comercial o serviço realizado pela substância química (Jakl, 2011). No *chemical leasing*, o cliente (consumidor do produto) determina as especificações (padrão de qualidade e função esperada), e o fornecedor (produtor, distribuidor ou prestador de serviço) desenvolve soluções por meio de produtos, tecnologias de aplicação e/ou treinamentos, podendo estabelecer parcerias com fornecedores de equipamentos, recicladores, entre outros *stakeholders* da cadeia produtiva para otimizar o desempenho do serviço (Tavares, 2018).

Nesse sentido, o fornecedor responsabiliza-se pelo emprego das melhores tecnologias e práticas disponíveis, comprometendo-se com a qualidade do produto de seu cliente, bem como seus desempenhos econômico e ambiental. No lugar do produto, são disponibilizados conhecimento, tecnologia e melhores práticas, além de programas de treinamento dos funcionários do contratante, que não pagará pela quantidade de produto adquirida, mas pelo benefício resultante de sua aplicação, baseada em práticas sustentáveis. Por outro lado, o consumidor paga apenas pelo serviço do produto, evitando custos de desperdício, como os de saúde ocupacional e os de compras desnecessárias (Mangonaro, 2010). Assim, os objetivos entre o fornecedor e o cliente tornam-se alinhados (figura 15) ao formarem uma parceria para que sejam comercializados a *performance* e o serviço do produto, em vez do volume, resultando em redução de custos, carga de trabalho, emissões, gerenciamento de resíduos e melhor desempenho (Jakl, 2011; Tavares, 2018).

Figura 15 – Esquema comparativo entre o modelo tradicional e o modelo *chemical leasing* de comercialização de produtos químicos



Fonte: Baseado em Oestreich (2013).

Alguns critérios e princípios têm sido discutidos em âmbito internacional para regular e gerenciar contratos de *chemical leasing* (Richa, 2018), a saber:

- a) definição clara de responsabilidades entre fornecedor e consumidor;
- b) aprimoramento na gestão de Segurança do Trabalho, Meio Ambiente e Saúde do Trabalhador (SMS) com vistas à redução dos riscos de acidentes de trabalho, de exposição ocupacional prolongada a produtos químicos e dos impactos ambientais;

- c) treinamento de pessoal e atendimento das normas de SMS;
- d) garantia da qualidade do produto ou serviço beneficiado pela aplicação do produto químico;
- e) distribuição equitativa dos benefícios econômicos entre todos os envolvidos; e
- f) desenvolvimento de princípios de cooperação.

Perfil de publicações sobre chemical leasing

Por se tratar de um conceito inovador, adotado por diferentes setores industriais, a visualização do perfil de publicações acerca desse modelo é de grande relevância para a compreensão de seu estado da arte. Para este trabalho, a pesquisa (realizada no dia 2 de junho de 2020) teve como estratégia a busca do termo *chemical leasing* nos campos título, resumo e palavra-chave, sem restrição temporal ou por tipo de documento, da base de dados Scopus. Foram encontrados 31 documentos, compreendidos no período de 2004 a 2017, gerando os gráficos a seguir. A figura 16 apresenta a evolução do número de artigos publicados no período observado, cuja análise indica inexistência de um perfil temporal característico, não havendo publicações disponibilizadas na base no ano de 2009.

Figura 16 – Evolução no número de artigos sobre *chemical leasing* publicados entre 2004 e 2017

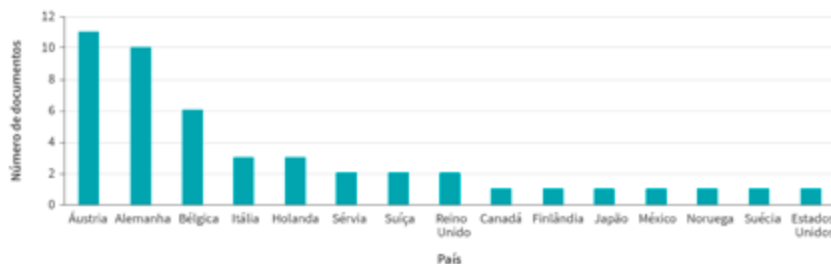


Fonte: Elaboração própria.

A Agência Federal do Meio Ambiente de Berlim publicou o primeiro artigo sobre o tema em 2004. O conteúdo da publicação visou imprimir os principais conceitos e perspectivas sobre a implantação desse modelo no redesenho da Política Química da União Europeia (Steinhäuser *et al.*, 2004).

Quanto à publicação de artigos por país, pode-se observar que a Áustria e a Alemanha se destacam na aplicação desse conceito em diferentes setores econômicos, sendo juntas responsáveis pela publicação de 21 artigos científicos, ou seja, aproximadamente 62% do total analisado (figura 17).

Figura 17 – Distribuição por país dos artigos científicos sobre *chemical leasing* publicados entre 2004 e 2017



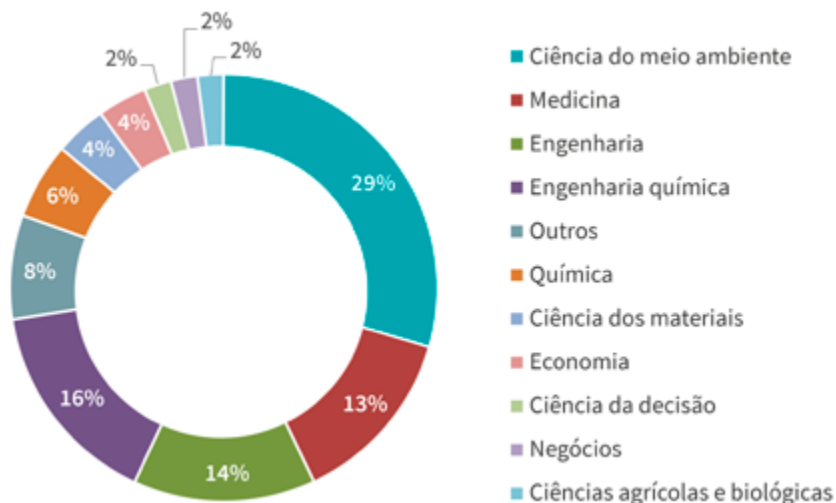
Fonte: Elaboração própria.

O pioneirismo da Áustria na adoção desse modelo de negócio pôde ser comprovado durante o primeiro Global Chemical Leasing Award, evento mundial anual de divulgação do *chemical leasing* promovido pelo governo austríaco e pela UNIDO, em 2010. Nele, constatou-se a redução do consumo de aproximadamente 53 mil toneladas de produtos químicos, uma quantidade correspondente a cerca de um terço do total utilizado por empresas relevantes no país. Outro dado que corrobora o pioneirismo europeu foi a aprovação da Resolução INI/2011/1056 do Parlamento Europeu em 2011. Esse documento contém medidas de uso eficiente de matérias-primas na Europa e consagra o conceito de *chemical leasing* nas estratégias de redução de consumos de matérias-primas e

de resíduos, incentivando o seu apoio pela União Europeia (Jakl, 2011; Barros; Oliveira; Gonçalves Filho, 2015).

A distribuição de artigos por área de pesquisa acadêmica (figura 18) aponta um maior número de publicações (dez artigos) no campo “Ciência do meio ambiente”, com ênfase na utilização comercial de produtos químicos em algumas aplicações industriais, entre elas limpeza/desengorduramento, decapagem, fundição, refrigeração/lubrificação, preparo de catalisadores e condicionamento de água.

Figura 18 – Distribuição dos artigos científicos sobre *chemical leasing* e percentual de publicações por área de pesquisa entre 2004 e 2017



Fonte: Elaboração própria.

Aplicações do *chemical leasing* no mercado

Diversas iniciativas têm avançado na utilização desse modelo dentro de organizações. Atualmente o *chemical leasing* tem sido aplicado em mais de dez países em variados setores, como alimentos e bebidas, automotivo, eletroeletrônico e petroquímico, com mais de cinquenta projetos

demonstrados e mais de oitenta empresas participantes (UNIDO, [s.d.]; Schwager; Decker; Kaltenegger, 2016; Tavares, 2018; UNIDO, 2016). A seguir, são apresentados quatro exemplos de aplicação de contratos de *chemical leasing*.

Ecolab e Knjaz Milos

A Ecolab é líder mundial no uso de tecnologias limpas e na minimização de desperdício no tratamento de água, higiene e energia. A empresa formulou, por exemplo, um detergente para pisos com enzimas específicas, não necessitando de enxágue e, por isso, capaz de economizar água, tempo e mão de obra. Segundo dados da companhia, essa economia equivale a cerca de 49% de um serviço de limpeza comercial convencional (Tavares, 2018). Outra formulação de detergente – Pot & Pan – foi elaborada de modo que a concentração do princípio ativo levasse à substituição da embalagem de galão por refil em *bag*, reduzindo em 70% o descarte de plástico.

Um interessante exemplo de contrato *chemical leasing* foi apresentado pelo Centro Nacional de Produção mais Limpa da República da Sérvia, desenvolvido entre a indústria Knjaz Milos de água mineral e bebidas em geral, com capacidade de produção de trezentos milhões de litros de bebidas/ano, e a Ecolab. A empresa de bebidas adotou o *chemical leasing* para lubrificação das esteiras transportadoras de garrafas na área de envase, cujo processo anterior utilizava água e seis mil quilos/ano de um produto à base de alquilamidas e ácido acético, substâncias com características tóxicas e corrosivas.

A empresa apresentava um elevado consumo de água e gerava 1500m³ de efluentes por dia. Além disso, o processo apresentava riscos à saúde, pois a queda e o rompimento de garrafas eram frequentes, podendo causar acidentes. O novo processo passou a utilizar 30% menos de um produto com menor toxicidade (4.200 kg/ano) e sem uso de água em sua operação. Com isso, além da redução do consumo de insumos, da geração de resíduos de embalagem e de efluentes líquidos, a indústria Knjaz Milos economizou 5.700 euros/ano, melhorando as condições

de trabalho. Os riscos representados pelos cacos de vidro nos pisos e os aerossóis na área de engarramento foram totalmente eliminados (Richa, 2018).

Ecolab e Hotel Windsor Atlântica

A Ecolab e o Hotel Windsor Atlântica (Rio de Janeiro) foram vencedores da categoria *Cases Studies* do prêmio Global Chemical Leasing 2014 (Chemical Leasing, [s.d.]), premiação anual de reconhecimento de boas práticas em *chemical leasing* (Scorzelli; Furio, 2017, p. 75). No Brasil, esse método ainda é pouco usado, apesar de ser adotado em larga escala na Europa para outros serviços, como pintura, higienização, lubrificação e desengraxe, por exemplo. O *chemical leasing* aplicado à hotelaria, no entanto, é uma atividade inovadora, razão pela qual o projeto, fruto da parceria entre as empresas, foi premiado (Scorzelli; Furio, 2017, p. 76).

O Hotel Windsor Atlântica (atualmente Hotel Hilton Copacabana), inaugurado em dezembro de 2011, possui 545 apartamentos e duas suítes especiais. Durante o período de execução do estudo de caso, contava com 540 colaboradores e apresentava uma taxa média de ocupação de 70%, equivalente a 11.445 ocupações em trinta dias. Parte de seus produtos de higienização foram adquiridos da Ecolab, que atendia a 98% da demanda de produtos químicos do hotel, e o modo de cobrança, que antes era por galão ou quilo de produto, passou a ser por apartamento ocupado por dia (cerca de R\$ 2,00 a R\$ 3,50/dia) (Oestreich, 2013).

O setor de almoxarifado do hotel era responsável pela armazenagem dos produtos químicos, pela contenção contra possíveis vazamentos e pelo controle, por sistema interno, das quantidades de produtos químicos entregues. Todos os produtos armazenados eram etiquetados com informações sobre composição química e indicações de manuseio, não havendo contato direto dos colaboradores com os produtos químicos, e os pedidos de fornecimento eram realizados mediante demanda dos serviços de limpeza. Já a Ecolab controlava o consumo, os estoques e a logística reversa das embalagens e tinha a responsabilidade pela entrega dos produtos químicos e pela capacitação inicial e periódica dos

colaboradores do hotel como forma de prevenir acidentes e, também, evitar desperdícios (Oestreich, 2013).

Com isso, o hotel passou a apresentar um consumo de 0,28 litros de produtos de limpeza e um gasto de 2 reais por apartamento ocupado por dia, levando a uma redução de 52% nos custos de produtos químicos. Além disso, devido à qualidade dos efluentes gerados, a equipe de lavanderia passou a reciclar a água para usos menos nobres após um tratamento preliminar, levando a uma economia no consumo de água. Por sua vez, a Ecolab recuperou mensalmente 22 mil reais com a venda dos produtos sob esse tipo de contrato (Oestreich, 2013).

Diversey Eastern and Central Africa e Crown Beverages Limited

A indústria de bebidas é uma das maiores consumidoras mundiais de água, sendo uma parte significativa usada na lubrificação das esteiras transportadoras de garrafas nas unidades das fábricas e na higienização de garrafas retornáveis. Além disso, essa indústria tem um consumo diário de produtos químicos, como o hidróxido de sódio (NaOH), os aditivos químicos empregados na higienização das garrafas e os lubrificantes adicionados à água empregada nas esteiras transportadoras, os quais reduzem o atrito e permitem que as garrafas se movam suavemente ao longo da linha de produção (Hsine; Benhammou; Pons, 2005). O uso desses produtos é responsável pela formação de espuma nos efluentes das fábricas, encarecendo significativamente seu processo de tratamento.

A Crown Beverages Limited (CBL), companhia localizada em Uganda e responsável por produzir bebidas para uma franquia da PepsiCo, produz diversas marcas de bebidas para abastecer o mercado local ugandês e exportar para o restante do território africano. Através do *chemical leasing*, a empresa aumentou a eficiência de suas fábricas, principalmente quanto ao tratamento de água e à minimização do consumo de produtos químicos (UNIDO, [s.d.]).b). Antes da implementação do modelo, a CBL pagava por unidade de produto químico comprado (em quilo ou litro) e era responsável pelo uso desses produtos dentro de suas fábricas. Com o

modelo, a empresa passou a pagar à Diversey Eastern and Central Africa pela realização do serviço de lubrificação das esteiras e pela lavagem das garrafas retornáveis, e o pagamento passou a ser feito por unidade de bebida produzida e engarrafada dentro de suas fábricas.

O modelo foi introduzido com sucesso em três linhas de esteiras, assim como na higienização das garrafas retornáveis e das embalagens. Após seis meses, a CBL economizou 175 mil xelins ugandeses com a redução direta dos custos desses serviços. Verificou-se também uma redução significativa nos gastos com o tratamento dos efluentes líquidos e a diminuição drástica da produção de espuma nos efluentes da CBL (UNIDO, [s.d.]b).

Outro dado relevante diz respeito às reduções anuais do consumo de água nas fábricas da CBL, em 13 mil m³, e do uso de produtos químicos, em 40% na higienização de garrafas retornáveis e em 48% na lubrificação de esteiras transportadoras. Esses resultados totalizaram uma economia anual de 350 mil xelins ugandeses para a CBL (UNIDO, [s.d.]b).

No quadro 11 estão listadas as principais mudanças ocorridas após a implementação do modelo de *chemical leasing* na CBL, sendo possível notar reduções significativas no consumo de água, energia e insumos químicos, bem como nas emissões de CO₂, um dos principais causadores do efeito estufa e das mudanças climáticas, indo ao encontro dos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU.

Quadro 11 – Dados da CBL antes e após a implementação do modelo de *chemical leasing*

ANTES DO CHEMICAL LEASING	APÓS O CHEMICAL LEASING
Consumo de 29 mil m ³ de água/ano nas esteiras transportadoras e de 116 mil m ³ /ano na lavagem de garrafas retornáveis.	Consumo de água nas esteiras reduzido em 13 mil m ³ .
Consumo de 500 kg de hidróxido de sódio/dia.	Redução do consumo de hidróxido de sódio em 48%.

(continua)

(continuação)

ANTES DO CHEMICAL LEASING

APÓS O CHEMICAL LEASING

Os lubrificantes à base de sabão formavam espuma nos efluentes, aumentando significativamente os custos com o seu tratamento.

Redução do consumo de lubrificantes nas esteiras em 40%.

Redução do consumo de produtos químicos no tratamento de efluentes líquidos.

Redução do consumo de energia, resultando na redução da emissão de CO₂ em cerca de 150 toneladas/ano.

Fonte: Elaboração própria com base em UNIDO ([s.d.]).

Safechem Umwelt Service GmbH, Pero AG e Automobiltechnik Blau

A Safechem, subsidiária da Dow Chemical, é uma empresa dinamarquesa voltada para o fornecimento de soluções relacionadas ao uso sustentável de solventes de alta qualidade para limpeza de metais (Tavares, 2018). Por meio da parceria com a Pero AG, formou a *joint venture* Pero Innovative Services GmbH, fornecedora de equipamentos de alto desempenho para limpeza em diversos campos da indústria, que realizou o serviço de limpeza de peças metálicas produzidas pela empresa austríaca Automobiltechnik Blau no período de 2005 a 2009 (Jakl, 2011).

Com o modelo de *chemical leasing* aplicado, a unidade de pagamento do serviço realizado, que antes era feita por litro ou quilo de produto químico, foi negociada por número de partes das peças limpas. Com isso, obteve-se uma redução de 71% no consumo de solvente, 66% no uso de peças em excesso e 50% no consumo de energia (Jakl, 2011; Tavares, 2018).

Considerações finais

O foco no quantitativo de vendas de produtos químicos, inerente ao modelo linear, tem provocado um acúmulo de resíduos químicos em diferentes segmentos industriais por causa da falta de otimização dos processos de fabricação. Contudo, gradativamente, o mercado tem adotado modelos circulares e promissores na redução do descarte de produtos químicos e na conseqüente minimização da poluição ambiental. Em linhas gerais, são apresentadas às empresas modelos de negócio que visam à valorização de seus produtos por meio do fornecimento não somente de produtos, mas também de soluções de tecnologias químicas personalizadas aos processos. Entre esses modelos, destaca-se o *chemical leasing*.

Esse modelo de negócio é uma ferramenta que possibilita a diminuição da quantidade de substâncias químicas no processo de produção e dos impactos causados por elas quando lançadas no meio ambiente. Trata-se de um modelo colaborativo de produção no qual observam-se ganhos econômico e ambiental para clientes e fornecedores devido ao compartilhamento de informações técnicas que envolvem a manipulação dos produtos químicos; a otimização da estocagem desses produtos; a adequação aos procedimentos de segurança, de manuseio, de transporte adequado e de serviços de manutenção; a aplicação de conhecimento especializado e o compartilhamento de responsabilidades corporativas.

Os contratos do tipo *chemical leasing* dependem de uma mudança cultural que viabilize o uso de serviços em detrimento da posse de bens. As vantagens da adoção de um modelo circular estão atreladas à redução da exploração de recursos naturais e ao desenvolvimento de um setor de serviços de maior valor agregado. Entretanto, a observação de uma maior aplicabilidade do *chemical leasing* exige a disrupção tanto na forma de produzir quanto na maneira de consumir os produtos.

Os resultados apresentados pelo monitoramento científico realizado sugerem uma necessidade de verificação da ocorrência de conflitos na implantação desse modelo por meio da divulgação de trabalhos acadêmicos e estudos de casos em diferentes setores de produção que

envolvem processos químicos. Até o momento, os principais inconvenientes apontados são o desequilíbrio da criação de valor para ambas as partes nos contratos de parceria e as definições de corresponsabilidades entre fornecedores e clientes.

REFERÊNCIAS

AHRENS, R. H. Chemical leasing promises cleaner profits. *DW*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.dw.com/en/chemical-leasing-promises-cleaner-profits/a-15669434>. Acesso em: 19 out. 2020.

BARROS, M. J.; OLIVEIRA, M. C.; GONÇALES FILHO, M. Ação do *leasing* químico nos processos de produção visando à sustentabilidade. In: INTERNATIONAL ACADEMIC WORKSHOP: ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 5., 2015, São Paulo. *Anais* [...]. São Paulo: Unip, p. 1-10.

CHEMICAL LEASING. *Global Chemical Leasing Award 2014*, [s.d.]. Disponível em: <https://chemicalleasing.org/global-award/global-chemical-leasing-award-2014>. Acesso em: 19 out. 2020.

CIRCULAR ECONOMY PORTUGAL. Sobre economia circular. *Circular Economy Portugal*, [s.d.]. Disponível em: https://www.circulareconomy.pt/?page_id=413. Acesso em: 19 out. 2020.

HSINE, E. A.; BENHAMMOU, A.; PONS, M. N. Water resources management in soft drink industry-water use and wastewater generation. *Environmental Technology*, [S.l.], v. 26, n. 12, p. 1.309-1.316, 2005.

JAKL, T. Global Chemical Leasing Award 2010. *Technology and Investment*, [S.l.], v. 2, p. 20-26, 2011.

MANGONARO, J. C. Desenvolvimento sustentável: considerações acerca do desenvolvimento econômico versus passivo ambiental. *Revista de Direito Público*, v. 5, n. 1, p. 157-168, 2010.

NGUYEN, H.; STUCHTEY, M.; ZILS, M. Remaking the industrial economy. *McKinsey & Company*, 1^a fev. 2014. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/remaking-the-industrial-economy>. Acesso em: 19 out. 2020.

OESTREICH, A. *Chemical leasing*: negócios inovadores desenhados para o meio ambiente. Design for Environment (DfE): oportunidades e desafios para a indústria brasileira. Apresentação de slides, 10 abr. 2013. Disponível em: http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_13/2014/11/03/1125/DFE2014anaoestreich.pdf. Acesso em: 19 out. 2020.

PEREIRA, G. R.; SANT'ANNA, F. S. P. Uma análise da produção mais limpa no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 24, p. 17-26, 2012.

PERON, J.; ZOCCOLI, C. Economia circular: uma evolução industrial. *In*: LUZ, B. (org.). *Economia circular Holanda-Brasil: da teoria à prática*. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017. p. 29-34.

RIBEIRO, F. M.; KRUGLIANSKAS, I. A economia circular no contexto europeu: conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos. *In*: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 16., 2014, São Paulo. *Anais* [...]. São Paulo: FEA/USP, 2014. p. 1-16.

RICHA, N. Chemical leasing: uma modalidade de gestão sustentável de produtos químicos. *Intertox*, 18 jun. 2018. Disponível em: <http://www.intertox.com.br/chemical-leasing-uma-modalidade-de-gestao-sustentavel-de-produtos-quimicos>. Acesso em: 19 out. 2020.

SCHWAGER, P.; DECKER, N.; KALTENEGGER, I. Exploring green chemistry, 160 sustainable chemistry and innovative business models such as chemical leasing in the context of international policy discussions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, v. 1, p. 18-21, 2016.

SCOPUS. *Scopus*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.scopus.com>. Acesso em: 19 out. 2020.

SCORZELLI, I. B.; FURIO, P. R. Química verde e a bioeconomia no contexto da economia circular. *In*: LUZ, B. (org.). *Economia circular Holanda-Brasil: da teoria à prática*. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017. p. 73-76.

STEINHÄUSER, K. G. *et al.* Principles and perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, [S.l.], v. 11, n. 5, p. 284-290, 2004.

TAVARES, A. S. *A cadeia produtiva da indústria química no contexto da economia circular*. 2018. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

UNIDO. *Case study: lubrication in the Uganda beverage industry*. [S.l.]: UNIDO, [s.d.].a. 2 p. Disponível em: https://chemicalleasing.org/sites/default/files/case-study_uganda-lubrication.pdf. Acesso em: 19 out. 2020.

UNIDO. *Chemical leasing: sustainable chemicals service solutions*. [S.l.]: UNIDO, [s.d.].b. 27 p. Disponível em: https://open.unido.org/api/documents/4812309/download/Power-point_Chemical%20Leasing%20Basics.pdf. Acesso em: 19 nov. 2020.

UNIDO. *Global promotion and implementation of chemical leasing*. Vienna: UNIDO, 2016. 60 p. Disponível em: https://chemicalleasing.org/sites/default/files/20160310_10%20Years%20Chemical%20Leasing%20Report%20and%20Strategy%20Outlook_FV.pdf. Acesso em: 19 out. 2020.

X. A biotecnologia e a economia circular

Fernanda Cardoso
Suzana Borschiver
Aline Tavares

Como observado nos capítulos anteriores, a economia circular abrange, por definição, diversas áreas do conhecimento, dentre elas a Química, onde se encontra o setor biotecnológico. Por se tratar de um setor transversal, está fortemente relacionado à indústria química e, consequentemente, aos seus setores a montante e a jusante da cadeia produtiva, ilustrada no capítulo 13.

De maneira a classificar os estudos de caso relacionados à economia circular, a Fundação Ellen MacArthur ([s.d.])a elaborou quatro tipos de *building blocks*, a saber:

a) o *design* circular está relacionado às mudanças nos componentes dos materiais selecionados ou no desenho do produto, de modo que ele possa ser remanufaturado, reutilizado ou reciclado;

b) os novos modelos de negócios tratam de inovações em negócios, de modo que a companhia se torne mais circular;

c) o ciclo reverso trata das ações na cadeia produtiva que acarretam reúso, remanufatura, reparo ou reciclagem; e

d) os fatores viabilizadores e as condições sistêmicas favoráveis (FVCSF) estão associados a projetos colaborativos de modo geral e são viabilizados pela gestão pública, podendo envolver instituições educacionais, governos e organizações.

A seguir serão apresentados exemplos da aplicação da economia circular no setor biotecnológico, como o da empresa sueca AnoxKaldnes AB e o da Universidade de Tsinghua, ressaltando os possíveis setores da

economia que podem ser impactados em longo prazo e que um caso pode ser caracterizado por mais de um tipo de *building block*.

Design circular e ciclo reverso

Empregando os conceitos de *design* circular e de ciclo reverso, relacionados à biotecnologia, pode-se citar a empresa Ecovative Design, situada nos Estados Unidos, que possui *expertise* no desenvolvimento de biomateriais gerados a partir de resíduos agrícolas e micélios de cogumelos, como o *mushroom packaging* para embalar vinho.

Os micélios apresentam propriedade adesiva, característica que os tornam potenciais substitutos de insumos químicos derivados do petróleo, como o formaldeído (Ecovative Design, [s.d.]). Com isso, a utilização de resíduos agrícolas e de fontes biológicas, como insumos para a fabricação de embalagens, painéis para móveis e construção, entre outros, vai ao encontro dos princípios da economia circular. Em larga escala, a fabricação de madeira sustentável pode impactar positivamente os setores agrícola e madeireiro. Além disso, a competição com as resinas comumente utilizadas para tal aplicação, principalmente entre aquelas que têm proteção acústica e maior resistência ao fogo, também tem o potencial de impactar os setores petroquímico e de transformados plásticos (Ecovative Design, [s.d.]).

Ciclo reverso

Como exemplo de aplicação do ciclo reverso, pode-se citar a empresa AnoxKaldnes AB, situada na Suécia, que possui seu portfólio voltado para a produção de biogás, biopolímeros e tratamento biológico de água residual baseado na tecnologia Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), ou Reator de Leito Móvel com Biofilme. Através dessa tecnologia, os micro-organismos crescem na superfície de um suporte plástico, sendo mantidos em suspensão no reator de tratamento. Esse desenvolvimento permitiu a operação de uma planta-piloto em estações de tratamento de água residual na Bélgica, na Holanda e na Dinamarca para a produção

biotecnológica do bioplástico denominado polihidroxialcanoatos (PHA) por via bacteriana (Bengtsson *et al.*, 2017, p. 1; Veolia, [s.d.]). O bioplástico, além de ser biodegradável, possui propriedades semelhantes ao polipropileno (tipo de plástico sintético), podendo substituí-lo em algumas aplicações e, com isso, vir a impactar os setores petroquímico e de transformados plásticos em longo prazo.

Já a Neol Bio, subsidiária da espanhola Neuron Bio, desenvolve processos inovadores de biotecnologia industrial microbiana para aplicação em diferentes setores, como alimentos funcionais, oleoquímica, bioenergia e outros bioprodutos. A subsidiária possui patente concedida que reivindica uma nova tecnologia para a produção de óleos a partir de resíduos agrícolas, como palha de trigo ou bagaço de cana de açúcar, através do uso do microrganismo “Neoleum”, desenvolvido pela própria Neol Bio. Essa nova tecnologia possibilita a obtenção de óleos que podem ser utilizados como base para biocombustíveis e outros bioprodutos por meio de processos sustentáveis, utilizando resíduos orgânicos como matéria-prima, sem afetar a alimentação humana e animal (Neuron Bio, 2015). Nesse sentido, considerando o cenário de economia circular em larga escala, a síntese desse tipo de bioproduto de alto valor agregado pode impactar o setor de alimentos e de energia, dependendo da sua aplicação.

Novos modelos de negócio e ciclo reverso

Considerando os *building blocks*, os novos modelos de negócio e o ciclo reverso, é interessante citar o caso da empresa britânica British Sugar Plc, que produz açúcar e bioetanol a partir de beterraba açucareira (ou beterraba branca), além de outros coprodutos de valor agregado. O calcário, por exemplo, utilizado no processo de purificação do açúcar, também é posteriormente aproveitado como produto para a correção do pH do solo, oferecendo, através da integração de seus processos, calor, baixa temperatura, água e CO₂ da planta de cogeração de energia (CHP) para a horticultura de plantas da família da *Cannabis* não psicoativa, cultivada na mesma área industrial. Essa horticultura é utilizada para

desenvolver, em parceria com a GW Pharmaceuticals, um novo medicamento, chamado Epidiolex® (cannabidiol), voltado para o tratamento de formas raras e graves de epilepsia em crianças (British Sugar, [s.d.]; Ellen Macarthur Foundation, [s.d.]; Gw Pharmaceuticals, [s.d.]).

Esse novo modelo de negócio, nomeado pela companhia como Ecosystem Revitalization Agriculture (ERA), além de possibilitar a recuperação do capital natural por meio dessa integração, poderá contribuir para o controle de patógenos, incluindo a síndrome de Dravet, a Síndrome de Lennox-Gastaut (Lennox-Gastaut-like Syndrome – LGS), o Complexo de Esclerose Tuberosa (Tuberous Sclerosis Complex – TSC) e os Espasmos Infantis (Infantile Spasms – IS). Nesse sentido, a agricultura regenerativa, a produção de fármacos, a cogeração de energia com o sistema CHP e a comercialização de agregados podem influenciar o setor agrícola, de alimentos, farmacêutico, de energia e de mineração, respectivamente, considerando a aplicação dessas iniciativas em larga escala, que tende a ser viabilizada através do modelo circular.

Outro exemplo interessante é a Abengoa, multinacional de origem espanhola que aplica soluções tecnológicas inovadoras para a sustentabilidade nos setores de energia e meio ambiente. A empresa se enquadra nos *building blocks* por tratar da gestão de resíduos como novos recursos e por utilizar o modelo *waste-to-energy*. Em 2013, a Abengoa inaugurou sua planta de demonstração, localizada em Babilafuente (Salamanca, Espanha), que se baseia na tecnologia *waste-to-biofuels*, com capacidade para tratar 25 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos, a partir dos quais estima-se a produção de até 1,5 milhão de litros de bioetanol para aplicação como combustível (Abengoa..., 2013). Com isso, a empresa aumenta a taxa de recuperação em sua planta, minimiza a pegada de carbono e gera grandes benefícios para a sociedade.

Além disso, o biocombustível gerado é uma fonte renovável e limpa de energia que ajuda a reduzir a dependência por combustíveis fósseis enquanto reduz em 70% as emissões de gases de efeito estufa por quilômetro percorrido, maximiza a recuperação da fração orgânica do resíduo sólido urbano (RSU) e evita que mais de 80% dos resíduos acabem em aterros sanitários (Abengoa..., 2013).

Fatores viabilizadores, condições sistêmicas favoráveis e ciclo reverso

O caso da Universidade de Tsinghua, localizada em Pequim (China), se caracteriza como o *building block* FVCSF por se tratar de um projeto acadêmico. A pesquisa realizada pela universidade aborda a avaliação de uma solução de 0,2% de nanotubos de carbono ou grafeno para a biossíntese de um produto intitulado “super seda” (Wang *et al.*, 2016).

Além de sua aplicação como suporte às folhas de amoreira, o grafeno atua como alimento para os bichos-da-seda. As rotas responsáveis pela metabolização do grafeno pelo bicho-da-seda ainda não foram completamente elucidadas; no entanto, a nova seda se mostra vantajosa em relação à comumente produzida, pois apresenta o dobro de elasticidade e resistência, bem como a habilidade de condução de eletricidade após aquecimento a uma temperatura de até 1.050°C (Wang *et al.*, 2016).

Por possibilitar o reúso do grafeno e possuir um ciclo de vida útil longo, conferido pela alta resistência e melhor desempenho para condução de eletricidade, esse caso se enquadra também no ciclo reverso. Como a seda já é comumente fabricada a partir do bicho-da-seda, o setor têxtil pode ser impactado pela entrada desse novo material na cadeia produtiva (Wang *et al.*, 2016).

Já a Ecoplaso, uma *startup* criada por estudantes do Instituto de Tecnologia de Monterrey, no México, objetiva o desenvolvimento de copos e pratos de biopolímeros a partir de cascas de frutas e vegetais, bem como o desenvolvimento de fibras para a indústria têxtil para a geração de um produto com características similares ao couro, porém vegano. A empresa possui parcerias com restaurantes locais para utilizar seus resíduos como insumos e busca formar um acordo com o sistema de coleta de lixo do Conselho Municipal de Puebla para obter maior volume de material orgânico e, dessa forma, aumentar sua escala de produção (Arredondo-Trapero; Parra; Bosquet, 2018).

Considerações finais

Os exemplos apresentados retratam oportunidades tecnológicas em que os princípios circulares podem levar ao avanço da biotecnologia e, mais especificamente, ao desenvolvimento de novos biomateriais, bioprodutos e biocombustíveis. Entre os *building blocks* elaborados pela Fundação Ellen MacArthur, observa-se que o ciclo reverso tem se destacado nos estudos de caso, apontando para uma tendência inicial de as ações na área serem voltadas para o fechamento do ciclo produtivo por meio da valorização de resíduos, notando-se ainda a atuação em conjunto com outros *building blocks*, como *design* circular, novos modelos de negócio e FVCSF.

Os exemplos apresentados também permitem perceber que não somente a biotecnologia, como também os setores agrícola, de alimentos, petroquímico e de energia; a montante da cadeia química e têxtil; de transformados plásticos; e a jusante da cadeia química, destacam-se pelo potencial de beneficiamento através da implementação da economia circular.

REFERÊNCIAS

ABENGOA inaugurates its first demonstration plant using waste-to-biofuels (W2B) technology. *Abengoa*, 26 jun. 2013. Disponível em: http://www.abengoa.com/web/en/noticias_y_publicaciones/noticias/historico/2013/06_junio/abg_20130626.html. Acesso em: 20 out. 2020.

ARREDONDO-TRAPERO, F. G.; PARRA, J. C. V.; BOSQUET, F. J. S. A model for a biotechnological enterprise based on sustainability and the circular economy: an approach based on mexican innovations. *International Journal of Entrepreneurship*, [S.l.], v. 22, n. 3, 2018.

BENGTSOON, S.; WERKER, A. G.; VISSER, C.; KORVING, L. Phario: stepping stone to a sustainable value chain for PHA bioplastic using municipal activated sludge. Technical Report. *Stowa*, Rapport, n. 15, 2017.

BRITISH SUGAR. *British Sugar*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.britishsugar.co.uk/>. Acesso em: 20 out. 2020.

ECOVATIVE DESIGN. *Ecovative Design*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ecovativedesign.com>. Acesso em: 20 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Building blocks: circular economy design, business models, reverse cycles and enabling conditions are essential. *Ellen MacArthur Foundation*, [s.d.]a. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/building-blocks>. Acesso em: 20 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Case studies. *Ellen MacArthur Foundation*, [s.d.]b. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies>. Acesso em: 20 out. 2020.

GW PHARMACEUTICALS. *GW Pharmaceuticals*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gwpharm.com/>. Acesso em: 20 out. 2020.

NEURON BIO. Neol Bio patenta un método de conversión de residuos agrícolas en aceites de uso industrial. *BioTech*, 23 set. 2015. Disponível em: <http://biotech-spain.com/es/articles/neol-bio-patenta-un-m-todo-de-conversi-n-de-residuos-agr-colas-en-aceites-de-uso-industrial/>. Acesso em: 20 out. 2020.

VEOLIA. *Veolia*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.veoliawatertechnologies.com/en/solutions/technologies/anoxkaldnes-mbbr>. Acesso em: 19 nov. 2020.

WANG, Q. *et al.* Feeding single-walled carbon nanotubes or graphene to silkworms for reinforced silk fibers. *Nano Letters*, [S.l.], v. 16, n. 10, p. 6695-6700, 2016.

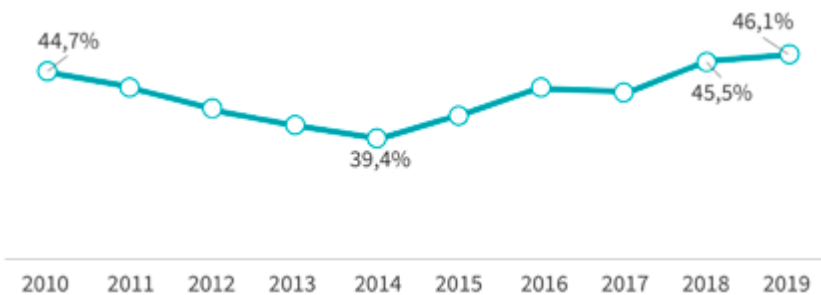
XI. O setor energético na economia circular

*Fernanda Cardoso
Suzana Borschiver
Aline Tavares*

A economia circular, como explicitado ao longo do livro, apresenta-se como um caminho para a sustentabilidade de maneira sistêmica, visando alinhar prosperidade econômica, social e ambiental no contexto atual. Através desse modelo, os resíduos passam a ser vistos como recursos, e o uso de substâncias atóxicas e de energias renováveis é estimulado. Nesse contexto, a análise do modelo circular aplicado ao setor energético é muito propícia, principalmente na atual conjuntura política e econômica, de transição energética e descarbonização.

O perfil da matriz energética brasileira encontra-se em fase de diversificação, apresentando atualmente 53,9% de fontes não renováveis e 46,1% de renováveis, caracterizado tanto pelo aumento da geração de energia hidráulica e eólica e da oferta de biomassa da cana e de biodiesel quanto pela redução da oferta de carvão mineral (EPE, 2020). Na matriz elétrica, aproximadamente 70% da capacidade instalada no país e 74% da energia gerada originam-se de hidrelétricas (Abradee, [s.d.]). Por outro lado, a desaceleração das atividades de refino levou a uma queda de 14,8% no consumo de derivados de petróleo pelo setor energético (EPE, 2017); com isso, o desenvolvimento de fontes energéticas mais sustentáveis e ambientalmente seguras se mostra como uma oportunidade promissora ao setor e reflete no crescente interesse observado nos últimos anos, conforme mostra a figura 19.

Figura 19 – Participação das fontes de energia renováveis na oferta interna de energia entre 2010 e 2019



Fonte: EPE (2020).

Entre as ações que estimulam o uso de combustíveis renováveis, pode-se citar o *RenovaBio*, um programa do Ministério de Minas e Energia (MME), com a participação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Esse programa tem o objetivo de expandir a produção de biocombustíveis no Brasil, buscando estruturar-se com base em regras de comercialização que estimulem essa produção e inibam possíveis gargalos de abastecimento que possam ocasionar insegurança energética (Milanez *et al.*, 2018). Entre os biocombustíveis abarcados pelo programa, está o biogás, que apresenta potencial de redução em 96% das emissões de CO₂ e materiais particulados, levando a uma emissão de menos 90% em gases de efeito estufa em comparação com os combustíveis fósseis (CASA CIVIL, 2020).

Em outubro de 2020 foi inaugurada uma das maiores plantas de biogás do mundo, fruto da parceria entre as empresas brasileiras Raízen e Geo Energética, formando a *joint venture* Raízen Geo Biogás S.A. Com 21 MW de capacidade instalada, a planta, situada em Guariba (São Paulo), utiliza resíduos agrícolas como matéria-prima e possui expectativa de produção do biogás na ordem de 138 mil MWh (Raízen, 2020).

Conforme reportado por Borschiver e Tavares (2018), as iniciativas de economia circular no setor energético caracterizam-se pelo desenvolvimento de fontes mais limpas de energia a partir de resíduos orgânicos,

como o biogás e o biodiesel, e de novos modelos de negócio, como o *waste-to-energy* e o produto como serviço. Para elucidar tais oportunidades, são apresentados a seguir alguns estudos de caso desse setor, classificados de acordo com os *building blocks* da economia circular (vistos no capítulo 10) – *design* circular, novos modelos de negócios, ciclos reversos e Fatores Viabilizadores e Condições Sistêmicas Favoráveis (FVCSF) –, podendo enquadrar-se em um ou mais de um conjuntamente.

Ciclo reverso

O *building block* ciclo reverso trata das ações na cadeia produtiva que acarretam reuso, remanufatura, reparo ou reciclagem. Entre exemplos de estudos de caso, pode-se citar a Equinor (antiga Statoil), referência global na exploração e produção de petróleo e gás natural, que investe, desde 2012, em energias renováveis, como energia solar (primeiro projeto no Brasil), energia eólica e projetos de captura e estocagem de carbono (Equinor, [s.d.]). Situada no parque industrial de Kalundborg (Dinamarca), a empresa atua no ciclo reverso através da troca comercial de insumos industriais com a Ørsted (antiga Dong Energy), localizada no mesmo parque. A água de resfriamento da Equinor é utilizada pela Ørsted para a produção de vapor, enquanto esta lhe fornece água deionizada, utilizada na produção de eletricidade. Além disso, o enxofre resultante do seu processo de dessulfurização é aproveitado por uma indústria de produção de fertilizantes (Kalundborg Symbiosis, [s.d.]).

Outro exemplo é a Brocklesby Ltd., situada no Reino Unido, especializada na coleta e conversão de resíduos ricos em gordura animal e vegetal em produtos de alto valor agregado. Através da *joint-venture* com a Greenergy Biofuels Limited, a empresa estabeleceu, em 2011, uma planta de produção de biocombustíveis a partir de óleo de cozinha usado e de outros resíduos alimentares de elevado teor de gordura, processando cerca de trezentas toneladas/semana e atuando como fonte de P&D para novas tecnologias. A partir desse processo, também são gerados resíduos, como a glicerina, reaproveitados para conversão em outros bioprodutos (Brocklesby, [s.d.]), possibilitando à empresa a obtenção de margem e a geração de valor (Ellen MacArthur Foundation, [s.d.]).

Novos modelos de negócios

O *building block* novos modelos de negócios trata de inovações em negócios, de modo que a organização se torne mais circular. Nesse sentido, a aplicação do modelo denominado produto como serviço, ou servitização, no setor energético tem sido realizada através do fornecimento de produtos modulares e/ou seu uso inteligente aliado à conectividade, transformando-os em serviços e, por conseguinte, o consumidor em usuário (Borschiver; Tavares, 2018). Como exemplo, pode-se citar o caso da Philips (visto no capítulo 5), que passou a oferecer, em 2015, luminárias modulares em LED, que são conectadas e controladas por um sistema central, modelo denominado *light-as-a-service*, ou “luz como serviço”. Sendo a companhia responsável pela manutenção do sistema como um todo, a vida útil das luminárias aumenta, e o seu consumo e gastos com manutenção e energia elétrica pelo cliente são reduzidos (Tatini, 2017, p. 147).

Outro exemplo de aplicação desse modelo no setor energético trata do compartilhamento de carros elétricos, também denominado *car sharing*. O uso dessa modalidade tem despertado cada vez mais o interesse de investidores em tecnologias limpas, diversificação de estratégias por alguns fabricantes, baixo custo de manutenção e flexibilização da mobilidade urbana (Barros, 2017; Borschiver; Tavares, 2018). A companhia alemã Car2Go, por exemplo, inclui modelos de veículos elétricos no seu serviço de compartilhamento de carros, atuando em seis países pelo mundo (Melo; Moro; Cauchick-Miguel, 2017; Car2Go, [s.d.]). Na Itália, as estações de recarga da empresa são operadas pela multinacional italiana Enel, que, em parceria com a prefeitura de Fortaleza (Ceará) e as empresas brasileiras Hapvida Saúde e Serttel, inaugurou o primeiro sistema no Brasil em 2016, dispondo atualmente de quinze carros elétricos e treze estações de recarga (Enel, [s.d.]; Pelegi, 2019). Até 2030, a quantidade de carros elétricos pode chegar a 230 milhões no mundo, representando 35% do total de veículos (Enel, [s.d.]).

Ciclo reverso e novos modelos de negócios

A Ørsted, citada acima com exemplo da utilização do ciclo reverso, também fornece gás de combustão como insumo para a Gyproc (parte do grupo francês Saint-Gobain), empresa produtora de gesso, forro seco e tetos. Além disso, comercializa vapor para a companhia dinamarquesa Novo Nordisk e cinzas, resultantes de seus processos, para uma empresa cimenteira que realiza a recuperação de níquel e vanádio (Ellen MacArthur Foundation, [s.d.]b; Kalundborg Symbiosis, [s.d.]). Dessa forma, a empresa realiza troca comercial de insumos com diversas outras situadas no mesmo parque industrial, contribuindo para o reaproveitamento de seus coprodutos.

Além disso, a Ørsted vem adotando, desde 2007, o modelo de negócio *waste-to-energy*, gerando energia a partir de resíduos da silvicultura e da agricultura. Esse modelo foi responsável pela redução de 73% no uso de carvão pela empresa e tem como meta a redução de 93% até 2023. Sua nova planta de biogás, inaugurada em 2018, utiliza como matéria-prima os resíduos de biomassa da Novo Nordisk e da também dinamarquesa Novozymes, com capacidade de produção de oito milhões de m³ de gás natural/ano, abastecendo aproximadamente cinco mil famílias (Ørsted, [s.d.]).

Já a empresa Argo (antiga Kara/Noveren), também localizada no parque de Kalundborg (Dinamarca), possui seu *core business* voltado para o processamento de resíduos, sendo responsável pelo tratamento de resíduos do parque industrial e pela geração de energia a partir deles (Ellen MacArthur Foundation, [s.d.]b).

No Brasil, a empresa mineira Gasgrid também atua no modelo *waste-to-energy* com o desenvolvimento de gás natural renovável (GNR) e energia elétrica a partir do biogás de resíduos sólidos urbanos do aterro sanitário de São Paulo (Parque..., [s.d.]).

Ciclo reverso, novos modelos de negócios e FVCSF

Inserida nos princípios de ciclo reverso, novos modelos de negócios e FVCSF (envolve projetos de financiamento e de colaboração

institucionais), a planta de produção de biogás localizada em Linköping, na Suécia, operada pela Svensk Biogas, é resultado da cooperação entre a prefeitura local, o abatedouro Swedish Meats AB e a associação de agricultores Lantbrukets Ekonomi AB. Seguindo o modelo *waste-to-energy*, a planta utiliza resíduos agrícolas, alimentares, de matadouro e estrume de fazendas locais como matéria-prima, operando com capacidade de tratamento de cem mil t/ano de resíduo e produzindo biometano de elevada pureza em 4,7 milhões Nm³/ano, o que corresponde a aproximadamente 5,5 milhões de litros de diesel. Além disso, as 52 mil toneladas de subproduto geradas anualmente são aproveitadas como biofertilizante pelos agricultores (IEA Bioenergy, [s.d.]).

Na Suécia, as tributações sobre as emissões e os resíduos orgânicos e aterrados, iniciadas em 1991, permitiram o desenvolvimento da indústria do biogás no país, levando ao seu uso em frotas de ônibus, refrigeração industrial, hospitais e comércios e à geração de 9% de eletricidade para o país. Recentemente, o projeto “Vera Park” viabilizou o tratamento de resíduos de outros países e sua utilização como fonte de bioenergia ou matéria-prima para reciclagem na região sueca (Cardoso, 2017).

No Brasil, a empresa brasileira de consultoria ambiental Cicla Brasil atua na organização de catadores por meio da logística reversa e no assessoramento de investimentos sociais de alto impacto socioambiental. Em 2017, a Cicla assinou um acordo de cooperação com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN) e o Nordic Development Fund (NDF) para a produção de biodiesel a partir de óleo de cozinha usado. Segundo a companhia, o acordo de financiamento foi de até US\$ 991.026 mil para o projeto nomeado “economia circular e adaptações às mudanças climáticas com a reciclagem de óleo de cozinha”, cujo custo total é estimado em torno de US\$ 2 milhões (Cicla Brasil, 2017). Por meio da campanha “Óleo pelo futuro”, o projeto busca incentivar a população a doar o óleo usado; para isso, foram instalados pontos de coleta distribuídos pelo estado de São Paulo, cartazes em estações de metrô e de trem e cartazes em terminais de ônibus metropolitanos com o apoio da Secretaria dos Transportes Metropolitanos (Reciclagem..., 2019; Óleo..., [s.d.]).

Já a Methanum, empresa também brasileira, localizada em Minas Gerais, desenvolve tecnologias voltadas para a geração de biogás a partir de resíduos sólidos urbanos e efluentes industriais. Um projeto foi acordado entre a empresa, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a UFMG e a Prefeitura do Rio de Janeiro: a instalação da primeira tecnologia de biometanização de RSU na América Latina. Denominada tMethar®, ela previa a instalação de túneis de metanização de resíduos orgânicos na Usina do Caju, no Rio de Janeiro. Inaugurado em 2018, o projeto-piloto possui capacidade para operar até 50t/dia e produzir 4.500Nm³/dia de biogás e 1.500Nm³/dia de biometano. A planta, projetada para ser modular e escalonável, possui capacidade para atender à sua demanda energética, abastecer a Unidade de Transferência de Resíduos do Caju (UTR), podendo abastecer mais de mil residências com a energia excedente. Além desse projeto, a Plataforma de Metanização de Resíduos Orgânicos (pMethar) encontra-se em fase de demonstração na UFMG, operando com capacidade de até 10t/dia (Colturato, 2016; Comlurb..., 2018).

Considerações finais

As empresas apresentadas nos estudos de caso aqui analisados convergem suas ações para o ciclo reverso, com novos modelos de negócios e FVCSF. Em outras palavras, as ações aplicadas no setor energético com vistas à economia circular tratam do reúso de utilidades e resíduos para a conversão em energia e biocombustíveis, principalmente o biogás, que se adequa ao modelo *waste-to-energy*. Isso revela a importância do retorno dos resíduos como insumos dos processos e dos fatores e atores envolvidos para que o modelo circular de produção e consumo desempenhe um papel dominante.

REFERÊNCIAS

ABRADEE. *Visão geral do setor*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.abradee.org.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor/>. Acesso em: 23 out. 2020.

BARROS, L. S. da S. *Compartilhamento de carros elétricos: análise de incertezas em iniciativas públicas de mobilidade urbana*. 2017. 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo/SP, 2017.

BORSCHIVER, S.; TAVARES, A. S. Economia circular e o setor energético. *In: FGV ENERGIA. Boletim de Conjuntura do Setor Energia*, jun. 2018. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2018. p. 8-13. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/boletim_junho-2018_rev1.pdf. Acesso em: 23 out. 2020.

BROCKLESBY. *Brocklesby*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.brocklesby.org/>. Acesso em: 23 out. 2020.

CARDOSO, M. Lixo contra fóssil. *Valor Econômico*, 14 dez. 2017. Editoria Opinião. Disponível em: <http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/IFES/BV/cardoso6.pdf>. Acesso em: 23 out. 2020.

CAR2GO. *Car2go*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.car2go.com/US/en/>. Acesso em: 23 out. 2020.

CASA CIVIL. Governo Federal inaugura uma das maiores Plantas de Biogás no mundo para geração de energia elétrica sustentável. 2020. Disponível em: <[CICLA BRASIL. Temos motivos para comemorar!. *Facebook*: Cicla Brasil. São Paulo, 4 abr. 2017. Disponível em: <https://www.facebook.com/325894254171352/post-1337351616358939/?d=n>. Acesso em: 23 out. 2020.](https://www.gov.br/casa-civil/pt-br/assuntos/noticias/2020/outubro/governo-federal-inaugura-uma-das-maiores-plantas-de-biogas-no-mundo-para-geracao-de-energia-eletrica-sustentavel#:~:text=e-nergia%20el%C3%A9trica%20sustent%C3%A1vel-,Governo%20Federal%20inaugura%20uma%20das%20maiores%20plantas%20de%20biog%C3%A1s%20no,gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20sustent%C3%A1vel&text=O%20Governo%20Feral%20inaugurou%2C%20nesta,no%20estado%20de%20S%C3%A3o%20Paulo.>. Acesso em: 06 abril. 2022.</p></div><div data-bbox=)

COLTURATO, L. F. Biometanização: o tratamento da fração orgânica e seu potencial para a valorização integral dos resíduos sólidos urbanos (RSU). SEMINÁRIO ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, 20 set. 2016. Apresentação de slides. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6458684/4173221/Biometanizacao_LuisFelipeColturato.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

COMLURB sai na frente e lança primeira unidade de biometanização da América Latina. *Rio Prefeitura*, 4 dez. 2018. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=8806038>. Acesso em: 23 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Case studies. *Ellen MacArthur Foundation*, [s.d.].a. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies>. Acesso em: 23 out. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Case studies: Brocklesby – unlocking value from used cooking oils. *Ellen MacArthur Foundation*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/unlocking-value-from-used-cooking-oils>. Acesso em: 23 out. 2020.

ENEL. Car sharing. *Enel*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.enel.com.br/pt/Sustentabilidade/iniciativas/archive/car-sharing.html>. Acesso em: 23 out. 2020.

EPE. *Balanço Energético Nacional 2017*: relatório síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2017. 61 p. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-81/S%C3%ADntese%20do%20Relato%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf. Acesso em: 23 out. 2020.

EPE. *Balanço Energético Nacional 2020*: relatório síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2020. 73 p. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%C3%81rio%20Si%C3%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf. Acesso em: 23 out. 2020.

EQUINOR. Energias renováveis. *Equinor*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.equinor.com.br/pt/o-que-fazemos/energias-renovaveis.html>. Acesso em: 23 out. 2020.

IEA BIOENERGY. *100% biogas for urban transport in Linköping, Sweden: biogas in buses, cars and trains biogas in the society*. [S.l.]: IEA Bioenergy, [s.d.]. 4 p. Disponível em: http://www.iea-biogas.net/files/daten-redaktion/download/linkoping_final.pdf. Acesso em: 23 out. 2020.

KALUNDBORG SYMBIOSIS. *Symbiosis*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.symbiosis.dk/>. Acesso em: 23 out. 2020.

MELO, Y. O.; MORO, S. R.; CAUCHICK-MIGUEL, P. A. Compartilhamento de veículos no contexto de sistema produto-serviço: análise de uma iniciativa de implementação no Brasil e comparação com sistemas na Europa. *Produto & Produção*, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 20-34, 2017.

MILANEZ, A. Y. *et al.* Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 47, p. 221-276, 2018.

ÓLEO pelo futuro. *Óleo pelo futuro*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.oleopelofuturo.com.br/>. Acesso em: 23 out. 2020.

ØRSTED. *Ørsted*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.orsted.com/en>. Acesso em: 23 out. 2020.

PARQUE Tecnológico de Sorocaba. *Gasgrid*, [s.d.]. Disponível em: <https://parquetecorocaba.com.br/gasgrid>. Acesso em: 23 out. 2020.

PELEGI, A. Prefeitura de Fortaleza entrega dez novos carros elétricos para plataforma Vamo. *Diário do Transporte*, 23 dez. 2019. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2019/12/23/prefeitura-de-fortaleza-entrega-10-novos-carros-eletricos-para-plataforma-vamo/>. Acesso em: 24 nov. 2020.

RAÍZEN. Raízen inaugura planta de biogás e consolida portfólio de energias renováveis. 2020. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/sala-de-imprensa/raizen-inaugura-planta-de-biogas-e-consolida-portfolio-de-energias-renovaveis>. Acesso em: 24 nov. 2020.

RECICLAGEM de óleo ganha apoio da Secretaria dos Transportes Metropolitanos. *CPTM*, 10 jun. 2019. Disponível em: <http://www.cptm.sp.gov.br/noticias/Pages/Reciclagem-de-%C3%B3leo-ganha-apoio-da-Secretaria-dos-Transportes-Metropolitanos.aspx>. Acesso em: 23 out. 2020.

TATINI, D. Repensando o futuro. In: LUZ, B. (org.). *Economia circular Holanda-Brasil: da teoria à prática*. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017. p. 147-150.

XII. Novos caminhos: economia criativa na moda e economia circular

*Raquel Gomes
Suzana Borschiver
Aline Tavares*

Como bem definido nos capítulos anteriores, a economia circular aborda diversas áreas do conhecimento. Seu conceito estratégico constrói uma base enraizada nos três pilares do desenvolvimento sustentável, conhecido como: People, Planet e Profit (PPP), ou Pessoas, Planeta e Lucro – termo criado por um dos maiores especialistas mundiais no tema, o sociólogo inglês John Elkington (De Almeida, 2009). Nesse sentido, pode-se considerar como crescimento viável, no mundo atual, aquele que consegue ser ao mesmo tempo socialmente justo, ambientalmente sustentável e economicamente rentável. Isso exige não só a máxima reutilização e reparação de produtos, mas também a economia de energia e de água, a melhoria na gestão de resíduos, a mudança de cultura e a conscientização de pessoas e empresas.

Desse modo, pode-se afirmar que a economia circular estimula a pesquisa, o desenvolvimento e a criatividade e apresenta uma nova forma de pensar as dinâmicas econômicas visando reutilizar materiais e produtos ao máximo, com o mínimo de desperdício e respeitando seus ciclos naturais, contexto em que surge a economia criativa.

Mas, afinal, o que é economia criativa?

Segundo o autor inglês John Howkins (2001), no livro *The creative economy*, a economia criativa consiste em atividades nas quais a criatividade e o capital intelectual são a matéria-prima para a criação, produção

e distribuição de bens e serviços (MinC, 2011). O termo foi criado para nomear modelos de negócio ou gestão que se originam em atividades, produtos ou serviços desenvolvidos a partir do conhecimento criativo de indivíduos com vistas à geração de trabalho e renda, não se atendo apenas ao desenvolvimento do objeto, mas incluindo os estudos das atividades da empresa como um sistema integrado de produção, serviços e comunicação, caracterizando-se como uma nova visão de negócio que age de maneira a considerar o sistema, e não apenas as partes dos processos.

Assim, diferentemente da economia tradicional, de manufatura, agricultura e comércio, a economia criativa foca essencialmente no potencial individual ou coletivo para produzir bens e serviços (Sebrae, [s.d.]), tendo

[...] a cultura em sua essência, a tecnologia como veículo propulsor e a sustentabilidade, a melhoria do bem-estar e a inclusão socioeconômica como pressupostos. Ademais, mostra-se necessária a análise do processo de geração de valor, não em uma estrutura de cadeia, mas de redes, bem como a formação de um ambiente que reconheça o valor econômico da criatividade e do intangível cultural. (Reis, 2006, p. 47-48)

A economia criativa é reconhecida pelo seu caráter inovador. De acordo com o *Relatório Economia Criativa 2010: uma opção viável de desenvolvimento*, lançado na sede da ONU em Nova York, as atividades do setor estão baseadas no conhecimento e produzem bens tangíveis e intangíveis, intelectuais e artísticos, com conteúdo criativo e valor econômico, o que a faz ser parte de um movimento que cresce exponencialmente, levando em consideração elementos de coletividade, inclusão socioproductiva e sustentabilidade (Indústria..., 2011).

O relatório, preparado pela Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento e pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), apresenta mais de quarenta exemplos concretos, que vão desde a indústria da moda na África e na Ásia até as novelas no México e no Brasil, o *reggae* na Jamaica e o Carnaval no Brasil e no Caribe. A publicação também cita, como exemplo, o caso da Nigéria, cuja indústria cinematográfica é a terceira maior do mundo, depois

dos Estados Unidos e da Índia, produzindo mais de mil filmes por ano, criando milhares de empregos e representando a segunda mais importante indústria do país (Indústria..., 2011).

A seguir, descreve-se a classificação dos principais setores das indústrias criativas de acordo com a ONU no ano de 2010 (Sebrae, 2012; Unctad; Pnud, 2012):

a) Expressões culturais (artesanato, festivais e celebrações): grupo setorial que reúne as expressões culturais e os espaços ou sítios culturais;

b) *Performance* (música, teatro, dança, ópera e circo): engloba as artes cênicas e performáticas, além da música, estimulando a gestão de espetáculos, a direção de arte e a criação de cenografia, figurinos, acessórios e adereços;

c) Audiovisuais (filmes, TV, rádio e outros): abrange serviços especializados em filmagem, gravações e reproduções, serviços de iluminação, som e imagem e gestão de entretenimento em geral, geração de conteúdos de audiovisual, criação e distribuição de programas de televisão e rádio, gestão de produtoras, radiodifusão, serviços de roteirização, serviços de projeção e serviços de negócios de mídia especializada;

d) Novas mídias (conteúdo digital, *software* e jogos): envolve produção, gravação, finalização e pós-produção de filmes, vídeos e games, criação de *sites*, marcas e portais, *marketing* cultural, conteúdos digitalizados e *softwares*;

e) Serviços criativos (arquitetura, propaganda, P&D e serviços culturais): setor que apresenta uma natureza mais funcional, gerando serviços de planejamento, organização e exibição;

f) *Design* (interior, moda, joias e brinquedos): inclui *design* de interiores, de brinquedos, de moda, de joias e de acessórios, serviços de estilo, serviços de desenho gráfico e *webdesign*, entre outros;

g) Edição e mídia impressa (livros, jornais e outros): abrange serviços de publicação, reprodução e impressão e gestão de agências de jornais, periódicos e empresas de publicidade;

h) Visuais (pinturas, esculturas, fotografias e antiquários): refere-se a serviços de restauração, pintura e escultura;

i) Locais culturais (monumentos, museus, bibliotecas e exposições): inclui desenvolvimento de serviços qualificados de atendimento

ao público, desenvolvimento de roteiros, catálogos e mapas de visita-
ção, planejamento de programação, pesquisa, documentação, restau-
ração, aquisição e manutenção de acervos, gestão de livrarias, museus
e centros culturais e manutenção do patrimônio material e imaterial,
estimulando políticas para parques arqueológicos, zoológicos e jardins
botânicos, entre outros.

Quebra de paradigmas na indústria da moda

Na indústria da moda, existem diversos exemplos nacionais de economia
criativa, como o Instituto C&A,¹ por exemplo, investidor social privado
que atua com sustentabilidade na construção de projetos de incentivo à
produção de algodão orgânico.

Em 2015 a C&A lançou sua estratégia global de sustentabilidade com
metas definidas para cinco anos (2015-2020) estruturada em três pilares:
i) produtos sustentáveis, dividido em duas grandes frentes – matérias-
-primas mais sustentáveis e economia circular; ii) rede de fornecimento
sustentável, preocupada com o meio ambiente, a saúde e a segurança
dos fornecedores, garantindo condições de trabalho seguras e justas; e
iii) vidas sustentáveis, com um olhar para o engajamento dos colabora-
dores e dos clientes, de maneira transparente (C&A, 2018).

Na ocasião do lançamento dessa estratégia, a Textile Exchange,
organização mundial sem fins lucrativos, estimou que, por meio da
compra de algodão orgânico, a C&A economizou 133,8 bilhões de litros
de água e evitou que 123 toneladas de pesticidas fossem usadas para
melhoramento da qualidade do solo em mais de 136 mil hectares de terra
(Rabello, 2016). Em 2018, a marca tornou-se a primeira varejista a intro-
duzir o *jeans* com a certificação Cradle to Cradle™ na Europa e passou a
utilizar poliéster reciclado e couro sem cromo nos tecidos (C&A, 2018).

1 O Instituto C&A é um instituto corporativo com a mesma origem, os mesmos valores e
mesma visão de sustentabilidade da C&A, trabalhando juntos para encontrar as melhores for-
mas de conduzir a mudança. Desde 2020, a Laudes Foundation passou a ser responsável pelo
trabalho de mudança da indústria da moda desenvolvido pelo Instituto C&A. Disponível em:
<https://www.laudesfoundation.org/br/quem-somos>.

As Lojas Renner também estão inserindo os fundamentos da economia circular em sua cadeia produtiva e na forma de desenvolver seus produtos, recuperando perdas do processo de corte dos tecidos, que antes eram destinadas ao aterro ou vendidas como produto de baixo valor agregado (CNI, 2018). Os projetos da empresa voltados à sustentabilidade surgiram em 2012, em escala-piloto, numa parceria com fornecedores, consultores e a Universidade de São Paulo. Foi necessário identificar e engajar parceiros para o desenvolvimento de protótipos de tecidos de malha e *jeans* produzidos com fios reciclados, bem como estruturar e viabilizar econômica e tecnicamente toda a cadeia reversa para atender a uma lista de compromissos assumidos pela empresa até 2021 visando a melhoria da produtividade e a redução da produção de resíduos (Coraccini, 2018).

Outro exemplo interessante é a Rede Asta, negócio social que transforma artesãs em empreendedoras e resíduos em produtos de valor agregado (Rede Asta, [s.d.]) e apresenta um modelo de negócio multissetorial que une circularidade, inclusão social e de gênero e colaboração.

Com uma rede de 63 grupos de mulheres artesãs espalhadas por dez estados do Brasil, a Asta transforma resíduos pós-industriais em arte, produzindo, por exemplo, estojos para computador e bolsas a partir de sacos de cimento, peças de mochilas e *ecobags* a partir de *banners*, capas de poltronas e uniformes, entre outros (CNI, 2018).

A rede opera em uma plataforma virtual acessível a artesãs de todo Brasil, oferecendo treinamentos tanto de empreendedorismo como de reaproveitamento de materiais e instigando a atividade econômica positiva nas comunidades brasileiras de baixa renda. Ao oferecer novas oportunidades para trabalhadoras que antes atuavam no mercado informal, com pouca visibilidade, o projeto fomenta a inclusão social e o empreendedorismo, contribuindo para um incremento médio de 24% na renda. Além disso, possibilita a percepção do valor dos materiais e o uso da criatividade para transformá-los em novos produtos (mais de 80% são feitos de material reaproveitado) e pratica relações econômicas justas e transparentes para toda a cadeia (CNI, 2018).

A partir dos exemplos apresentados, pode-se observar que são diversas as contribuições trazidas pelo setor da economia criativa para

a construção de alternativas que possibilitem a promoção do desenvolvimento econômico e de iniciativas conectadas com um modelo mais justo e responsável em relação ao meio ambiente. Nesse sentido, apesar do cenário de crise, o Brasil mostra algumas características únicas que podem ser úteis para reverter a situação: é um país com enorme mercado consumidor, estimado em mais de 205 milhões de pessoas; possui um ecossistema industrial integrado e forte, desde o minério de ferro até produtos acabados; e conta com uma cultura de criatividade e de liderança empresarial, essencial para transformar crises em oportunidades (Ipea, 2013).

Segundo o “Mapeamento da Indústria Criativa no Brasil”, documento lançado pela Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (Firjan) em fevereiro de 2019, estima-se que a indústria criativa brasileira gerou um Produto Interno Bruto (PIB) equivalente a R\$ 171,5 bilhões, ou 2,61% do total produzido no Brasil em 2017. O Rio de Janeiro se destaca reunindo 181,5 mil trabalhadores fluminenses formais no setor, com participação significativa no total do mercado de trabalho da economia criativa no país: 21,7% (Firjan, 2019).

Entre algumas iniciativas de formulação e implementação de políticas voltadas para a valorização e apoio nesse cenário, encontra-se o Programa InovAtiva Brasil,² em que trinta empresas inovadoras são selecionadas para participar de um ciclo de capacitação e mentoria especial, o InovAtiva de Impacto Socioambiental. O ciclo de aceleração é voltado exclusivamente para *startups* que possuam o potencial de gerar lucro e, ao mesmo tempo, resolver um problema social ou ambiental (Inovativa..., 2018), caracterizando-se principalmente pelo incentivo ao consumo responsável, missão de contribuir de forma prioritária para a solução de um problema, gestão colaborativa no envolvimento de atores externos e plano de negócios alinhando seus objetivos financeiros aos princípios socioambientais.

2 Um programa gratuito de aceleração em larga escala para negócios inovadores de qualquer setor e lugar do Brasil, realizado pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), com execução da Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (Certi) (Inovativa..., 2018).

Assim, ainda que no Brasil a temática da economia criativa seja recente e incipiente, ela vem se fortalecendo e sendo debatida em todo o país, consolidando-se através de programas e projetos inovadores. Estes têm demonstrado sua potência transformadora por meio da integração e da articulação de conhecimentos, conquistando, desse modo, adeptos que reconhecem oportunidades de desenvolvimento e de crescimento nesse campo (Guilherme, 2018).

Considerações finais

As transformações nas formas de produção, consumo e convivência nas sociedades modernas têm no conhecimento e na criatividade sua base dinamizadora. Por isso, atributos de conhecimento e criatividade constituem fator de altíssima relevância no desenvolvimento social, econômico e político de um país.

Com o propósito de agregar setores específicos da economia criativa e fomentar valor para o trabalho colaborativo, atualmente, iniciativas com atributos circulares e voltadas à proteção de ecossistemas vêm se configurando como estratégia impactante para revolucionar o mercado de produtos e serviços no segmento de moda. Para tanto, tais iniciativas disponibilizam novo caminho e nova reflexão para transformação social, sustentabilidade, diversidade, inovação, entre outros paradigmas de futuro, além de se configurarem como um vetor positivo de aceleração da economia de uma nação.

REFERÊNCIAS

C&A. *Relatório global de sustentabilidade 2018*. [S.l.: s.n.], 2018. 258 p. Disponível em: <https://sustainability.c-and-a.com/pt/pt/sustainability-report/fileadmin/pdf-sustainability/generate/globalsustainabilityreport2018/pt/globalsustainabilityreport2018-pt.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2020.

CNI. *Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira*. Brasília: CNI, 2018. 64 p.

CORACCINI, R. Renner lança nova coleção que reutiliza sobras de jeans. *Novarejo*, 24 maio 2018. Disponível em: <https://portalnovarejo.com.br/2018/05/renner-lanca-nova-colecao-reutiliza-sobras-jeans/>. Acesso em: 23 out. 2020.

DE ALMEIDA, R. Pessoas, planeta e lucro. *Rede Gestão*, 24 maio 2009. Disponível em: <http://www1.redegestao.com.br/cms/opencms/desafio21/artigos/gestao/planejamento/0047.html>. Acesso em: 23 out. 2020.

FIRJAN. *Mapeamento da indústria criativa no Brasil*. Rio de Janeiro: Sistema Firjan, 2019. 24 p. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/EconomiaCriativa/downloads/MapeamentoIndustriaCriativa.pdf>. Acesso em: 23 out. 2020.

GUILHERME, L. L. *Economia criativa, desenvolvimento e estado-rede: uma proposição de políticas públicas para o fortalecimento de sistemas produtivos e redes econômicas de setores criativos na cidade do Rio de Janeiro*. 2018. 314 f. Tese (Doutorado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento) – Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 2018.

INDÚSTRIA criativa impulsiona o desenvolvimento, afirma novo relatório da ONU. *Unic Rio de Janeiro*, 31 mar. 2011. Disponível em: <https://unicrio.org.br/industria-criativa-impulsiona-o-desenvolvimento-afirma-novo-relatorio-da-onu/>. Acesso em: 23 out. 2020.

INOVATIVA Brasil seleciona *startups* de impacto socioambiental para ciclo de aceleração. *InovAtiva Brasil*, 30 maio 2018. Disponível em: <https://www.inovativabrasil.com.br/inovativa-brasil-seleciona-startups-de-impacto-socioambiental-para-ciclo-de-aceleracao/?platform=hootsuite>. Acesso em: 23 maio 2020.

IPEA. *Texto para discussão: panorama da economia criativa no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA, 2013. 54 p. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1880.pdf. Acesso em: 23 out. 2020.

LAUDES FOUNDATION. Quem somos. *Laudes Foundation*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.laudesfoundation.org/br/quem-somos>. Acesso em: 23 out. 2020.

MINC. *Plano da Secretaria da Economia Criativa: políticas, diretrizes e ações 2011 a 2014*. 2. ed. rev. Brasília: Minc, 2011. 258 p. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/narapessoa/disciplinas/configuracoes-culturais/plano-da-secretaria-da-economia-criativa-politicas-diretrizes-e-acoes-2011-a-2014/view>. Acesso em: 20 nov. 2020.

RABELLO, T. Algodão orgânico: C&A Brasil quer usar algodão 100% orgânico e sustentável até 2020. *Estadão*, 17 maio 2016. Editoria E mais. Disponível em: <https://emails.estadao.com.br/blogs/alimentos-organicos/ca-brasil-quer-usar-algodao-100-organico-e-sustentavel-ate-2020/>. Acesso em: 23 maio 2020.

REDE ASTA. *Rede Asta*, [s.d.]. Disponível em: <http://redeasta.com.br/>. Acesso em: 23 maio 2020.

REIS, A. C. F. *Economia da cultura e desenvolvimento sustentável: o caleidoscópio da cultura*. Barueri: Manole, 2006.

SEBRAE. Economia criativa. *Sebrae*, [s.d.]. Disponível em: http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/segmentos/economia_criativa. Acesso em: 23 out. 2020.

SEBRAE. Economia criativa do Rio de Janeiro e as MPE. Rio de Janeiro: Iets; Sebrae, 2012. 80 p. Disponível em: https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Menu%20Institucional/Sebrae_SET_nov12_ec_crtv.pdf. Acesso em: 23 out. 2020.

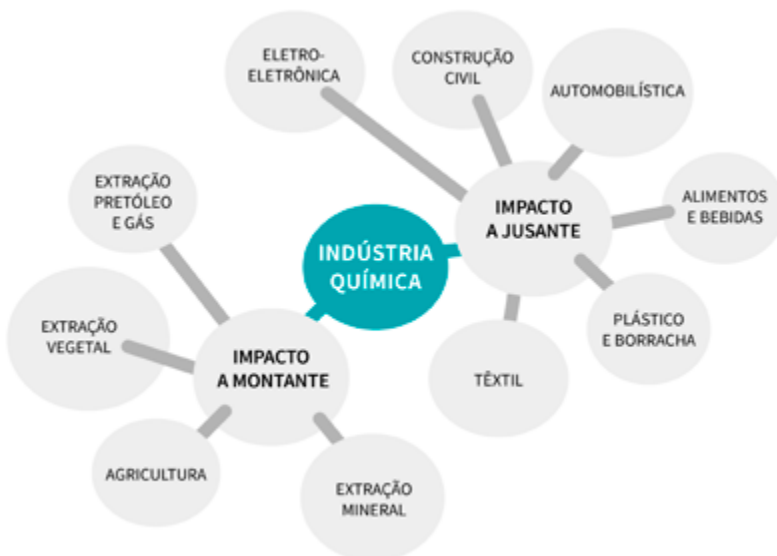
UNCTAD; PNUD. *Relatório de economia criativa 2010: economia criativa uma opção de desenvolvimento*. Brasília: Secretaria da Economia Criativa/Minc; São Paulo: Itaú Cultural, 2012. 424 p. Disponível em: <http://www.santoandre.sp.gov.br/pesquisa/ebooks/360513.PDF>. Acesso em: 23 out. 2020.

XIII. Economia circular e a indústria química

Suzana Borschiver
Aline Tavares

A indústria química é definida como uma indústria de processos químicos e biotecnológicos na qual matérias-primas (como petróleo, gás natural, biomassa, entre outras) são convertidas em mais de setenta mil produtos químicos (Abiquim, [s.d.]; Costa; Silva, [s.d.]). Essa característica lhe confere inter-relação com diversos setores da economia, tanto a montante quanto a jusante, fornecendo insumos e produtos para indústria, agricultura e serviços (figura 20).

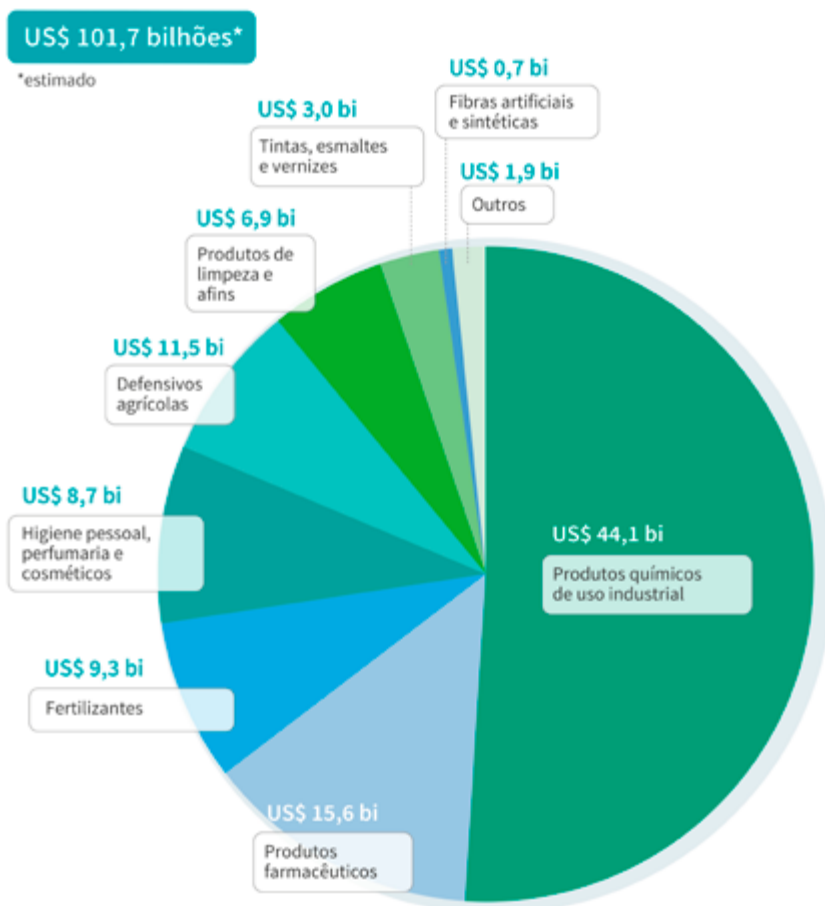
Figura 20 – Setores a montante e a jusante da indústria química



Fonte: Borschiver (2002).

A indústria química brasileira é a terceira maior na indústria de transformação, com 11,3% de participação no PIB industrial, e exerce um importante papel no desenvolvimento industrial, econômico, social e ambiental do país (Abiquim, 2020). Além disso, assume a sexta posição no mundo em faturamento líquido, na ordem de US\$ 101,7 bilhões em 2020, sendo que a maior parcela desse montante se refere aos produtos químicos de uso industrial, que representaram em torno de 43% desse faturamento, seguidos dos produtos farmacêuticos, com 15,3%, e de fertilizantes, com 9,1% (figura 21) (Abiquim, 2020).

Figura 21 – Faturamento líquido estimado em 2020 por segmento da indústria química no Brasil



Fonte: Adaptado de Abiquim (2020).

Apesar da importância do setor químico, desenvolvendo substâncias e processos químicos *eco-friendly*, por exemplo, a estagnação entre produção e venda nacional nos últimos dez anos tem acarretado um histórico permanente de *déficit* comercial, totalizando estimados US\$ 29,3 bilhões em 2020, isto é, 7,3% abaixo do ano anterior (Abiquim, 2020). Diante desse contexto, faz-se necessário entender como o setor químico pode contribuir na conjuntura da economia circular e, ao mesmo tempo, se beneficiar das vantagens oferecidas por esse modelo de produção ao buscar a integração em ciclo e a minimização de desperdício, gerando valor para toda a cadeia produtiva.

Como comentado nos capítulos 10 e 11, a Fundação Ellen MacArthur classifica a economia circular em quatro grandes *building blocks*: i) *design* circular; ii) novos modelos de negócios; iii) ciclo reverso; e iv) fatores viabilizadores e condições sistêmicas favoráveis (FVCSF). Nesse sentido, devido à amplitude de aplicação da indústria química, vale destacar a sua significativa intersecção com cada um deles.

Design circular

Os casos orientados para o *design* circular devem ter como foco o redesenho do produto ou serviço desde a sua concepção, direcionada para favorecer o retorno do composto ou material por meio do reúso, da reciclagem ou da remanufatura. Pode-se destacar, no setor têxtil, por exemplo, o tapete modulável da empresa norte-americana Interface®, que desenvolveu um elemento ligante do carpete caracterizado como sustentável por ter sido sintetizado a partir de amido acetilado. Este, por sua vez, pode ser separado por ação de uma solução alcalina, e as fibras do carpete podem ser mais facilmente recicladas.

Além disso, essa empresa iniciou, em 2013, em colaboração com a Zoological Society of London (ZSL) – organização britânica de cunho científico e educacional para a conservação de animais e seus habitats (ZSL, [s.d.]) – e a empresa italiana Aquafil Group – especializada na produção de Poliamida 6, um importante tipo de plástico utilizado como precursor para fabricação de diversos materiais (Aquafil, [s.d.]) –, um

empreendimento nas Filipinas denominado Net-Works, no qual redes de pesca descartadas são recicladas, e as fibras de náilon resultantes, utilizadas na fabricação dos carpetes modulares (Luz, 2017, p. 157). O projeto busca promover também a inclusão social dos pescadores da região, a redução do uso de materiais “virgens” e a preservação da vida marinha.

Novos modelos de negócios

Nos novos modelos de negócios, a economia circular busca transformar a forma como as empresas criam, entregam e capturam valor por meio do fluxo de recursos em ciclos (Antikainen; Valkokari, 2016). No âmbito da indústria química, pode-se citar um novo modelo de comercialização de produtos químicos, denominado *chemical leasing*, já detalhado no capítulo 9. Nesse modelo, as funções desempenhadas pelas unidades químicas e funcionais passam ser a unidade de venda, substituindo o foco do volume de vendas para o valor agregado do produto (Chemical Leasing, [s.d.]).

Outro exemplo a ser destacado é a parceria entre a companhia americana Ecolab®, cujo *core business* é o uso de tecnologias limpas e a minimização de desperdício no tratamento de água, higiene, energia e serviços, desenvolvendo produtos com vista ao uso eficiente de recursos (Ecolab, [s.d.]), e o hotel brasileiro Windsor Atlântica. Em 2014, ambos receberam uma premiação pelo serviço personalizado de limpeza, cujo cálculo de produtos químicos passou de reais por galão ou por quilo para reais por quarto ocupado/dia, incluindo a introdução de novas máquinas de dosagem automática – que reduziu o consumo desses produtos em 40%, além de água e de energia – e o treinamento dos funcionários do hotel para o uso seguro dos produtos (Global..., [s.d.]; UNIDO, [s.d.]).

Ciclo reverso

Em relação ao ciclo reverso, a economia circular trata da gestão dos resíduos, evitando sua destinação final em aterros, de modo a recircular seus componentes. Por exemplo, desde 2003, na cidade de Cingapura,

a estação de tratamento de esgoto NEWater passou a operar o processo denominado PUB NEWater, que fornece água para uso doméstico e industrial por meio de esgoto reciclado. O processo envolve três etapas de purificação: ultrafiltração/microfiltração, osmose reversa (RO) e desinfecção por ultravioleta. A água reutilizada corresponde atualmente a mais da metade da demanda da cidade e é fornecida para indústrias com uso intensivo de água, como as de geração de energia e as petroquímicas, e para edifícios comerciais e públicos (Tan, 2018).

Conforme reportado por Elser e Ulbrich [s.d.], até 70% das moléculas da indústria química europeia, que têm como destino a própria indústria ou usuários finais, poderiam ser recirculadas por meio de produtos renováveis, reúso de produtos, reciclagem mecânica e química ou recuperação e utilização de carbono e energia. A captura e reutilização de CO₂ têm sido foco de muitos estudos pelo potencial de substituir as matérias-primas petroquímicas para produção de produtos químicos e polímeros. As empresas Siemens e a Evonik, por exemplo, estão realizando um projeto de pesquisa para produzir produtos químicos básicos e especiais, como o etileno, a partir desse resíduo (Le Moigne, 2019).

Fatores viabilizadores e condições sistêmicas favoráveis

Por fim, nos casos orientados para FVCSF, é possível perceber a implementação de projetos e normas governamentais, podendo ser elaborados em conjunto com instituições educacionais, empresas privadas ou com a sociedade. Diante desse contexto, a União Europeia atualizou, em 2018, seu “Plano de Ação para a economia circular”, contendo metas e propostas legislativas intermediárias que devem ser atingidas pelos estados-membros por partes até 2050. Até 2025, por exemplo, foi estabelecido que 65% dos resíduos de embalagens devem ser reutilizados e reciclados, com as seguintes metas por materiais: 55% para plásticos, 60% para madeira e 75% para metais ferrosos (aço), alumínio, vidro e papel (European Commission, [s.d.]).

Já o governo da Holanda definiu como meta em seu plano de ação voltado para a economia circular a redução de 50% no uso de matérias-primas primárias (mineral, fóssil e metal) e selecionou cinco áreas a serem priorizadas: biomassa e alimentação, plásticos, indústria manufatureira, setor de construção e bens de consumo (Luz, 2017, p. 7). Ainda que essas medidas não envolvam diretamente um ator da indústria química, os materiais e as áreas incluídas nas restrições acabam por impactar as empresas fabricantes e/ou que se relacionam a montante e a jusante da cadeia química.

Considerações finais

A partir dos exemplos apresentados, pode-se observar que a indústria química apresenta um importante papel como impulsionadora e provedora de inovações por meio de seus processos e produtos e, consequentemente, como alavanca em direção ao movimento circular. Vale ressaltar, no entanto, que quebras de paradigmas nos processos de produção e de consumo e novas políticas públicas serão necessárias para que a transição de fato ocorra. Assim, a busca constante pela sinergia entre os fluxos de materiais e energia, sempre que possível, poderá minimizar externalidades negativas nos níveis econômico, social e ambiental.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM. Associação Brasileira da Indústria Química. *A indústria química: conceito*. São Paulo: Abiquim, [s.d.]. 4 p. Disponível em: <https://abiquim-files.s3-us-west-2.amazonaws.com/includes/pdf/indQuimica/AIndustriaQuimica-Conceitos.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

ABIQUIM. Associação Brasileira da Indústria Química. *Desempenho da indústria química brasileira 2020*. São Paulo: Abiquim, 2020. 20 p. Disponível em: <https://abiquim.org.br/industriaQuimica>. Acesso em: abr. 2021.

ANTIKAINEN, M.; VALKOKARI, K. A framework for sustainable circular business model innovation. *Technology Innovation Management Review*, [S.l.], v. 6, n. 7, p. 5-12, 2016.

AQUAFIL. Profile. *Aquafil Global*, [s.d.]. Disponível em: <http://www.aquafil.com/who-we-are/profile/>. Acesso em: 28 out. 2020.

BORSCHIVER, S. *Estudo do impacto da indústria química na economia através do sistema de contas nacionais do IBGE*. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

CHEMICAL LEASING. Global Chemical Leasing Award 2014. *Chemical Leasing*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.chemicalleasing.org/global-award/global-chemical-leasing-award-2014>. Acesso em: 28 out. 2020.

CHEMICAL LEASING. The concept. *Chemical Leasing*, [s.d.]. Disponível em: <https://chemicalleasing.org/concept/concept>. Acesso em: 28 out. 2020.

CLARK, J. H. et al. Circular economy design considerations for research and process development in the chemical sciences. *Green Chemistry*, [S.l.], v. 18, p. 3.914-3.934, 2016.

COSTA, L. M. da; SILVA, M. F. de O. e. *A indústria química e o setor de fertilizantes*. [S.l.]: BNDES Biblioteca Digital, [s.d.]. 50 p. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2025/1/A%20ind%C3%BAstria%20qu%C3%ADmica%20e%20o%20setor%20de%20fertilizantes_P_A.pdf. Acesso em: 28 out. 2020.

ECOLAB. *Sobre a Ecolab*. *Ecolab*, [s.d.]. Disponível em: <https://pt-br.ecolab.com/about>. Acesso em: 28 out. 2020.

ELSER, B.; ULBRICH, M. Taking the european chemical industry into the circular economy: executive summary. *Accenture*, [s.d.]. Disponível em: https://www.accenture.com/_acmedia/PDF-45/Accenture-CEFIC-Report-Exec-Summary.pdf#zoom=50. Acesso em: 28 out. 2020.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. *Nota técnica DEA 08/16: caracterização do cenário macroeconômico para os próximos 10 anos (2016-2025)*. Rio de Janeiro: EPE, 2016. 34 p. (Série Estudos Econômicos). Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-263/DEA%2008-16%20-%20Cen%C3%A1rio%20macroecon%C3%B4mico%202016-2025\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-263/DEA%2008-16%20-%20Cen%C3%A1rio%20macroecon%C3%B4mico%202016-2025[1].pdf). Acesso em: 28 out. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. EU action plan for the circular economy. *European Commission*, [s.d.]. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm. Acesso em: 28 out. 2020.

JAKL, T. Global Chemical Leasing Award 2010. *Technology and Investment*, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 20-26, 2011.

LE MOIGNE, R. Circular molecules. *Circulate*, 11 jan. 2019. Disponível em: <https://medium.com/circulatenews/circular-molecules-b32e83fac0f3>. Acesso em: 28 out. 2020.

LUZ, B. (org.). *Economia circular Holanda-Brasil: da teoria à prática*. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017. 164 p.

TAN, T. P. NEWater in Singapore. *Global Water Forum*, 15 jan. 2018. Disponível em: <http://www.globalwaterforum.org/2018/01/15/newater-in-singapore/>. Acesso em: 28 out. 2020.

UNIDO. *Case study: cleaning and housekeeping in the Brazilian hospitality sector*. [S.l.]: UNIDO, [s.d.]. 2 p. Disponível em: http://chemicalleasing-toolkit.org/sites/default/files/chl_cases-tudy_BRAZIL.pdf. Acesso em: 28 out. 2020.

ZSL. About the Zoological Society of London. *ZSL*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.zsl.org/about-us>. Acesso em: 28 out. 2020.

XIV. Iniciativas de economia circular na indústria do aço

Isadora de Sousa
Suzana Borschiver
Aline Tavares

A indústria siderúrgica é responsável por fornecer insumos para produtos de diferentes indústrias (como a automotiva, a naval, a de bens de capital, entre outras) e para a construção civil. É formada por grandes empresas, as quais costumam ser verticalizadas, ou seja, operam as diversas fases produtivas: a transformação do minério em ferro primário; o refino, etapa que consiste na eliminação de impurezas da liga metálica, gerando o aço propriamente dito; e a conformação mecânica, em que há a produção de tubos de aço, de bobinas, de laminados longos, como vergalhões, entre outros. No cenário brasileiro, esse setor atende a maior parte do mercado doméstico, produzindo uma ampla gama de produtos de aços planos e longos, como chapas, barras e tubos, sendo a maior parte dessa produção feita de aço carbono comum (sem a adição de elementos de liga, que encarecem e dificultam o processo produtivo) (Carvalho; Mesquita; Araújo, 2015).

As indústrias em geral costumam extrair matéria-prima de fontes naturais, utilizando-as na fabricação de um determinado produto, que, por sua vez, é enviado ao consumidor final para ser em sua maioria descartado de forma inapropriada, contribuindo para a geração e despejo de lixo tóxico no ambiente. A economia circular visa reduzir os efeitos negativos causados por essa prática, própria da economia linear, além de gerar oportunidades econômicas e de negócios e promover vantagens sociais e ambientais (Ellen MacArthur Foundation, [s.d.]).

Sabe-se que o aço é 100% reciclável, o que o torna um material imensamente sustentável, segundo o *Relatório de sustentabilidade do*

Instituto Aço Brasil 2014 (Instituto Aço Brasil, 2014). A sua sucata pode ser reciclada infinitas vezes sem que suas propriedades sejam significativamente alteradas; porém, a qualidade final do material recuperado dependerá da separação dos componentes das ligas e de seus elementos contaminantes (Medina, 2007). Ademais, a água usada nos processos de produção do aço é reaproveitada quase inteiramente nos seus sistemas internos. Conforme o relatório de 2018 (Instituto Aço Brasil, 2018), houve recirculação de 96% de toda a água doce necessária ao processo produtivo das onze empresas associadas ao Instituto em 2017, a saber: Gerdau, Villares Metals, Aço Verde do Brasil, Companhia Siderúrgica do Pecém, Sinobras, Aperam, ArcelorMittal, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Ternium, Usiminas e Vallourec.

Apesar disso, é possível perceber que existem algumas lacunas na gestão de resíduos das empresas siderúrgicas que precisam ser alinhadas aos objetivos da economia circular. Somente no processo de produção de aço, é gerada uma quantidade de resíduos sólidos que varia entre quatrocentos e setecentos quilogramas por tonelada desse material. Esses resíduos provenientes dos processos industriais consistem principalmente em escórias, carepas e pós coletados nos equipamentos de despejamento e lamas de alto forno e de aciaria (Araújo, 2005).

As escórias são resultado da produção de aço em aciarias, assim como da produção de ferro gusa em alto forno. Esse resíduo é composto por uma variedade de óxidos, como óxido de cálcio (CaO), dióxido de silício (SiO₂), pentóxido de difósforo (P₂O₅), óxido de magnésio (MgO), entre outros (Araújo, 2005). No entanto, a escória não costuma ser desprezada, sendo usada, por exemplo, como matéria-prima para cimento após ser tratada para melhoria de suas propriedades cimentícias (Gumieri; Dal Molin; Vilela, 2004).

As carepas são provenientes das operações de lingotamento contínuo, fornos e laminação. Sua composição consiste majoritariamente de óxidos de ferro e óxidos residuais de manganês, além de dióxido de silício e alumínio. Esse resíduo possui aplicação na fabricação de ferroligas e na produção de sulfato férrico (Araújo, 2005).

Os pós de aciaria elétrica são provenientes da fusão de sucata ferrosa nos fornos elétricos. Sua composição química básica é dada por

óxidos de ferro (49%), de zinco (16%), de cálcio (12%), de silício (5%), de manganês (3%), de magnésio (2%), de chumbo (2%) e alumina (1,5%). Nesse processo de fusão são geradas também partículas sólidas, gases, óxidos de nitrogênio e de enxofre, dioxinas, furanos e compostos orgânicos voláteis (Araújo, 2005). Esse tipo de resíduo pode ser aplicado na degradação de contaminantes orgânicos e remediação ambiental, como na redução do Cromo (VI) para Cromo (III), que é possível devido ao alto teor de ferro contido no pó (De Paula *et al.*, 2013).

Além disso, o descarte indevido pela indústria do aço tem contribuído para a concentração de monóxido de carbono (CO) e de CO₂ na atmosfera terrestre. O CO₂ é o poluente mais emitido por essa indústria, por isso, haja vista ser um material permanente na biosfera e um dos maiores responsáveis pelo efeito estufa (Gomes, 2016), é muito importante que seu descarte seja consciente e em prol do meio ambiente.

As indústrias siderúrgicas, tanto no Brasil quanto no mundo, aparentam estar se mobilizando para limitar a poluição ambiental que vem assolando o planeta nas últimas décadas. Em 2018, por exemplo, entre os dias 5 e 7 de novembro, ocorreu o Congresso Alacero-59, na Colômbia, que reuniu as principais indústrias do aço da América Latina para discutir temas ligados à sustentabilidade (Alacero, 2018). Diante desse contexto, importa destacar importantes iniciativas organizacionais envolvendo o setor siderúrgico e a economia circular, tanto na esfera global quanto no contexto brasileiro.

Iniciativas globais de economia circular no setor siderúrgico

Dada a potencialidade da economia circular reconhecidamente na indústria do aço global, percebe-se um compromisso comum visando a menor utilização de matérias-primas virgens, o desenvolvimento de materiais com alta resistência, que reduzem o peso das aplicações e, consequentemente, o uso intensivo de energia, de processos com emissões reduzidas, bem como de produtos mais eficientes e duráveis (Broadbent, 2018; World Steel Association, [s.d]a).

Quanto ao uso de recursos, um dos principais focos está no reciclo da água de processos e no *design* circular de produtos para fácil reuso, remanufatura ou reciclagem. Este último se trata de um importante desafio para que se possa garantir quantidades disponíveis de aço reutilizável e reciclável que atenda a demanda do mercado. Além disso, o conceito de compra responsável também é outro fator a ser considerado, de modo que se obtenha uma cadeia de abastecimento circular (Broadbent, 2018).

Pacto por una economía circular: el compromiso de los agentes económicos y sociales 2018-2020

Na Espanha, os Ministérios da Agricultura e Pescas, Alimentação e Ambiente e o Ministério da Economia, Indústria e Competitividade promoveram, em setembro de 2017, o “Pacto pela economia circular”, um projeto com o objetivo de envolver os principais agentes econômicos e sociais do país numa transição para uma economia circular. Dentre as ações previstas no documento estão: promover a conscientização nos cidadãos sobre a importância do modelo circular; estimular a redução do uso de recursos naturais não renováveis; prevenir a geração de resíduos, incentivando sua reutilização; promover o consumo sustentável através de produtos e serviços sustentáveis e do uso de serviços digitais, entre outros (Ministerio para la Transición Ecológica, [s.d.]). No mesmo ano em que o pacto foi firmado, constatou-se que praticamente 100% das indústrias produtoras de aço espanholas já se encontravam sob seus princípios (La industria..., 2017).

ERA-MIN 2 (ERA-NET Cofund on Raw Materials)

Apoiado pelo Horizonte 2020 da Comissão Europeia e coordenado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) de Portugal, o ERA-MIN 2 é um consórcio que apoia financeiramente projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação que sejam desenvolvidos em conjuntos por empresas dos segmentos de matérias-primas metálicas, construção e minerais industriais. O foco desses projetos está voltado para o suprimento,

a produção, o consumo, a reutilização e a reciclagem de matérias-primas de forma sustentável em uma economia circular (ERA-MIN, [s.d.]).

O programa, formado por 21 organizações públicas de financiamento, pesquisa e inovação, distribuídas entre onze países estados-membros (Alemanha, Eslovênia, Espanha, Finlândia, França, Irlanda, Itália, Polônia, Portugal, Romênia e Suécia), duas regiões estados-membros (Flandres-Bélgica e Castilha e Leão-Espanha), um país associado (Turquia) e quatro países terceiros (África do Sul, Argentina, Brasil e Chile), iniciou-se em dezembro de 2016 e tem duração de cinco anos.

Baseado no projeto europeu ERA-MIN (2011-2015), o ERA-MIN 2 visa estimular a competitividade e a mudança do cenário industrial para uma economia circular (ERA-MIN, [s.d.]), funcionando através de um cofinanciamento, em que cada agência apoia empresa ou instituição de seu respectivo país, de acordo com seus próprios instrumentos de suporte. No Brasil, a agência apoiadora é a Finep, como já comentado no capítulo 4 (ERA-MIN, [s.d.]).

World Steel Association

Representando produtores de aço, associações nacionais e regionais e institutos de pesquisa do aço, a World Steel Association é uma associação civil sem fins lucrativos com sede em Bruxelas, na Bélgica, que promove o desenvolvimento sustentável na indústria do aço por meio da articulação junto a governos e sociedade civil, além de divulgar os conceitos e as práticas mais atuais sobre o tema (World Steel Association, [s.d.]b).

Em seu *site*,¹ é possível encontrar bastante informação sobre a utilização do aço em uma economia circular, as medidas que estão sendo praticadas, curiosidades e fatos.

O aço e seus componentes podem ser reciclados, reutilizados e remanufaturados, ou seja, os seus componentes podem ser recuperados sem conservação de sua estrutura principal e, assim, tornar-se novamente matéria-prima para a fabricação de pontes, carros, embalagens

1 Disponível em: <https://circulareconomy.worldsteel.org/>. Acesso em: 28 out. 2020.

metálicas e aplicações na construção civil, por exemplo. Ele pode ser reutilizado, processo em que há a extensão de uso de um produto feito desse material pós-consumo, mantendo-se a mesma função desempenhada, como trilhos, portas de carros, vigas e coprodutos gerados nas indústrias. E pode ser remanufaturado, quando produtos usados ou defeituosos feitos do material são transformados em novos produtos, com novos ciclos de vida, como motores, turbinas, máquinas, ferramentas e móveis de escritório. Além disso, a diminuição da quantidade de matérias-primas e energia usadas nas siderúrgicas, levando à redução do peso dos produtos e da quantidade de resíduos gerados, promove a diminuição de emissão de CO₂ (World Steel Association, [s.d.]).

Iniciativas brasileiras de economia circular no setor siderúrgico

Na esfera nacional, algumas iniciativas têm sido tomadas para contribuir com a sustentabilidade e a economia circular no setor siderúrgico. Segundo o Instituto Aço Brasil (2020), a prioridade das empresas brasileiras desse ramo deve ser produzir mais aço com menos insumos e matérias-primas, e o setor se impõe o desafio de ir além das exigências da legislação de proteção ambiental desenvolvendo tecnologia limpa através de parcerias com universidades, instituições de pesquisas e afins. O Instituto afirma ainda que as medidas de reciclagem do aço, recirculação das águas e conservação de energia aumentaram a ecoeficiência no setor, ou seja, as indústrias conseguiram produzir mais e melhor com menos recursos e menor geração de resíduos. A seguir, são listadas algumas empresas brasileiras associadas ao Instituto Aço Brasil e suas iniciativas em prol da economia circular.

Ternium

A empresa, sediada em Santa Cruz, no Rio de Janeiro, realiza controle das emissões da coqueria (que são livres de benzeno e emitem 90% menos gases comparados a outras siderúrgicas), possui filtros e sistemas de

controle de emissão em todos os seus equipamentos, faz um monitoramento contínuo da qualidade do ar da região e promove uma recirculação de 96% da água utilizada em sua produção, em que todo o esgoto industrial gerado é coletado e tratado para que não sejam despejados rejeitos em rios e na Baía de Sepetiba, contribuindo assim para a prática de ciclo reverso (Ternium, [s.d.]a).

Além disso, a empresa possui uma excelente autossuficiência energética. Através de uma termelétrica que usa os gases e vapores provenientes do processo siderúrgico, ela gera toda a energia necessária para as suas operações. Dessa forma, consegue produzir energia limpa, ser independente quanto ao fornecimento de energia externa e ainda repassar a energia excedente gerada ao Sistema Interligado Nacional (SIN), atendendo algo próximo a um milhão de residências (Ternium, [s.d.]b).

Gerdau

A empresa, com sede em Porto Alegre, é a maior recicladora da América Latina. Segundo suas estatísticas, em torno de 75% do aço produzido por ela no mundo tem origem na reciclagem de sucata ferrosa. Além disso, cerca de 84% dos coprodutos gerados em sua produção de aço são reaproveitados pela própria empresa ou por segmentos distintos da economia. Os materiais são utilizados para construção de estradas, pavimentação, produção de ferroliga, fabricação de cimento e cerâmicas, entre outros.

A Gerdau também atinge uma recirculação de 97,7% da água utilizada em suas usinas, um dos melhores índices da indústria do aço em nível mundial. A empresa ainda lançou, em 2018, o Programa Bioenergia Social, que consiste na distribuição gratuita de coletores de óleo para escolas e estabelecimentos em diversas cidades de Minas Gerais, tornando esses locais pontos de coleta de óleo. Tendo como intuito a não geração de resíduos, cada litro de óleo usado recolhido pelo Programa dá origem a um litro de combustível (Gerdau, [s.d.]).

Entre os exemplos do que tem sido feito pela empresa em relação à sustentabilidade, destaca-se o impressionante número de doze milhões de toneladas de sucata recicladas no mundo.

Usiminas

A empresa, sediada em Belo Horizonte, Minas Gerais, possui um projeto chamado Xerimbabo, realizado em Ipatinga e na região mineradora de Serra Azul, ambas em Minas Gerais, cujo objetivo é promover a conscientização ambiental de crianças e jovens da região. Segundo o *Relatório de Sustentabilidade* da companhia, o índice de recirculação de água doce em suas duas plantas siderúrgicas foi de quase 96% (Usiminas, 2020, p. 88). Além disso, a empresa cumpre exigências ambientais, como a restrição de certas substâncias perigosas, ou Restriction of Certain Hazardous Substances (RoHS), e a diretiva de veículos em fim de vida útil, ou End of Life Vehicle (ELV), relacionadas à proteção da água, do ar e do solo (Usiminas, 2020, p. 39).

Considerações finais

A partir dos exemplos apresentados, pode-se perceber que há uma certa movimentação e comprometimento por parte das siderúrgicas, no Brasil e no mundo, para uma produção sustentável do aço. Iniciativas como o “Pacto pela economia circular”, o ERA-MIN e a World Steel Association fomentam e difundem esse conceito de economia que aos poucos está sendo colocado em prática entre os setores industriais.

O Brasil tem se destacado nessa área por possuir empresas siderúrgicas com excelentes índices sustentáveis em relação à recirculação das águas. Entretanto, ações sustentáveis devem ser impulsionadas cada vez mais e estimular empresas para que busquem melhores índices e resultados no âmbito da economia circular, principalmente em relação ao reaproveitamento dos resíduos de produção e à redução da emissão de gases nocivos, um dos maiores problemas enfrentados por esse setor.

REFERÊNCIAS

ALACERO. *A indústria do aço da América Latina e do mundo se reúne na Colômbia*. [S.l.]: Asociación Latinoamericana de Acero, 2018. 1 p. Disponível em: <https://www.alacero>.

org/sites/default/files/noticias/docs/pr_2018-09-26_alacero-59_pt.pdf. Acesso em: 28 out. 2020

ARAÚJO, J. A. de. *Resíduos sólidos na indústria siderúrgica: usina semi-integrada – um estudo de caso*. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2005.

BROADBENT, C. How steel is helping to achieve a global circular economy. *Towards the circular economy: what it means to the steel industry*, v. 5, p. 6-13, 2018. Disponível em: https://posri.re.kr/files/file_pdf/59/342/6925/59_342_6925_file_pdf_1531111044.pdf Acesso em: 30 nov. 2020.

CARVALHO, P. S. L.; MESQUITA, P. P. D.; ARAÚJO, E. D. G. Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade. *BNDES Setorial*, v. 41, p. 181-236, 2015.

DE PAULA, L. N. *et al.* Modification and characterization of residue electric arc furnace dust (EAFD) for application in chromium (VI) reduction reactions. *Química Nova*, v. 36, n. 9, p. 1332-1337, 2013.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Economia circular. *Ellen MacArthur Foundation*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>. Acesso em: 28 out. 2020.

ERA-MIN. *Raw materials for the sustainable development and the circular economy*. ERA-MIN, [s.d.]. Disponível em: <https://www.era-min.eu/>. Acesso em: 28 out. 2020.

GERDAU. Sustentabilidade ambiental. *Gerdau*, [s.d.]. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/sobre-nos/responsabilidade-ambiental>. Acesso em: 28 out. 2020.

GOMES, R. S. *Análise dos impactos ambientais e da sustentabilidade em usinas siderúrgicas integradas a coque*. 2016. 52 f. Projeto (Graduação em engenharia metalúrgica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

GUMIERI, A. G.; DAL MOLIN, D. C. C.; VILELA, A. C. F. Utilização de escória de aciaria do processo Linz-Donawitz como adição em cimentos. *Revista ABM*, São Paulo, n. 1, p. 69-74, 2004.

INSTITUTO AÇO BRASIL. *Relatório de sustentabilidade 2014*. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2014. 49 p. Disponível em: https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2019/08/Relatorio%20de%20Sustentabilidade_2014_web.pdf. Acesso em: 28 out. 2020.

INSTITUTO AÇO BRASIL. *Relatório de sustentabilidade 2018*. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2018. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 28 out. 2020.

INSTITUTO AÇO BRASIL. *Aço & sustentabilidade 2020*. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2020. 11 p. Disponível em: https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2019/08/SUSTENTAB_digital_2020.pdf. Acesso em: 30 nov. 2020.

LA INDUSTRIA española del acero al completo se une al pacto por la economía circular. *Resíduos Profesional*, 27 nov. 2017. Disponível em: <https://www.residuosprofesional.com/industria-acero-pacto-economia-circular/>. Acesso em: 28 out. 2020.

MEDINA, H. V. Reciclagem de materiais: tendências tecnológicas de um novo setor. In: CETEM/MCT (ed.). *Tendências tecnológicas Brasil 2015: geociências e tecnologia mineral*. Rio de Janeiro: Cetem/MCT, 2007. p. 277-305.

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. Gobierno de España. *Economía Circular, Pacto*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/pacto/>. Acesso em: 28 out. 2020.

TERNIUM. *Eficiência energética*: por um melhor desempenho energético. *Ternium*, [s.d.].a. Disponível em: <https://br.ternium.com/pt/sustentabilidade/eficiencia-energetica/>. Acesso em: 20 nov. 2020.

TERNIUM. *Meio ambiente*: compromisso ambiental. *Ternium*, [s.d.].b. Disponível em: <https://br.ternium.com/pt/sustentabilidade/meio-ambiente/#meio-ambiente>. Acesso em: 20 nov. 2020.

USIMINAS. *Relatório de Sustentabilidade 2019*. Belo Horizonte: Usiminas, 2020. 61 p. Disponível em: <https://www.usiminas.com/wp-content/uploads/2020/06/Relatorio-Sustentabilidade-Usiminas-2019.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.

WORLD STEEL ASSOCIATION. Steel: the permanent material in the circular economy. *World Steel Association*, [s.d.].a. Disponível em: <https://circulareconomy.worldsteel.org/>. Acesso em: 15 out. 2020.

WORLD STEEL ASSOCIATION. Sustainable steel: indicators 2017 and the future. *World Steel Association*, [s.d.].b. Disponível em: <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/sustainability/Sustainable-Steel--Indicators-2017-and-the-future.html>. Acesso em: 30 nov. 2020.

Suzana Borschiver – Engenheira química e licenciada em Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre e doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora titular da Escola de Química/UFRJ na área de gestão e inovação tecnológica. Coordenadora do Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (Neitec/UFRJ) e do projeto de extensão “Catalisando a economia circular”, na Escola de Química/UFRJ. Vice-coordenadora do Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (Profnit/UFRJ) – Ponto Focal UFRJ. Especialista em *roadmap* tecnológico, economia circular, transição energética, prospecção e inovação tecnológica, estudos industriais e planejamento estratégico (contato: suzana@eq.ufrj.br).

Aline Souza Tavares – Engenheira de bioprocessos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestra em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos/UFRJ. Vice-coordenadora do projeto de extensão “Catalisando a economia circular” na Escola de Química/UFRJ. Doutoranda no Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (Neitec/UFRJ) pelo Programa de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos/UFRJ na área de gestão e inovação tecnológica e com foco em economia circular e seus modelos de negócios (contato: alinetavares@eq.ufrj.br).

Coautores

Fernanda de Souza Cardoso – Engenheira química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestra em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos/UFRJ e doutoranda no Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (Neitec/UFRJ) pelo Programa de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos/UFRJ na área de gestão e inovação tecnológica e com foco em elaboração de *roadmaps* tecnológicos, valorização de resíduos e produção de biogás. Pesquisadora na área de inteligência competitiva pelo Instituto Senai de Inovação em Biossintéticos e Fibras. Gerente da linha de engenharia comunitária do Engenheiro sem Fronteiras (contato: fscardoso@eq.ufrj.br).

Isadora Araújo de Souza – Graduanda em Engenharia de Materiais na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com duplo diploma em Engenharia Metalúrgica em andamento na mesma instituição. Atualmente faz iniciação científica no Laboratório de Recobrimentos Protetores/Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), onde atua no uso de nanotubos de carbono como catalisadores (contato: isadora.desouza@poli.ufrj.br).

Leonardo Galdino de Abreu Silva – Graduando em Engenharia de Bioprocessos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Já realizou iniciação científica no Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (Neitec/UFRJ) na área de gestão e inovação tecnológica (contato: leonardogaldinoabreu@gmail.com).

Raquel Cristina Gomes Silva – *Designer* pelo Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (Cetiqt). Pós-graduada em Engenharia de Produção pelo Laboratório de Tecnologia, Gestão e Meio Ambiente (Latec) da Universidade Federal Fluminense (UFF) e mestranda no Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (Profnit/UFRJ). Pesquisadora PD&I em *Design* no Núcleo de Sustentabilidade e economia circular (NuSEC), núcleo catalisador de soluções e promotor da sustentabilidade na indústria têxtil do Senai Cetiqt. Empreendedora e mentora de negócios de impacto, culturais e

de base tecnológica, como membro na Rede Mentores do Brasil (contato: raquelgomes.alirj@gmail.com).

Renata Bandarra Marques Costa – Engenheira química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestra em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos/UFRJ e especialista de novos negócios, com foco no desenvolvimento da logística reversa no contexto da economia circular na Pramar Carioca. Atua no projeto “Catalisando a economia circular” na Escola de Química/UFRJ desde 2018 (contato: renatabandarra@hotmail.com).

Silmara Furtado – Engenheira química e licenciada em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestra em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela mesma instituição e doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos/UFRJ na área de catálise heterogênea e com foco em desenvolvimento de rotas verdes alternativas aos processos petroquímicos tradicionais. Atua em projetos de extensão universitária sobre economia circular e química verde. Integrou projetos de P&D sobre biocombustíveis e rotas alcoolquímicas (contato: silmara.furtado@eq.ufrj.br).