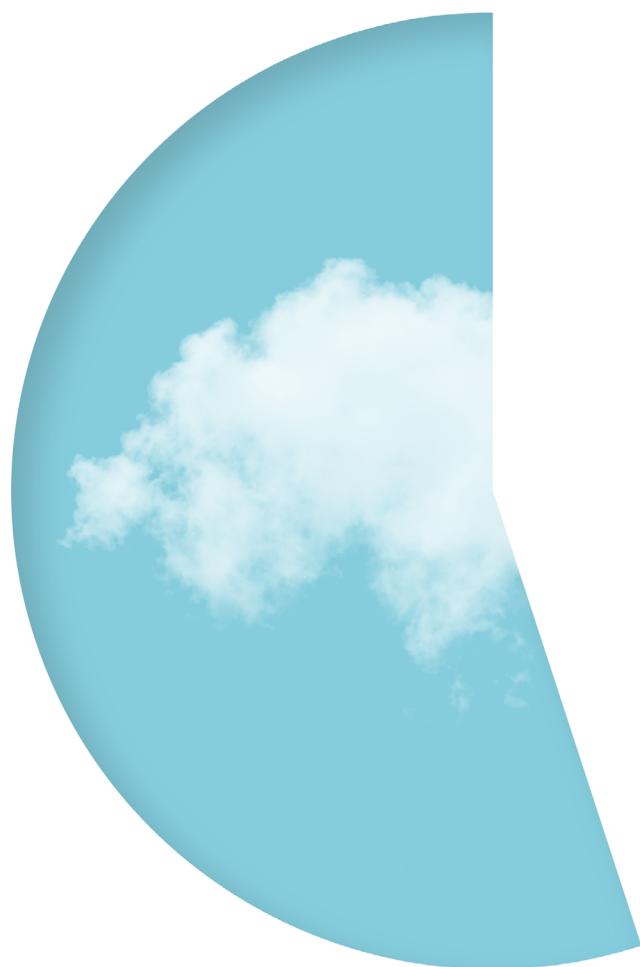


**COMPLETANDO A FIGURA**  
COMO A ECONOMIA CIRCULAR AJUDA  
A ENFRENTAR AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS



**MATERIAL**  
ECONOMICS





## SOBRE ESTE ARTIGO

*Completando a figura* destaca o papel indispensável que a economia circular desempenha no enfrentamento da crise climática. O objetivo é demonstrar como os princípios e estratégias da economia circular reduzem significativamente as emissões de gases de efeito estufa. Ele estabelece análises sobre a indústria e o sistema de alimentos para ilustrar como a economia circular transforma a maneira como os produtos são fabricados e usados e como essa transformação tem o potencial de reduzir as emissões. Esses insights foram extraídos de dois relatórios da Material Economics, *Industrial Transformation 2050* (2019) e *The circular economy: a powerful force for climate mitigation* (2018), e o relatório *Cidades e a Economia Circular dos Alimentos da Ellen MacArthur Foundation* (2019). Nele, discute-se as conclusões iniciais que indicam que a economia circular oferece um potencial único para aumentar a resiliência aos efeitos físicos das mudanças climáticas e visa iniciar uma exploração mais aprofundada do assunto. Por fim, estabelecendo prioridades claras, o documento pede aos governos, empresas, investidores e academia que integrem seus esforços para responder às mudanças climáticas com aqueles que aceleram a transição para uma economia circular.

## ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Este relatório foi produzido por uma equipe da Ellen MacArthur Foundation em colaboração com a Material Economics, que forneceu experiência e suporte de análise. A Ellen MacArthur Foundation não faz quaisquer declarações e não fornece quaisquer garantias em relação a qualquer aspecto deste artigo. Embora tenha-se exercido cuidado e atenção na preparação deste artigo e em suas análises, apoiando-se em dados e informações que se acredita que sejam confiáveis, nem a Fundação nem nenhum de seus funcionários ou nomeados deverão ser responsabilizados por quaisquer reclamações ou perdas de qualquer natureza relacionadas a informações contidas neste documento, incluindo, mas não limitado a, perda de lucros ou danos punitivos ou consequenciais. A Ellen MacArthur Foundation gostaria de agradecer às organizações que contribuíram para este artigo por suas contribuições produtivas. A contribuição para este artigo ou para qualquer parte dele não deverá ser necessariamente considerada como indicação de qualquer tipo de parceria ou relação de agência entre os colaboradores e a Ellen MacArthur Foundation nem um endosso de suas conclusões ou recomendações.

### **Para citar este relatório, use a referência a seguir:**

Ellen MacArthur Foundation, *Completando a figura: Como a economia circular ajuda a enfrentar as mudanças climáticas* (2019)  
[www.ellenmacarthurfoundation.org/publications](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications)

# Agradecimentos

## EQUIPE PRINCIPAL DO PROJETO

### ELLEN MACARTHUR FOUNDATION

**Andrew Morlet**, Presidente

**Jocelyn Blériot**, Líder Executivo, Governos e Instituições internacionais

**Clémentine Schouteden**, Líder Executiva de Insight e Análises

**Soukeyna Gueye**, Gerente de Projetos, autora principal

**Nick Jeffries**, Autor do capítulo de Alimentos

**Ian Banks**, Líder Editorial

**Lena Gravis**, Editora

### MATERIAL ECONOMICS

**Per Klevnäs**, Parceiro

**Katarina Kahlmann**, Parceira Associada

**Johan Haeger**, Consultor

### PRODUÇÃO

**Sarah Churchill-Slough**, Gerente de Design e Marca, Ellen MacArthur Foundation

**Matthew Barber**, Assistente de Design, Ellen MacArthur Foundation

**Joanna de Vries**, Editora, Conker House Publishing

**Caroline Harris**, Revisora

## SOBRE A MATERIAL ECONOMICS

A Material Economics é uma empresa de consultoria de gestão sediada em Estocolmo, especializada em sustentabilidade a partir de uma perspectiva de estratégia de negócios, tecnologia e política. A empresa publicou importantes relatórios sobre mudanças climáticas e economia circular em colaboração com a Ellen MacArthur Foundation, European Climate Foundation, Universidade de Cambridge, Wuppertal Institute, Climate-KIC, Sitra e outros. Com experiência em mais de 100 projetos de estratégia relacionados à sustentabilidade em setores como edifícios, transporte, embalagens, fabricação, produtos químicos e alimentos, a Material Economics assessora empresas líderes mundiais em como reduzir a pegada ambiental e se tornar mais circular.

Para mais informações: [materialeconomics.com](http://materialeconomics.com)

**MATERIAL**  
ECONOMICS

## SOBRE A ELLEN MACARTHUR FOUNDATION

A Ellen MacArthur Foundation foi lançada em 2010 com o objetivo de acelerar a transição para a economia circular. Desde a sua criação, a organização sem fins lucrativos emergiu como uma líder de pensamento global, colocando a economia circular na pauta dos tomadores de decisão em todo o mundo. O trabalho da organização sem fins lucrativos foca em sete áreas principais: insight e análises; negócios; instituições, governos e cidades; iniciativas sistêmicas; design circular; aprendizagem e comunicações.

Mais informações: [ellenmacarthurfoundation.org](http://ellenmacarthurfoundation.org) • [@circulareconomy](https://twitter.com/circulareconomy)

## Principais financiadores filantrópicos



## Parceiros globais



## Em apoio ao artigo

*As restrições de carbono representam grandes oportunidades de criação. Isso é válido para todas as empresas, cidades e países. Essa é a direção que precisamos tomar e este artigo apresenta números atraentes para estimular a confiança em nossa capacidade de otimizar a descarbonização e o desenvolvimento econômico com apoio mútuo.*

**Christiana Figueres**, ex-secretária executiva da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudanças climáticas e Sócia-fundadora da Global Optimism

*"Completando a figura" é totalmente consistente e complementar com relação aos esforços do Painel Internacional de Recursos da ONU para dissociar o crescimento econômico do uso de recursos e dos impactos ambientais. Cabe perfeitamente no espaço vazio do quebra-cabeça das políticas eficazes contra as mudanças climáticas.*

**Janez Potočnik**, Co-presidente do Painel Internacional de Recursos; ex-comissário europeu para o meio ambiente

*A mensagem deste artigo é bombástica. A maior parte das pessoas acha que a mitigação das mudanças climáticas diz respeito apenas à mudança nos sistemas de energia. Errado. Trata-se também de materiais e uso da terra. Materiais como aço, cimento, alumínio e plástico somam quase 20% das emissões de carbono. E a demanda cresce rapidamente. Além disso, cada vez que aramos a terra, há liberação de carbono. A boa notícia é que existem soluções. Ao aderir à economia circular, as emissões de carbono são contidas, a poluição da água é reduzida e o dinheiro é poupado!*

**Anders Wijkman**, Presidente da Climate-KIC, Presidente honorário do Clube de Roma

*Conforme os países trabalham juntos para encontrar soluções para as mudanças climáticas, este artigo contribui muito para o debate público. Garantir um clima estável para as gerações futuras é um desafio de vital importância, mas é alcançável. Este artigo ajuda a preparar o terreno para que governos e negócios de todo o mundo tomem atitudes.*

**Ilustre James Shaw**, Ministro de Mudanças Climáticas; Ministro de Estatísticas; Ministro Associado de Finanças; colíder do Partido Verde, Nova Zelândia

*Este artigo confirma o papel da economia circular para atingir as metas climáticas e apresenta exemplos práticos de como uma economia circular oferece uma oportunidade única para reduzir emissões globais.*

**Carolina Schmidt Zaldivar**, Ministra do Meio Ambiente, Chile

*Enquanto tomadores de decisões, nós temos muitos problemas e poucas soluções. Aqui está uma forma de enfrentar os problemas climáticos e de recursos ao mesmo tempo: o potencial da economia circular para atingir as metas climáticas é significativo, mas não suficientemente reconhecido como uma solução-chave. Governos e negócios encontrarão, neste importante artigo, as estratégias e caminhos para alcançar emissões líquidas zero conforme desenvolvem mais prosperidade e resiliência. O tempo nos pressiona. Essa transição precisa ser uma prioridade clara.*

**Ida Auken**, Membro do Parlamento, Partido social-liberal; Ex-ministra do meio ambiente, Dinamarca

*As mudanças climáticas e a resiliência do sistema de alimentos são interdependentes. Só há um caminho a seguir: modelos regenerativos de agricultura baseados em solos saudáveis e resilientes, com aumento da captura de carbono, proteção à biodiversidade e preservação da água doce, de modo a apoiar uma mudança rumo às práticas alimentares que tanto controla os gastos públicos com saúde quanto respeita os limites do planeta. Esses modelos melhoram os sistemas naturais em vez de matá-los, uma vez que os ciclos de vida começam e terminam no solo. Nós desenvolvemos várias parcerias e iniciativas para apoiar essa transição rumo às dietas alimentares sustentáveis, como na França e nos EUA, e é urgente prosseguir o engajamento com todas as partes interessadas sobre formas inovadoras e econômicas de financiamento social e soluções de negócios integradas ao clima para o futuro.*

**Emmanuel Faber**, Presidente e CEO, Danone

*Na Solvay, estamos adaptando o uso de recursos e desassociando de forma ousada nossa taxa de crescimento das emissões para atingir a meta de redução de emissões em termos absolutos até 2025. Essa iniciativa é rara entre nossos colegas do setor, os quais convidamos a se juntarem a nós. Conforme mostra este artigo, a economia circular é uma alavanca essencial para ajudar a cumprir coletivamente com o Acordo de Paris a fim de proteger nosso planeta para as gerações futuras.*

**Ilham Kadri**, CEO, Solvay

*Na Intesa Sanpaolo, acreditamos verdadeiramente que a força financeira vem com uma responsabilidade mais ampla em relação à sociedade e ao meio ambiente. Permitir uma mudança rápida rumo a uma economia circular que beneficie as pessoas e o planeta é uma parte importante dessa responsabilidade. Além disso, é essencial alcançar as metas climáticas definidas pelo Acordo de Paris e, ao mesmo tempo, aumentar a resiliência das empresas, revelando novas oportunidades de negócios. Estamos ansiosos para desempenhar um papel ativo no novo Acordo verde europeu previsto pela Comissão Europeia.*

**Carlo Messina**, Diretor presidente, Intesa Sanpaolo

*Como Parceiro Global da Ellen MacArthur Foundation, a DS Smith apoia as recomendações oportunas e abrangentes de economia circular definidas neste artigo. Hoje, enfrentamos grandes desafios para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e atingir as metas acordadas em relação ao aquecimento global. Ao aprimorar a circularidade do uso de recursos e descarbonizar a produção de energia, os negócios e a sociedade podem trabalhar juntos para atingir as metas de redução de carbono. O artigo destaca que 45% da meta pode ser atingida por meio de uma melhor adoção da economia circular. Na DS Smith, estamos comprometidos com a redefinição das embalagens em um mundo dinâmico. Por isso, desenvolvemos um modelo robusto de negócio circular. Utilizamos recursos renováveis que promovem a captura de carbono e, depois que nosso papel e nosso papelão foram usados em uma ampla gama de aplicações, eles podem ser reciclados até 25 vezes.*

**Miles Roberts**, Presidente do grupo, DS Smith

*Este artigo fornece informações muito importantes e relevantes para políticas públicas sobre o potencial da economia circular para enfrentar as mudanças climáticas. Fornece também exemplos práticos de soluções de economia circular para reduzir significativamente as emissões globais de gases do efeito estufa e aumentar a resiliência em relação às mudanças climáticas. Trata-se de um artigo necessário para todos os formuladores de políticas públicas a fim de nos orientar no caminho rumo a um futuro circular e sem emissão de carbono.*

**Sarianne Tikkanen**, Especialista sênior em economia circular, Ministério do Meio Ambiente, Finlândia

*O investimento, o compromisso e a experiência do Reino Unido para lidar com as mudanças climáticas no governo, nos negócios e nas comunidades é claro e sólido. Adotar uma economia circular é fundamental e estamos trabalhando com parceiros que pensam como nós, como o Ministério do Meio Ambiente e Recursos de Resíduos de Singapura para apoiar o Ano Rumo ao Lixo Zero. Todos esses esforços em âmbito nacional e internacional reforçam o motivo pelo qual o Reino Unido foi nomeado para ser coanfitrião da UNFCCC COP26, uma oportunidade de ser o divisor de águas no modo como abordamos a crise climática juntos.*

**Sua excelência Kara Owen**, alta comissária britânica em Singapura

*O artigo afirma com clareza: a economia circular é a estratégia vencedora. A circularidade é necessária para alcançar a meta de 1,5 °C, criar resiliência e aumentar a qualidade de vida. Porém, a transição precisa acontecer logo. Estamos correndo contra o relógio.*

**Mari Pantsar**, Diretora, SITRA

*A oportunidade de acelerar a ação climática ao combinar abordagens de economia circular e emissões líquidas zero é significativa. Focar somente a eficiência energética e a descarbonização de um sistema em que tantos de nossos recursos são utilizados em uma economia baseada em extrair-transformar-desperdiçar não cumpre o desafio. O importante trabalho de Material Economics e da Ellen MacArthur Foundation mostra como a integração dessas duas abordagens pode ajudar a alcançar as metas do Acordo de Paris e aumentar a resiliência de nossas economias.*

**Marc Engel**, Superintendente de Cadeia de Suprimentos, Unilever



*Para solucionar a maior ameaça que a humanidade já enfrentou, é necessário que nossa espécie faça uma análise aprofundada e crítica da forma como nós fazemos... tudo. A boa notícia é que as soluções já existem. Este artigo mostra claramente como o projeto de um modelo econômico circular fornece benefícios para todas as partes envolvidas e ajuda a mudar a forma como a humanidade faz negócios para um futuro melhor e regenerativo.*

**Chad Frischmann**, Vice-presidente e Diretor de Pesquisa, Project Drawdown

*O esgotamento dos recursos naturais e a pressão sobre as florestas e a biodiversidade não são os únicos impactos resultantes da exploração humana dos materiais. Essa prática também contribui para o aquecimento global e confirma que os problemas ambientais estão interligados. Neste contexto, as expectativas para o setor de transporte são altas e legítimas. O Groupe Renault entendeu o que está em jogo e vem trabalhando há muito tempo no desenvolvimento industrial de vários modelos de negócio de economia circular, conforme descreve este artigo, como remanufatura, desenvolvimento de ciclos curtos para têxteis e materiais estratégicos e extensão da vida útil de baterias EV. Nossa meta, reduzir a emissão de carbono por veículo do Grupo em 25% entre 2010 e 2025, inclui o ciclo de vida dos materiais.*

**Jean-Philippe Hermine**, Vice-presidente de Planejamento Ambiental Estratégico, Groupe Renault

*Desde 2015, a Google é uma Parceira Global da Ellen MacArthur Foundation e compartilha uma visão comum para acelerar a transição para uma economia circular. Quando consideramos que em 29 de julho de 2019 nós atingimos a cota de recursos naturais da Terra para o ano todo e que todos os dias desde então estamos gastando nosso estoque de recursos locais e emitindo mais carbono para a atmosfera do que é possível absorver, a forte relação entre a economia circular e as mudanças climáticas fica clara. Acreditamos que negócios globais, como a Google, devem liderar o caminho para melhorar a vida das pessoas, e ao mesmo tempo reduzir ou até eliminar nossa dependência de matéria-prima e combustíveis fósseis. Acreditamos que isso pode ser feito de forma que faça sentido para o negócio, fornecendo retorno econômico junto com benefícios sociais e impactos ambientais positivos. Celebramos este artigo como uma contribuição importante para o debate.*

**Mike Werner**, Líder de Sustentabilidade e Economia Circular, Google

*A indústria da moda não existirá no futuro se continuarmos produzindo e usando roupas da mesma forma. A crise climática exige que tomemos atitudes abrangentes para transformar toda a indústria. Este artigo mostra claramente como a mudança para uma economia circular e o tratamento de resíduos como recursos permitem que haja uma redução significativa do impacto e que atinjamos a meta de nos tornarmos aliados do clima.*

**Anna Gedda**, Chefe de Sustentabilidade, Grupo H&M

*É evidente que o uso de matéria-prima e as mudanças climáticas estão totalmente relacionados. Contudo, isso parece ser ignorado coletivamente e respostas às mudanças climáticas ainda ocorrem de forma pontual. Não é possível enfrentar o problema sem uma abordagem completa em que a economia circular seja uma adição sistêmica necessária e óbvia ao repertório das mudanças climáticas.*

**Carol Lemmens**, Diretora e Líder de Serviços de Consultoria Global, ARUP

*Os desafios de descarbonizar a economia global e, ao mesmo tempo, construir resiliência em relação às mudanças climáticas e a seus impactos são, frequentemente, abordados de forma separada. Para ter uma chance razoável de minimizar os danos que as mudanças climáticas causará, as medidas que implantamos devem integrar mitigação e adaptação sistematicamente, reconhecendo que são coisas interligadas. Este artigo oferece uma visão geral valiosa sobre como a abordagem da economia circular pode incorporar e fortalecer a resiliência e a mitigação das mudanças climáticas, fornecendo potencialmente uma estrutura ampla para dar suporte à implementação prática.*

**Will Bugler**, Consultor sênior, Comunicações, Acclimatise

*Este artigo destaca que uma abordagem orientada pelo sistema é essencial e as ações que mitigam os impactos climáticos e criam resiliência são fundamentais para cumprir as metas de emissão do futuro.*

**Philip Selwood**, Presidente da Energy Saving Trust, Fiduciário da Ellen MacArthur Foundation



# Conteúdo

<b>Resumo executivo</b>	<b>12</b>
<b>Principais descobertas</b>	<b>13</b>
<b>1. Alcançar as metas climáticas requer uma transformação no modo como fabricamos e utilizamos os produtos</b>	<b>14</b>
1.1 Há uma necessidade urgente de agirmos em relação ao clima: a curva global de emissões de gases do efeito estufa ainda não caiu	15
1.2 Além da necessidade de uma transição energética, uma mudança fundamental na forma como os bens são produzidas e utilizadas é imprescindível para alcançar as metas climáticas	15
<b>2. A economia circular cumpre um papel importante no esforço para alcançar metas climáticas</b>	<b>18</b>
2.1 O que é a economia circular?	19
2.2 Como a economia circular reduz as emissões de gases do efeito estufa?	21
<b>3. A oportunidade da economia circular para a indústria</b>	<b>25</b>
3.1 Estratégias da economia circular para reduzir as emissões na indústria	26
3.2 Intervenções adicionais serão necessárias para reduzir ainda mais as emissões da indústria	28
3.3 A abordagem da economia circular é rentável	28
3.4 A abordagem oferece benefícios para todo o sistema	30
Aprofundamento: a oportunidade para o ambiente construído	31
Aprofundamento: a oportunidade para a mobilidade	34
<b>4. A oportunidade da economia circular para o sistema de alimentos</b>	<b>37</b>
4.1 Estratégias da economia circular para reduzir as emissões no sistema de alimentos	39
4.2 Intervenções adicionais serão necessárias para reduzir ainda mais as emissões do sistema de alimentos	42
4.3 A abordagem da economia circular é rentável	43
4.4 A abordagem oferece benefícios para todo o sistema	43
<b>5. Uma economia circular pode aumentar a resiliência em relação aos efeitos das mudanças climáticas</b>	<b>45</b>
5.1 Os impactos das mudanças climáticas representam riscos importantes para os negócios	46
5.2 A economia circular pode ajudar a lidar com esses riscos ao aumentar a resiliência entre setores	47
<b>6. Próximas etapas: necessidade de ação conjunta</b>	<b>49</b>
<b>Anexo</b>	<b>55</b>
<b>Referências</b>	<b>57</b>

# Resumo executivo

**A resposta atual à crise climática global representa uma figura incompleta. Este artigo argumenta que estabelecer uma economia circular é uma etapa fundamental para atingir as metas climáticas. Uma mudança dessa natureza vai além dos esforços de minimizar as emissões em nosso sistema linear e extrativista. O artigo oferece uma resposta sistemática à crise por meio da redução de emissões e do aumento da resiliência em relação a seus efeitos. Os benefícios incluem o cumprimento de outras metas, como criar cidades com maior qualidade de vida, distribuir valor de modo mais amplo na economia e estimular a inovação. Esses atributos tornam a economia circular uma contribuição poderosa para atingir a prosperidade de zero carbono.**

O mundo despertou para a crise climática, cujos efeitos já estamos sentindo. As emissões de gases do efeito estufa que causam as mudanças climáticas são produto de nossa economia extrativista que é baseada em extrair-transformar-desperdiçar, dependente de combustíveis fósseis e que não gerencia os recursos em longo prazo. Uma mudança drástica é necessária para colocar o mundo no caminho para alcançar emissão zero até 2050 a fim de cumprir a meta de 1,5 °C definida no Acordo de Paris. Mesmo que essa meta seja alcançada, estima-se que os custos para a economia global relacionados às mudanças climáticas chegarão aos US\$ 54 trilhões até 2100 e aumentarão muito a cada elevação da temperatura. O incentivo para cumprir o desafio é inquestionável.

Até o momento, os esforços para enfrentar a crise focaram em uma transição para a energia renovável, complementada pela eficiência energética. Embora sejam cruciais e totalmente consistentes com a economia circular, essas medidas só abrangem 55% das emissões. Os 45% restantes vêm da produção de carros, roupas, alimentos e outros produtos que usamos diariamente. Isso não pode ser negligenciado. A economia circular pode contribuir para completar o cenário de redução de emissões ao transformar o modo como produzimos e utilizamos os produtos.

Para ilustrar esse potencial, este artigo demonstra como aplicar as estratégias da economia circular em apenas cinco áreas principais (cimento, alumínio, aço, plástico e alimentos) é capaz de eliminar quase metade das emissões restantes provenientes da produção de mercadorias (9,3 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e em 2050), o equivalente a eliminar completamente as emissões atuais de todo o transporte.

Na indústria, essa transformação pode ser alcançada pelo aumento significativo das taxas de uso de ativos, como edifícios e veículos, e pela reciclagem dos materiais usados para produzi-los. Isso reduz a demanda por aço virgem, alumínio, cimento e plástico e as emissões associadas à produção desses itens. No sistema de alimentos, aplicar práticas de agricultura regenerativa e eliminar resíduos ao longo de toda a cadeia de suprimentos servem para sequestrar carbono do solo e evitar emissões relacionadas a alimentos e coprodutos não consumidos.

Este artigo revela, ainda, que a economia circular tem potencial para aumentar a resiliência em relação aos efeitos físicos das mudanças climáticas. Por exemplo, ao manter os materiais em uso, os negócios podem desassociar a atividade econômica do consumo de matérias-primas vulneráveis aos riscos climáticos e, portanto, gerar maior flexibilidade. No sistema de alimentos, a agricultura regenerativa melhora a saúde do solo, aumentando a capacidade de absorção e retenção de água e a resiliência contra chuvas intensas e estiagem. Pesquisas adicionais sobre a dimensão e a natureza das oportunidades dessa área podem revelar um potencial ainda maior.

Além de enfrentar as causas e os efeitos das mudanças climáticas, a economia circular pode ajudar a alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU, entre eles o ODS 12 (consumo e produção responsáveis). Foi demonstrado que a estrutura da economia circular pode melhorar a qualidade do ar, reduzir a contaminação da água e proteger a biodiversidade. Seus princípios oferecem aos negócios muitas oportunidades de inovação que reduzem os custos de material, aumentam o uso de ativos e respondem às demandas dinâmicas dos clientes. Juntos, esses atributos formam um argumento convincente para ver a economia circular não apenas como uma opção a ser considerada no cumprimento das metas climáticas, mas também como uma estrutura poderosa de soluções para um futuro próspero.

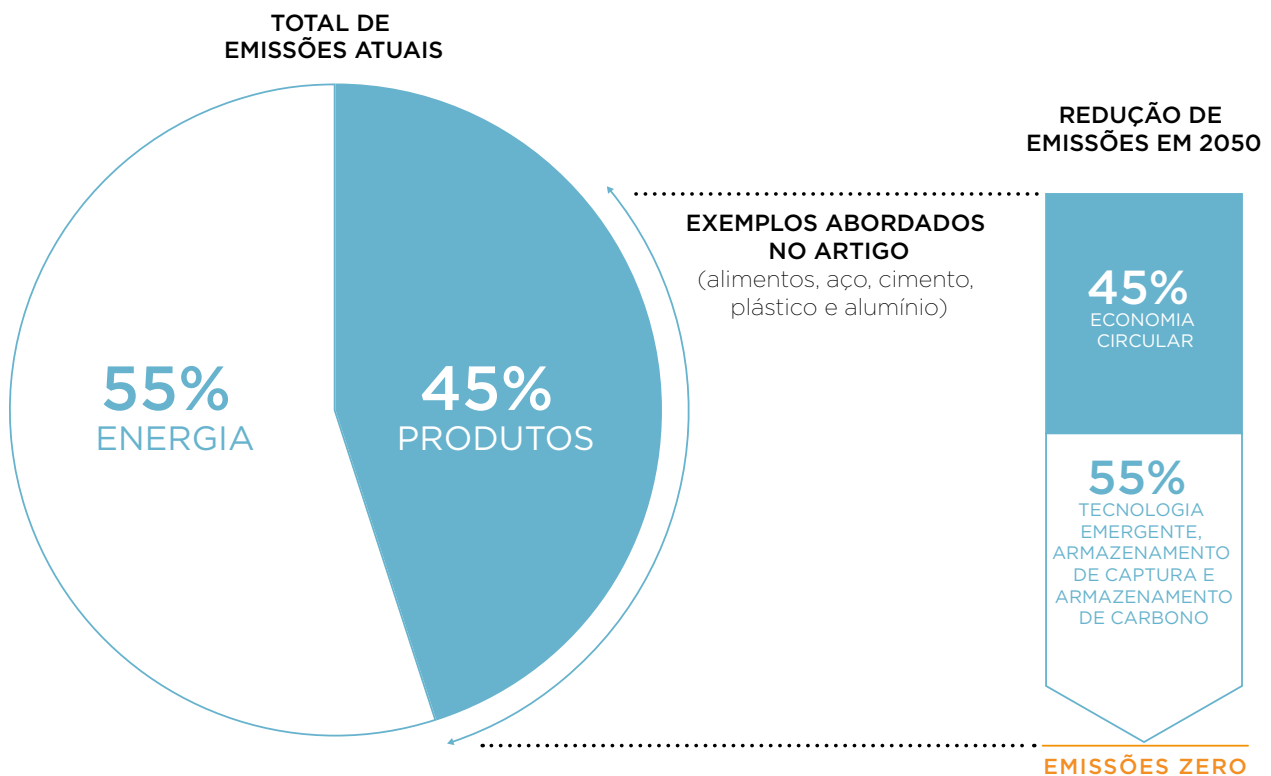
Conquistar essa transformação exigirá um esforço conjunto: nenhuma organização fará isso sozinha. Instituições internacionais podem colocar a economia circular diretamente na agenda climática e dar destaque a outras atividades importantes para a redução de emissões, como eficiência energética e reflorestamento. Governos e cidades podem incorporar princípios da economia circular a suas estratégias climáticas. As empresas podem escalar oportunidades que, ao mesmo tempo, geram valor de novas maneiras e respondem à mudança climática. Investidores podem mobilizar capital em seus portfólios para negócios que reduzem ativamente o risco climático.

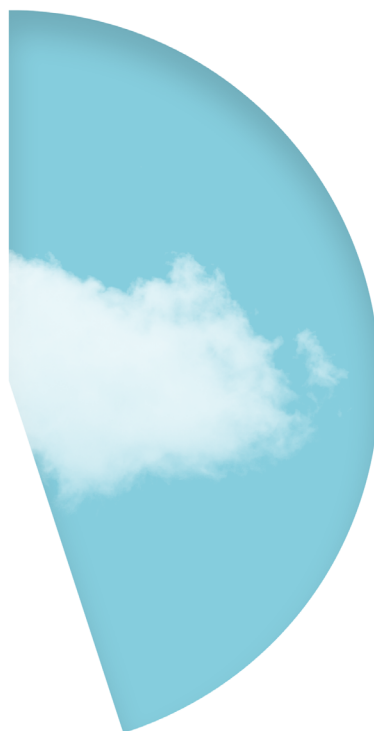
**Um panorama completo de uma economia próspera e sem emissões está se formando: a missão agora é torná-lo realidade.**

# Principais descobertas

Os esforços atuais para combater as mudanças climáticas têm focado principalmente no papel essencial da energia renovável e das medidas de eficiência energética. No entanto, cumprir as metas climáticas também exigirá o enfrentamento de 45% de emissões restantes associadas à fabricação de produtos. A economia circular oferece uma abordagem rentável e sistêmica para enfrentar esse desafio. Este artigo mostra como as estratégias da economia circular, quando aplicadas a quatro importantes materiais industriais (cimento, aço, plástico e alumínio), podem ajudar a reduzir as emissões em 40% em 2050. Quando aplicadas ao sistema de alimentos, a redução pode chegar a 49% no mesmo ano. Em geral, essas reduções poderiam deixar as emissões dessas áreas 45% mais próximas das metas de emissões líquidas zero.

## COMPLETANDO A FIGURA: ENFRENTANDO AS EMISSÕES NEGLIGENCIADAS





# 1

## Atingir as metas para o clima requer uma transformação no modo como fabricamos e utilizamos os produtos

**A mudança para energias renováveis pode eliminar 55% das emissões globais de gases do efeito estufa, mas e os 45% restantes? Essas são emissões mais difíceis de reduzir, pois são provenientes do gerenciamento de terras e da produção de edifícios, veículos, eletrônicos, roupas, alimentos, embalagens e outros bens e ativos que usamos todos os dias. Este artigo demonstra que uma economia**

**circular é indispensável para reduzir tais emissões por meio da transformação da forma como projetamos, produzimos e utilizamos os produtos. A economia circular é reforçada pela transição para a energia renovável, o que fornece um panorama mais completo sobre o que é necessário para responder às mudanças climáticas.**

## 1.1. HÁ UMA NECESSIDADE URGENTE DE AGIRMOS EM RELAÇÃO AO CLIMA: A CURVA GLOBAL DE EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA AINDA NÃO ESTÁ DECRESCENTE

**Nossa economia linear baseada em "extrair-produzir-desperdiçar" é altamente extrativista, com uso intensivo de recursos e produção de gases do efeito estufa (GEEs) que estão provocando a crise climática.** As empresas extraem materiais da terra, aplicam energia e trabalho para fabricar um produto e o vendem para o usuário final, que depois descarta o produto quando ele para de servir ao seu propósito. Essa abordagem linear, que depende de combustíveis fósseis e não gerencia recursos como terra, água e minerais em longo prazo, emite GEEs que estão provocando uma crise climática global. De acordo com o Fórum Econômico mundial, os riscos de longo prazo mais importantes que a economia global enfrenta têm relação com as mudanças climáticas, tanto em termos de probabilidade de ocorrência quanto em termos de gravidade econômica.<sup>1</sup> Os prejuízos para a economia global com um aumento de 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais foram estimados em US\$ 54 trilhões em 2100, chegando a US\$ 69 trilhões se o aumento for de 2 °C.<sup>2</sup>

**O mundo ainda não está no caminho certo para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C em 2100.** Essa é a realidade, apesar dos compromissos assumidos pelos 195 países que assinaram o Acordo de Paris das Nações Unidas de 2015 e das ações para reduzir as emissões que estão sendo implementadas. De acordo com um relatório da ONU de 2018, as atuais ambições definidas pelos países nas Contribuições Determinadas Nacionalmente (NDCs) ultrapassarão, até 2030, aproximadamente 29 a 32 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e em comparação ao nível consistente com o cumprimento da meta de 1,5 °C; uma lacuna que está maior do que nunca.<sup>3</sup> As atuais emissões não apresentam sinais de pico para o futuro próximo e levarão a um aumento de 3 °C até 2100 ou até mesmo 4 °C se o sistema energético não mudar.<sup>4</sup>

**Há forças econômicas poderosas por trás do aumento nocivo das emissões de GEE.** A tendência foi impulsionada pela rápida industrialização<sup>1</sup> das economias emergentes e pelo consumo em massa em economias desenvolvidas. Esse padrão deve aumentar no futuro. Até 2050, estima-se que

a população mundial chegue aos 10 bilhões. A previsão é de que a participação da classe média de mercados emergentes no consumo mundial aumente de um terço para dois terços. Além disso, espera-se que a economia mundial quadruple.<sup>5</sup> Esse aumento da prosperidade, amplo e bem-vindo, fará com que as emissões esgotem o orçamento de carbono disponível<sup>ii</sup> por uma grande margem. Os impactos relacionados pressionam ainda mais os limites do planeta, como a perda de biodiversidade. Na verdade, estudos recentes demonstraram que cerca de um milhão de espécies animais e vegetais já correm risco de extinção, tendo as mudanças climáticas como uma das ameaças à sua sobrevivência. Em geral, a extração e o processamento de recursos são responsáveis por mais de 90% dos impactos ambientais relacionados a terras e água (estresse hídrico e perda de biodiversidade), sendo a agricultura o principal contribuinte.<sup>6</sup>

**Haverá necessidade de transformações de amplo alcance e ação coordenada urgente.** Uma mudança sistêmica nos sistemas industriais e de energia, no gerenciamento de terras, nos edifícios e na infraestrutura será necessária para colocar a economia global no caminho certo para alcançar emissões líquidas zero até 2050 e, assim, limitar o aquecimento global a 1,5 °C, sem superar ou com um aumento limitado desse valor.<sup>7</sup> Atualmente, estima-se que, em 2030, as NDCs reduzirão as emissões globais em 3 a 6 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e comparado ao cenário que teríamos com a continuidade das políticas atuais. Portanto, as nações terão de quintuplicar suas ambições para cumprir as metas de emissão de forma consistente com o cenário de 1,5 °C.<sup>8</sup>

## 1.2. ALÉM DA NECESSIDADE DE UMA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA, UMA MUDANÇA FUNDAMENTAL NA FORMA COMO OS BENS SÃO PRODUZIDOS E UTILIZADOS É IMPRESCINDÍVEL PARA ALCANÇAR AS METAS CLIMÁTICAS

**A descarbonização do sistema energético é necessária e precisa ser acelerada.** A energia renovável e a eficiência energética são fundamentais e podem reduzir em mais de 90% as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia até 2050.<sup>9</sup> O custo das tecnologias para gerar eletricidade a partir do vento, do sol e baterias agora são mais baixos

i Cerca de 80% das emissões de CO<sub>2</sub> são causadas pela industrialização e o restante, pelo uso de terras, como desmatamento. Stephenson, J., Newman, K., and Mayhew, S., *Journal of Public Health, Population dynamics and climate change: what are the links?* (2010)

ii O orçamento de carbono é a quantidade de CO<sub>2</sub> que o mundo pode emitir ao mesmo tempo que limita o aquecimento às metas de temperatura acordadas.

do que as alternativas de combustível fóssil em mais de dois terços do mundo, com as fontes renováveis projetadas para suprir mais de 60% da energia elétrica mundial em 2050.<sup>10</sup> Tecnologias emergentes, como a solução "power-to-x", estão sendo desenvolvidas, demonstrando o potencial transformador da criação de sistemas energéticos neutros em carbono que consigam converter a energia excedente de renováveis (em combustíveis sintéticos líquidos ou gasosos) e armazená-la por períodos mais longos.<sup>11</sup> Entretanto, os investimentos atuais ainda não estão crescendo suficientemente rápido.<sup>12</sup> Para alcançar a meta climática de 1,5 °C, é necessária uma taxa de descarbonização anual do sistema energético de 11,3%, que corresponde a sete vezes a taxa atual. O investimento cumulativo no sistema energético até 2050 teria que aumentar cerca de 30%, a energia renovável teria que escalar

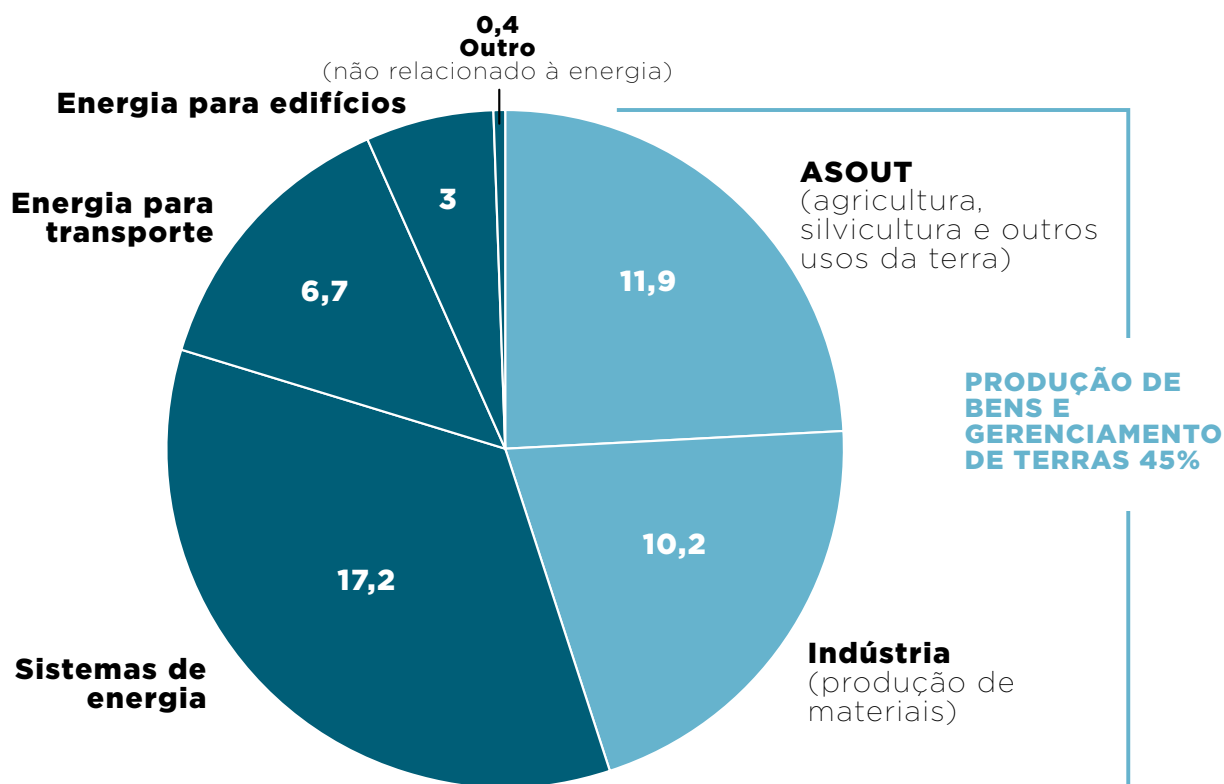
seis vezes mais rápido do que atualmente, a participação da eletricidade na energia total teria que duplicar e os investimentos em combustíveis fósseis teriam que ser significativamente reduzidos.<sup>13</sup>

**Uma transformação na forma como os bens são produzidos e utilizados também é necessária.** Enquanto o suprimento de energia<sup>iii</sup> e seu consumo em edifícios e transporte, juntos, geram 55% das emissões globais de GEE, os 45% restantes estão diretamente relacionados à produção de bens e ao gerenciamento de terras.<sup>iv14</sup> Houve uma descoberta semelhante em um relatório recente publicado pelo Painel Internacional de Recursos (IRP).<sup>v15</sup> Dois setores contribuem com cerca de um quarto das emissões globais de GEE: indústria e agricultura, silvicultura e outros usos da terra (ASOUT).<sup>16</sup>

## FIGURA 1: 45% DAS EMISSÕES GLOBAIS DE GEE PODEM SER ATRIBUÍDAS À PRODUÇÃO DE MATERIAIS, PRODUTOS E ALIMENTOS E AO GERENCIAMENTO DE TERRAS

### Emissões globais de GEE

Bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e por ano, 2010



Nota: "Indústria" e "ASOUT" incluem suas respectivas emissões relacionadas à energia, mas não as emissões indiretas da produção de eletricidade e aquecimento. Fonte: IPCC, "IPCC's Fifth Assessment Report (AR5)" e análise da Material Economics.

iii "Sistemas energéticos" se referem à produção de eletricidade e aquecimento, além da extração, do refinamento, do processamento e do transporte de combustíveis.

iv Esses 45% incluem combustíveis fósseis queimados em instalações para energia.

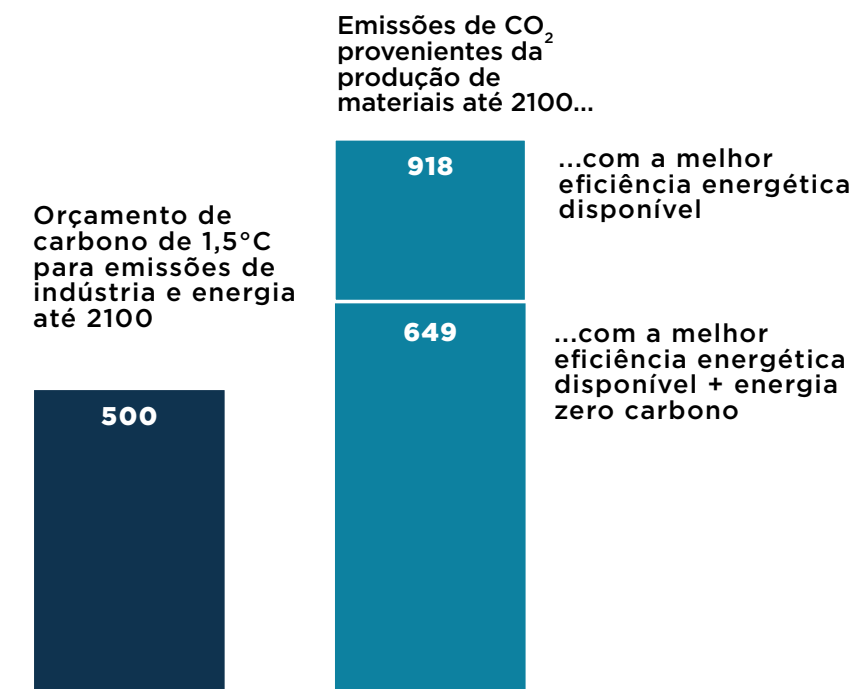
v O Painel Internacional de Recursos (IRP) calculou que a extração e o processamento de recursos compõem quase metade das emissões totais de GEE. A diferença entre as descobertas e a divisão definida neste artigo se deve à diferença de escopo. O relatório do IRP abrange recursos como materiais, combustíveis e alimentos, sem incluir os impactos climáticos relacionados ao uso de terras. Os 45% mencionados no artigo incluem a produção de bens e o gerenciamento de terras, mas não incluem extração, refinamento, processamento e transporte de combustível. IRP e UNEP, Global resources outlook 2019: natural resources for the future we want (2019)



**Falhar nessa transformação tornará as metas climáticas inalcançáveis.** Até 2050, estima-se que a demanda mundial por materiais industriais, como aço, cimento, alumínio e plástico, aumentará de duas a quatro vezes, enquanto a demanda mundial por alimentos aumentará 42%.<sup>vi</sup> Esse aumento na demanda terá implicações importantes nas emissões de GEE. Mesmo com estratégias ambiciosas para aumentar a eficiência energética e mudar para fontes de energia com zero carbono, as emissões provenientes apenas da produção de aço, cimento, alumínio e

plástico chegará, cumulativamente, a 649 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> até 2100. Isso excede o orçamento restante de carbono para a indústria e as emissões energéticas de 420 a 580 bilhões de toneladas consistentes com a meta de 1,5 °C (veja a Figura 2, que mostra o ponto médio desse intervalo). Paralelamente, estima-se que as emissões de GEE provenientes da produção de alimentos também aumentem em 35% até 2050, reduzindo ainda mais as chances de cumprir a meta climática, a menos que intervenções transformadoras sejam implementadas.<sup>vii</sup>

**FIGURA 2: A PRODUÇÃO DE MATERIAIS RESULTARÁ NA EMISSÃO DE 649 BILHÕES DE TONELADAS DE CO<sub>2</sub> ATÉ 2100 MESMO EM UMA SITUAÇÃO QUE INCLUA ENERGIA RENOVÁVEL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**



Fonte: Tong, D. et al. *Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5 °C climate target*, Nature **572**, 373-377 (2019); Material Economics, *The Circular Economy - A Powerful Force for Climate Mitigation* (2018)

**Abordar o problema das emissões na indústria e no sistema de alimentos é um desafio especialmente complexo.** Na indústria, a crescente demanda por materiais junto a uma taxa de lenta adoção de energia elétrica renovável e melhorias de processo incrementais tornam particularmente difícil alcançar emissões líquidas zero até 2050.<sup>17</sup> No sistema de alimentos, também será desafiador reduzir significativamente as emissões e será necessário mudar os hábitos

de consumo de bilhões de pessoas, mudar os hábitos de produção de centenas de milhões de produtores e descarbonizar cadeias de suprimentos de alimentos longas e complexas. Isso faz das emissões do sistema de alimentos e da indústria o principal obstáculo para alcançar emissões líquidas zero em geral.<sup>18</sup> Portanto, encontrar soluções que sejam capazes de cortar essas emissões difíceis de reduzir será crítico para atingir as metas climáticas.

vi O aumento da demanda global de alimentos deriva da estimativa de desenvolvimento na cesta de alimentos (ajustada para o ano-base) da FAO, que não pressupõe mudanças de dieta.  
 vii Isso se baseia no aumento projetado na produção de alimentos (42%, 2013-50) e leva em consideração as melhorias projetadas para a produtividade agrícola. Ellen MacArthur Foundation, *Cities and circular economy for food: technical appendix* (2019)



## 2

# A economia circular cumpre um papel importante no esforço para alcançar metas climáticas

**A economia circular complementa o que é necessário para enfrentar a crise climática. Ela oferece uma abordagem que não é apenas alimentada pela energia renovável, mas também transforma a forma como os produtos são projetados e utilizados. Esse modelo corta as emissões de GEE em toda a economia por meio de estratégias que reduzem emissões nas cadeias de suprimentos, retêm energia incorporada aos produtos e sequestram carbono do solo e dos produtos.**

**Para alcançar as metas climáticas, será necessária uma mudança fundamental na forma como a economia funciona e gera valor.** Será necessário mudar do modelo linear que se baseia em extrair-

-produzir-desperdiçar para uma economia projetada para ser regenerativa. Em uma economia assim, os sistemas naturais são regenerados, a energia vem de fontes renováveis, os materiais são seguros e provenientes cada vez mais de fontes renováveis e o resíduo é evitado por meio do design superior de materiais, produtos e modelos de negócios. Uma economia circular oferece uma forma positiva de redefinir a criação de valor para focar nos benefícios para toda a sociedade. Ela aborda as deficiências do sistema atual ao criar novas oportunidades para negócios e para a sociedade. Os princípios da economia circular representam oportunidades únicas para ajudar a enfrentar a crise climática ao reduzir as emissões de GEE junto às cadeias de suprimentos, preservar a energia incorporada aos produtos e ma-

teriais e aumentar a captura de carbono por meio da regeneração de sistemas naturais. Relatórios anteriores feitos pela Fundação Ellen MacArthur mostraram que na Europa, na Índia e na China, uma economia circular poderia reduzir as emissões de GEE de 22 a 44% em 2050 em comparação ao caminho de desenvolvimento atual, se implementada em setores como ambiente construído, mobilidade, alimentos, componentes eletrônicos e produtos têxteis.<sup>viii</sup>

**Além de reduzir as emissões de GEE, uma economia circular oferece uma ampla gama de benefícios para o sistema.** A economia circular representa uma oportunidade econômica de trilhões de dólares que melhora o acesso a bens, aprimora a conectividade e a mobilidade e diminui a poluição do ar. Ao conquistar tudo isso, respondemos a outros grandes desafios de nossa época, incluindo a perda de biodiversidade, a escassez de recursos, os resíduos e a poluição. Portanto, a economia circular age como um mecanismo de entrega de vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. De fato, ao contribuir para consumo e produção responsáveis (ODS12) e desenvolver sistemas de alimentos inteligentes quanto a recursos, a economia circular ajuda a alcançar pelo menos 12 dos 17 ODS definidos na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da ONU.<sup>19</sup>

## 2.1 O QUE É A ECONOMIA CIRCULAR?

**A economia circular é uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento econômico projetado para beneficiar os negócios, a sociedade e o meio ambiente.** Uma economia circular tem como objetivo desassociar o crescimento econômico do consumo de recursos finitos e criar capital econômico, natural e social. Apoiado por uma transição para fontes de energia renováveis e pelo aumento do uso de materiais renováveis, o conceito reconhece a importância de uma economia que funcione com eficiência em todas as escalas. Isso mostra a necessidade de colaboração e participação ativa entre os pequenos e os grandes negócios e de países e cidades com as comunidades locais e as pessoas que lá estão. Esse tipo de economia distribuída, diversa e inclusiva estará mais bem posicionada para criar e compartilhar os benefícios de uma economia circular.

### Ela se baseia em três princípios:



**Eliminar resíduos e poluição**



**Manter produtos e materiais em uso**

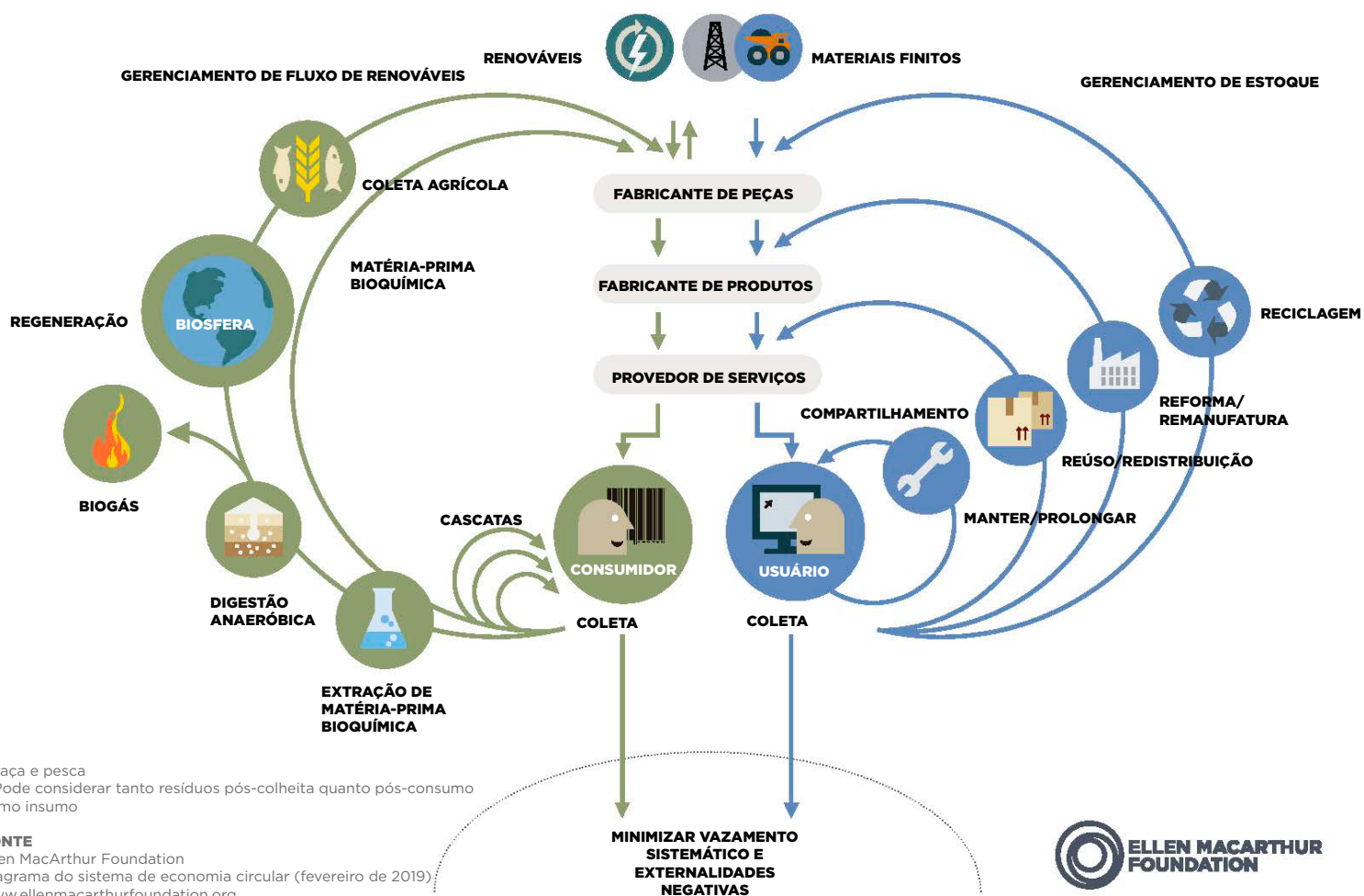


**Regenerar sistemas naturais**

**O modelo distingue ciclos biológicos e técnicos** (veja a Figura 3). Em ciclos biológicos, os alimentos e materiais de base biológica (como algodão ou madeira) retornam ao sistema por meio de processos como compostagem e digestão anaeróbica. Esses ciclos regeneram sistemas vivos (como o solo), que fornecem recursos renováveis à economia. Os ciclos técnicos recuperam e restauram produtos, componentes e materiais por meio de estratégias como reutilização, reparo, remanufatura ou (como último recurso) reciclagem. A tecnologia digital tem o poder de apoiar a transição para uma economia circular por meio do aumento significativo da virtualização, desmaterialização, transparência e inteligência orientada por feedback.

<sup>viii</sup> As descobertas foram modeladas pela Fundação Ellen MacArthur para a Europa, Índia e China. Esses relatórios não apenas analisaram oportunidades de economia circular que diminuem a demanda por material, mas também consideraram aquelas que diminuem diretamente a demanda por energia e estimulam o uso de renováveis. Ellen MacArthur Foundation, SUN, e McKinsey Center for Business and Environment, Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015); Ellen MacArthur Foundation, Circular economy in India: rethinking growth for long-term prosperity (2016); Ellen MacArthur Foundation e Arup, The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China (2018)

FIGURA 3: DIAGRAMA DO SISTEMA DE ECONOMIA CIRCULAR



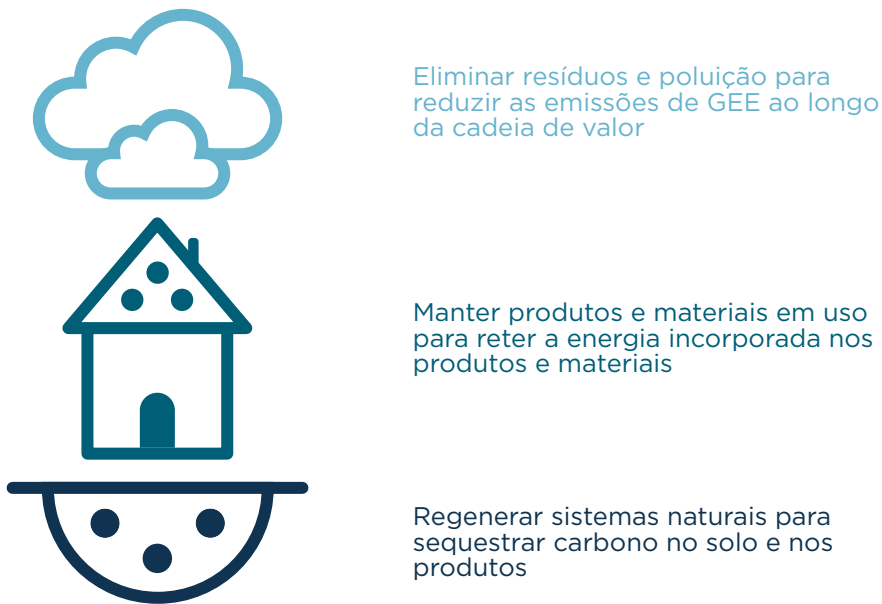
1 Caça e pesca  
 2 Pode considerar tanto resíduos pós-colheita quanto pós-consumo como insumo

**FONTE**

Ellen MacArthur Foundation  
 Diagrama do sistema de economia circular (fevereiro de 2019);  
[www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org)  
 Desenho baseado em Braungart & McDonough,  
 Cradle to Cradle (C2C)

## 2.2 COMO A ECONOMIA CIRCULAR REDUZ AS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA?

Aplicar os princípios da economia circular para transformar a forma como bens e materiais são produzidos e utilizados na economia proporcionaria enorme potencial para reduzir as emissões de GEE. Eles podem ser resumidos da seguinte maneira:



Dentro dos três princípios da economia circular há um conjunto de estratégias fundamentais para revelar o potencial de redução de emissões. A seção a seguir apresenta as estratégias detalhadamente, explicando o que as torna circulares e como elas contribuem para a redução das emissões de GEE.

## 1/ ELIMINAR RESÍDUOS E POLUIÇÃO

**A economia circular é um modelo para prevenção de impactos negativos da atividade econômica antes que eles surjam. Tais impactos levam à perda de recursos valiosos e prejudicam a saúde humana e os sistemas naturais. As emissões de GEE estão entre os efeitos negativos que seriam eliminados nesse sistema. Outros incluem a poluição do ar, da terra e da água e a subutilização de ativos como edifícios e carros. Neste princípio, há três estratégias fundamentais que servem para reduzir as emissões de GEE.**



### DESIGN PARA CIRCULARIDADE

O design desempenha um papel fundamental para facilitar qualquer ambição da economia circular. Para evitar os impactos negativos, é essencial garantir que produtos e materiais sejam projetados, desde o início, para permanecer em uso e/ou regenerar sistemas naturais. Por exemplo, quando o assunto é alimentos, pensar em refeições e produtos que utilizam excedentes ou coprodutos pode ajudar a garantir que não haja desperdício ou resíduos e que a energia incorporada dos alimentos seja conservada. No caso de embalagens de plástico, se o design de frascos e o modelo de refil forem aplicados nas áreas de beleza, cuidados pessoais e limpeza doméstica, as emissões de GEE provenientes de embalagens e transporte seriam reduzidas de 80 a 85% em comparação à utilização de frascos de uso único.<sup>20</sup> Entretanto, muitos produtos contêm materiais ou ingredientes que as tornam (ou seus coprodutos) inseguros para o reuso como insumos para novos ciclos. Esses materiais ou ingredientes precisam ser eliminados desde o princípio. Para permitir uma maior utilização e circulação de produtos, componentes e materiais, os princípios da economia circular devem ser integrados no estágio de design para desenvolver novos modelos de negócios de economia circular. Essa abordagem exige que os produtos sejam projetados, por exemplo, pensando-se na desmontagem, modularidade, reparos, flexibilidade, reciclagem ou compostagem, tornando possível, assim, o reuso, a reforma, a remanufatura e a regeneração.



### ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS

O design pode ter um papel importante na eliminação de resíduos. Projetos que visam a eficiência do material podem reduzir o uso de matéria-prima, ao passo que os que visam a otimização das cadeias de suprimentos podem reduzir a geração de resíduos. Ambas as medidas oferecem formas eficazes de diminuir a quantidade de energia e materiais usados por dólar do PIB. Para produtos e ativos, uma abordagem possível é minimizar os resíduos provenientes do excesso de especificação.<sup>ix</sup> Atualmente, em projetos de construção, cerca de 35% a 45% de aço é utilizado a mais do que o estritamente necessário.<sup>21</sup> Também há oportunidades de redução de resíduos na personalização de produtos para que se ajustem melhor aos usos específicos. Por exemplo, um carro europeu médio fica estacionado 92% do tempo e, quando é utilizado, somente 1,5 de seus 5 assentos é ocupado.<sup>22</sup> Para melhorar o uso, os ativos e modelos de negócios devem ser projetados para se adequar ao seu propósito. Por exemplo, muitos dos carros em frotas de veículos compartilhados podem não precisar ter capacidade para quatro pessoas. Carros menores, para viagens na cidade com um ou dois passageiros, podem ser suficientes para realizar o serviço. Além dos produtos, o desperdício também pode ser eliminado dos sistemas. Quando se trata de cadeias de suprimentos, a geração de resíduos pode ser minimizada por meio da redução da quantidade de material perdido durante a produção. Por exemplo, metade do alumínio produzido anualmente não chega ao produto final. Em vez disso, torna-se resíduo, ao passo que cerca de 15% dos materiais de construção são desperdiçados. Quanto aos resíduos alimentares atuais, uma em cada quatro calorias de alimento destinada a pessoas não é consumida. Em outras palavras, 24% das calorias de alimentos produzidas para o consumo humano são perdidas ou desperdiçadas ao longo da cadeia de suprimentos.<sup>23</sup> Medidas e tecnologias emergentes, como otimização de processos e impressão 3D, podem ser aplicadas para reduzir a geração de resíduos durante a produção. Cortar esses resíduos também teria efeito sobre a redução das emissões de GEE.

ix Um motivo importante para o excesso de especificação foi atribuído à racionalização, isto é, o fornecimento de material extra para reduzir os custos de mão de obra. As preocupações com custos e o foco em tornar os processos mais eficientes, por exemplo, levaram à reutilização de designs específicos em áreas diferentes, em que a mesma quantidade de material pode não ter sido necessária. Moynihan, M. J., and Allwood, M., Utilization of structural steel in buildings in 'Proceedings: mathematical, physical, and engineering sciences (2015)



## SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAIS

A substituição de materiais se refere ao uso de materiais renováveis, com baixo teor de carbono, ou materiais secundários como insumos alternativos para uma nova produção. Eles têm a mesma função, mas contribuem para diminuir as emissões. O uso de materiais renováveis pode ser especialmente interessante para substituir insumos cujas emissões são difíceis de reduzir. Isso pode oferecer oportunidades para prender o carbono nos produtos e agir como sumidouros de carbono. Por exemplo, demonstrou-se que alguns bioplásticos têm potencial negativo de emissões com -2,2 kg de CO<sub>2</sub>e por kg de biopolietileno produzido, comparado a 1,8 kg de CO<sub>2</sub>e por kg de polietileno de fontes fósseis produzido.<sup>24</sup> Ao utilizar materiais renováveis, como a madeira, é fundamental garantir que sejam provenientes de plantações com manejo sustentável, pois a extração de madeira ilegal destrói permanentemente vastos sumidouros de carbono naturais e a biodiversidade associada a eles, que não são fáceis de recuperar.<sup>25</sup> Além disso, usar produtos de madeira coletada de forma não sustentável causa mais prejuízo ao meio ambiente do que benefícios relacionados ao uso de materiais com baixo teor de carbono em edifícios.<sup>26</sup> Um bom exemplo de material renovável que cresce rapidamente é o bambu. Tanto os produtos de bambu de longa duração quanto a biomassa viva têm o potencial de sequestrar 2,6 toneladas de carbono por acre anualmente, oferecendo a resistência à compressão do concreto e a tração do aço.<sup>27</sup> Novas tecnologias de madeira são outro exemplo. Elas oferecem o potencial de sequestrar carbono e de economizar 62% de materiais minerais usados em edifícios ao mesmo tempo em que têm o potencial de sequestrar carbono.<sup>28</sup>

Além das energias renováveis, outras opções de substituição de material com baixo teor de carbono podem ser consideradas, como o uso de materiais secundários (por exemplo, reciclados), materiais de alto desempenho que reduzem os requisitos de suprimento de material virgem ou materiais com propriedades que permitem o reúso (por exemplo, reciclabilidade, durabilidade). Por exemplo: embora o cimento represente apenas de 7% a 20% do concreto, na perspectiva das emissões ele é o principal elemento, com 95% ou mais da pegada de carbono.<sup>29</sup> A princípio, é possível substituir até cerca de 50% de clínquer (aglutinante) necessário para fazer cimento com materiais de enchimento avançado que emitem menos CO<sub>2</sub> e têm o mesmo desempenho.<sup>30</sup> Quando se trata de alimentos, a

seleção e o uso de ingredientes que emitem menos carbono em sua produção (como vegetais, em vez de produtos animais) ou, melhor ainda, que sequestram carbono (culturas perenes vs. culturas anuais) podem representar um maior leque de escolhas entre refeições e produtos com teor de carbono baixo ou nulo ou que capturam carbono.

## 2/ MANTER PRODUTOS E MATERIAIS EM USO

**A economia circular favorece atividades que preservam o valor na forma de energia, mão de obra e materiais. Isso significa projetar para durabilidade, reúso, remanufatura e reciclagem para manter produtos, componentes e materiais circulando na economia. Os sistemas circulares fazem uso efetivo de materiais biológicos incentivando muitos usos diferentes antes que os nutrientes sejam retornados com segurança aos sistemas naturais. Essa estrutura oferece duas estratégias-chave cujo principal resultado é a preservação da energia incorporada aos produtos e materiais:**



### REÚSO DE PRODUTOS E COMPONENTES

Medidas de reúso têm um propósito que é conservar a energia incorporada e outros recursos valiosos usados para fabricar produtos, componentes e materiais. Quanto mais um produto é utilizado, maior será a economia em termos de recursos que já estão incorporados ao produto, como materiais, mão de obra, energia e capital. Além disso, ao manter produtos e materiais em uso, as emissões de GEE associadas à produção de novos materiais e ao tratamento de fim de vida são evitados. Dessa forma, os modelos de negócio baseados em reúso não apenas exigem menor suprimento de material, como também emitem menos GEEs para atingir o mesmo benefício para a sociedade. Por exemplo, um frasco de shampoo Splosh que pode ser reutilizado mais de 20 vezes diminui o uso de material em mais de 95% e, como consequência direta, reduz drasticamente a energia necessária para a produção de embalagens.<sup>31</sup> Quanto ao vestuário, duplicar o número de vezes que os itens são utilizados tem o potencial de evitar 44% das emissões de GEE, pois impede o descarte de roupas que ainda têm valor.<sup>32</sup> No caso da instalação Choisy-le-Roi da Renault, onde ocorre a remanufatura de peças sobressalentes, a economia total de energia chega a 80% como resultado de evitar produção e tratamento no fim de vida (como a incineração).<sup>33</sup>



### RECIRCULAÇÃO DE MATERIAIS

A recirculação se refere à reciclagem de materiais nos ciclos técnico e biológico. As emissões de GEE são reduzidas ao impedir a produção de novos materiais virgens e o tratamento de fim de vida, como incineração e aterramento. Além disso, embora as medidas que aumentam o uso dos produtos e estendem sua vida útil contribuam ao máximo para a retenção da energia incorporada, as atividades de reciclagem, que liberam energia ainda, ainda exigem muito menos suprimento de energia do que a produção de materiais virgens. A reciclagem do aço, por exemplo, usa entre 10 e 15% da energia necessária para a produção de aço primário.<sup>34</sup> No caso do plástico, reciclar uma tonelada pode reduzir as emissões de 1,1 a 3 toneladas de CO<sub>2</sub>e comparado à produção da mesma tonelada de plástico a partir de matéria-prima fóssil virgem.<sup>35</sup> Portanto, a reciclagem diminui as emissões provenientes não somente do uso de energia, mas também dos processos de produção, que estão entre as emissões mais difíceis de tratar. Além disso, é mais fácil usar a eletricidade e outras fontes de energia com baixo teor de carbono para promover a reciclagem em comparação à produção de novos materiais. Assim, a prática se alinha à meta da economia com carbono líquido zero. No sistema de alimentos, recircular materiais significa valorizar recursos orgânicos descartados, como coprodutos de alimentos e resíduos alimentares inevitáveis, reaproveitando-os como matéria-prima para a bioeconomia circular. A eficiência do sistema de coleta e a pureza dos fluxos de resíduos são um determinante fundamental do tipo de produto novo que pode ser produzido. Os fluxos de resíduos mais puros podem ser transformados em novos materiais estruturais, têxteis ou até mesmo novos produtos alimentícios. Fluxos de resíduos mais misturados podem ser compostados ou passar por digestão anaeróbica para produzir energia e produtos fertilizantes para o solo. Esses processos de transformação que agregam valor evitam emissões diretas de GEE de aterros e do uso de energia associado à produção de materiais renováveis. Quando os produtos valorizados são compostados ou retornam ao solo de outra maneira, eles também contribuem para a regeneração de sistemas naturais.

## 3/ REGENERAR SISTEMAS NATURAIS

**A economia circular favorece o uso de recursos renováveis e busca melhorar os sistemas naturais retornando nutrientes valiosos para**

**o solo. Essa abordagem regenerativa oferece oportunidades para o sequestro de carbono.**



### AGRICULTURA REGENERATIVA

Agricultura regenerativa se refere a abordagens de produção agrária e pecuária que melhoram a saúde do ecossistema natural ao redor. Os métodos de agricultura regenerativa não só reduzem as emissões de GEE como também sequestram carbono no solo e na matéria vegetal. Os principais mecanismos para revelar o potencial da agricultura regenerativa são a diminuição da perturbação do solo e o aumento do teor de carbono do solo. A agricultura regenerativa gera uma cascata de benefícios sistêmicos, como aprimorar a estrutura do solo para possibilitar um melhor armazenamento de água e proporcionar solos biologicamente mais ativos, que geram sua própria fertilidade, sem precisar de insumos sintéticos. Exemplos de práticas regenerativas incluem o uso de fertilizantes orgânicos, plantação de culturas de cobertura, emprego da rotação de culturas, diminuição do plantio direto e cultivo de mais tipos de cultura, a fim de promover a agrobiodiversidade. Todos os tipos de atividade agropecuária, como agroecologia, pasto rotativo, agrossilvicultura, sistemas silvopastoris e permacultura se encaixam nessa definição.

Combinadas, essas estratégias de economia circular representam um conjunto de oportunidades que podem ser aplicadas à economia mais ampla para ajudar a enfrentar as mudanças climáticas. Para ilustrar como tais estratégias podem reduzir significativamente as emissões, as seções a seguir demonstram a oportunidade para dois setores com emissões difíceis de combater: a indústria e o sistema de alimentos.





### 3

## A oportunidade da economia circular para a indústria

**A economia circular pode reduzir as emissões globais de CO<sub>2</sub> provenientes de cimento, aço, plástico e alumínio em 40% ou 3,7 bilhões de toneladas em 2050, atingindo quase metade da meta de emissão zero. Essa oportunidade é o resultado de um melhor uso dos produtos e materiais em setores importantes, como mobilidade e ambiente construído. Essas soluções são econômicas e oferecem benefícios a todo o sistema.**

**A indústria é responsável por cerca de 21% das emissões gerais globais de CO<sub>2</sub>.**<sup>36</sup> A produção de quatro materiais (cimento, aço, plástico e alumínio) representa 60% dessas emissões. Pode-se dizer que o uso desses materiais em edifícios e carros de passeio representa 73% das emissões provenientes da produção desses quatro materiais. As principais fontes de CO<sub>2</sub> envolvidas na produção desses materiais incluem processos de alta temperatura,

emissões de produção e emissões de fim de vida.<sup>37</sup> Essas fontes são consideradas difíceis de combater há muito tempo. Ainda não é possível lidar de forma sustentável com os requisitos de altas temperaturas para processos principais de derretimento e modelagem de aço, craqueamento a vapor e produção de clínquer. Embora a eletricidade já seja usada em alguns processos, como reciclagem de aço, na maioria dos casos nenhuma tecnologia ou economia está preparada para isso. As emissões de processos também são desafiadoras porque o carbono não somente é usado para energia como também está inextricavelmente vinculado aos processos atuais de produção, seja como elemento básico de um material (plástico) ou na química do processo de produção (cimento, aço, alumínio). Por fim, atualmente a maior parte dos materiais, com exceção dos metais, é incinerada ao fim de vida, liberando grandes quantidades do carbono que os constituía.

**A economia circular oferece uma oportunidade de enfrentar as emissões que são difíceis de combater e acelerar a transição para uma economia de carbono líquido zero.**

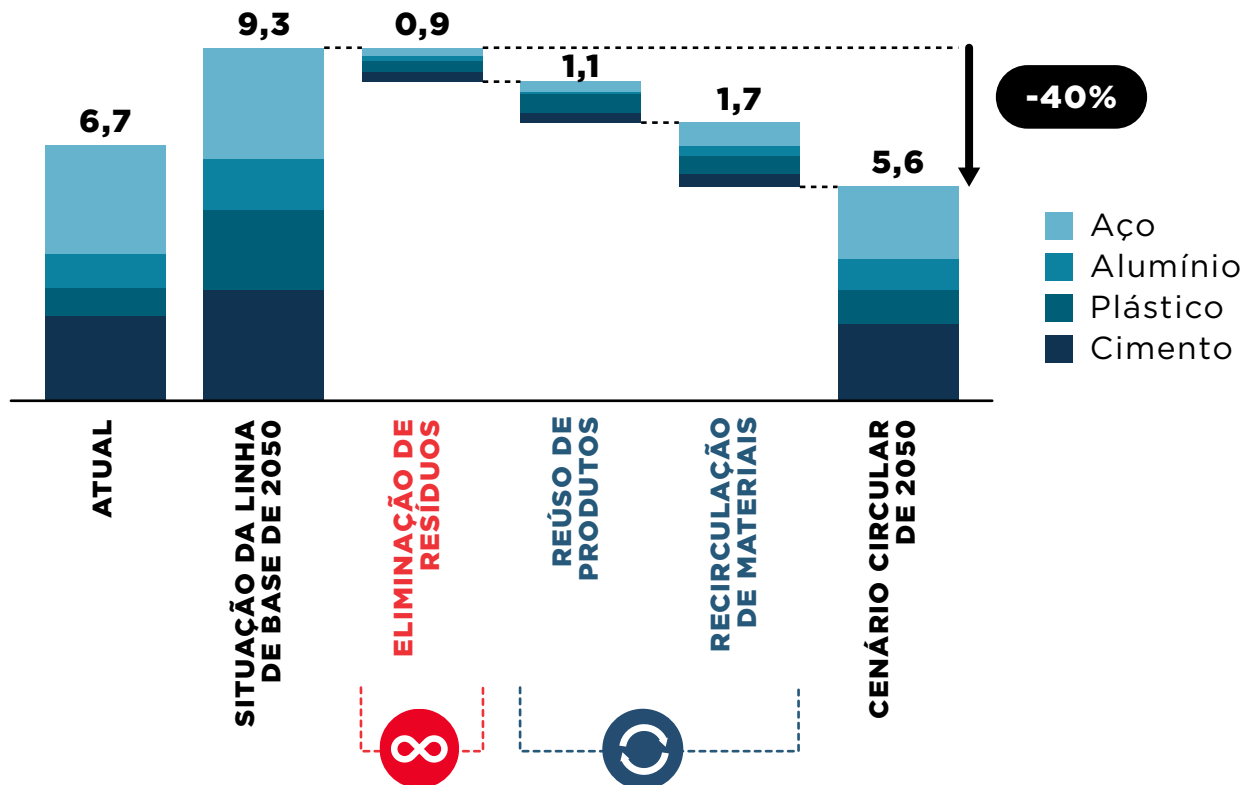
As abordagens circulares mudam as emissões dos processos industriais caros e difíceis de reduzir para atividades que são muito mais fáceis de descarbonizar. Notavelmente, a recirculação desvia as emissões da nova produção e da incineração de fim de vida, eliminando parte das emissões mais difíceis de combater. Os produtos feitos com matéria-prima alternativa, seja renovável ou com baixo teor de carbono, garantem que as emissões sejam evitadas desde o princípio. Além disso, diferente da produção atual de materiais primários, muitos dos processos cruciais para uma economia circular, como remanufatura e reforma, podem ser impulsionados pela eletricidade renovável.

### 3.1. ESTRATÉGIAS DA ECONOMIA CIRCULAR PARA REDUZIR AS EMISSÕES NA INDÚSTRIA

**Uma abordagem de economia circular poderia reduzir as emissões globais de CO<sub>2</sub> provenientes de importantes materiais da indústria em 40% ou 3,7 bilhões de toneladas em 2050.** Os modelos de negócios que mantêm ativos, produtos e componentes em uso ao mesmo tempo em que utilizam os recursos de forma produtiva e eficiente são fundamentais para conquistar essa oportunidade. As duas práticas são apoiadas por dois princípios essenciais da economia circular:

**FIGURA 4: UMA ECONOMIA CIRCULAR PODERIA REDUZIR AS EMISSÕES ANUAIS MUNDIAIS DE CO<sub>2</sub> PROVENIENTES DE IMPORTANTES MATERIAIS DA INDÚSTRIA EM 40% OU 3,7 BILHÕES DE TONELADAS EM 2050**

**Emissões globais de CO<sub>2</sub> provenientes da produção de quatro importantes materiais**  
 Bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano



## ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS

- **Eliminação de resíduos (0,9 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano):** Eliminar a geração de resíduos nas cadeias de valor e no design dos produtos oferece oportunidades para evitar emissões de GEE. O cenário modelado analisa medidas como o design de material eficiente para edifícios, processos de construção industrializada e design para redução de peso de veículos. Juntas, essas estratégias de economia circular reduzem a quantidade de matéria-prima em produtos e ativos e a geração de resíduos durante a construção. Isso oferece a oportunidade de reduzir as emissões mundiais de CO<sub>2</sub> em até 0,9 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2050. Para uma análise mais profunda sobre como essas oportunidades da economia circular se manifestam na mobilidade (veículos de passageiros) e no ambiente construído, consulte os aprofundamentos ao fim deste capítulo.

## MANTER PRODUTOS E MATERIAIS EM USO

- **Reúso de produtos e componentes (1,1 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano):** Modelos de negócios baseados em serviço, como aluguel, compartilhamento e pagamento por uso, podem aumentar a utilização (isto é, intensidade de uso) de produtos e ativos, além de estender a vida útil dos produtos por meio de atividades como reúso, reforma e remanufatura. Ao manter na economia produtos e componentes em uso no seu mais alto valor e utilidade, a energia incorporada é preservada por mais tempo. Além disso, a necessidade de nova produção e de tratamento de fim de vida é reduzida. Isso reduz significativamente as emissões de GEE que, caso contrário, teriam vindo da fabricação de novos produtos. Modelar essa oportunidade mostrou que as emissões mundiais poderiam ser reduzidas em 1,1 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2050 devido a uma diminuição na quantidade necessária de cimento, aço, plástico e alumínio. Para uma análise mais profunda sobre como essas oportunidades da economia circular se manifestam na mobilidade (veículos de passageiros) e no ambiente construído, consulte os aprofundamentos ao fim deste capítulo.
- **Recirculação de materiais (1,7 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano):**<sup>x</sup> O cenário da economia circular também explora as oportunidades de novos modelos de negócios que estimulam

as atividades de coleta, classificação e reciclagem. O cenário prevê um aumento nas taxas de reciclagem e na qualidade de suprimentos/ produtos. Também prevê um aumento na demanda por materiais reciclados, contribuindo para uma absorção acelerada de materiais reciclados e um aumento nas economias de escala. Por meio de atividades de reciclagem, as emissões provenientes da produção e da incineração de fim de vida seriam evitadas ao remover a necessidade da produção de novos materiais e usar instalações com menor consumo de energia em comparação à produção de materiais virgens. Nesse caso, algumas das emissões mais difíceis de combater seriam evitadas. Atingir a oportunidade modelada exigiria diferentes medidas para aço, cimento, plástico e alumínio. Para o aço, a reciclagem já está bem estabelecida, com um processo amplamente eletrificado. No entanto, os processos atuais de design de produto, desmontagem no fim de vida e manuseio da sucata estão poluindo e degradando a qualidade do aço. O aumento das taxas de reciclagem exigiria, portanto, medidas que impedissem a desclassificação do estoque de aço. Para plástico, o aumento das taxas de reciclagem pode ser acionado com a melhoria da absorção e qualidade. As principais medidas incluem aprimorar os processos de reciclagem, coleta e triagem, além da redução da contaminação de fluxos de reciclagem e explorar o potencial da reciclagem química no upcycling para um material de qualidade equivalente ao material virgem. Para cimento, o reúso de "finos" de concreto (partículas de diâmetro pequeno) como substitutos de cimento novo pode reduzir as emissões do processo. Também é possível recuperar um pouco de cimento que não reagiu do concreto existente e usá-lo no lugar de cimento novo. Outras alternativas incluem o uso de cinzas volantes, escória de alto forno e argilas calcinadas.<sup>38</sup> Para alumínio, menos vazamento e mistura de diferentes ligas serão cruciais. Os modelos para abraçar oportunidades de economia circular como essas demonstraram que as emissões mundiais de CO<sub>2</sub> poderiam ser reduzidas em até 1,7 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2050. Da total produzido, isso exigiria um aumento na produção secundária de 48% para aço, 48% para alumínio e 18% para cimento,<sup>xi</sup> bem como um aumento na taxa de reciclagem mecânica e química de 28% e 21% para plástico no fim da vida útil.

x O valor de 1,7 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano também inclui o impacto de substituir uma parte do plástico por materiais alternativos com baixa emissão de CO<sub>2</sub>, por exemplo, a substituição de plástico por biomateriais nas embalagens.

xi Não é tão fácil reciclar o cimento, mas é possível reutilizar uma parte do cimento que não reagiu.

## 3.2 INTERVENÇÕES ADICIONAIS SERÃO NECESSÁRIAS PARA REDUZIR AINDA MAIS AS EMISSÕES DA INDÚSTRIA

**Embora uma transição para a economia circular dos principais materiais da indústria possa reduzir as emissões mundiais em 40% em 2050, serão necessárias medidas adicionais para fechar a lacuna restante de emissões.**

Isso inclui medidas como processos industriais inovadores e captura e armazenamento/uso de carbono (CCS/U).<sup>39</sup> Por exemplo, novos processos industriais de baixas emissões contribuirão para a redução de emissões ao alterar fundamentalmente os processos de produção e as matérias-primas subjacentes. O objetivo é eliminar os combustíveis fósseis desde o início e substituí-los por fontes renováveis, como eletricidade descarbonizada, hidrogênio e biomassa. O restante da lacuna de emissões não pode ser resolvido por meio de melhorias na produtividade dos materiais e as tecnologias de energia renovável, medidas de economia não circular, como captura de carbono e armazenamento permanente, podem desempenhar um papel importante na captura do CO<sub>2</sub> restante proveniente da produção, da produção de matéria-prima ou de emissões de fim de vida útil. Essas abordagens têm a oportunidade de capturar até 90% das emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da queima de combustíveis fósseis. Também foram investigadas oportunidades em que o carbono de captura é reintroduzido como matéria-prima na produção de, por exemplo, produtos químicos para a fabricação de novos materiais. Em uma economia líquida zero, o CCS/U precisaria fornecer certeza equivalente de que o carbono não seria emitido como CO<sub>2</sub>. No entanto, o CCS/U enfrenta desafios-chave, que incluem a aceitação social, altos custos, necessidade de grandes demonstrações em campo, acesso a infraestrutura adequada e extensiva de armazenamento e transporte e expansão da tecnologia em um nível elevado o suficiente para enfrentar os desafios climáticos.

**Para obter uma economia líquida zero de fato, as oportunidades de economia circular precisarão ser complementadas por uma transição para processos de produção limpos.**

No entanto, há uma necessidade de inovação e investimento substanciais antes que o aço, alumínio, plástico e outros materiais com zero carbono sejam disponibilizados. Ao reduzir a quantidade de novos materiais necessários, uma economia mais circular faz um movimento importante para enfrentar esse desafio. Nesse

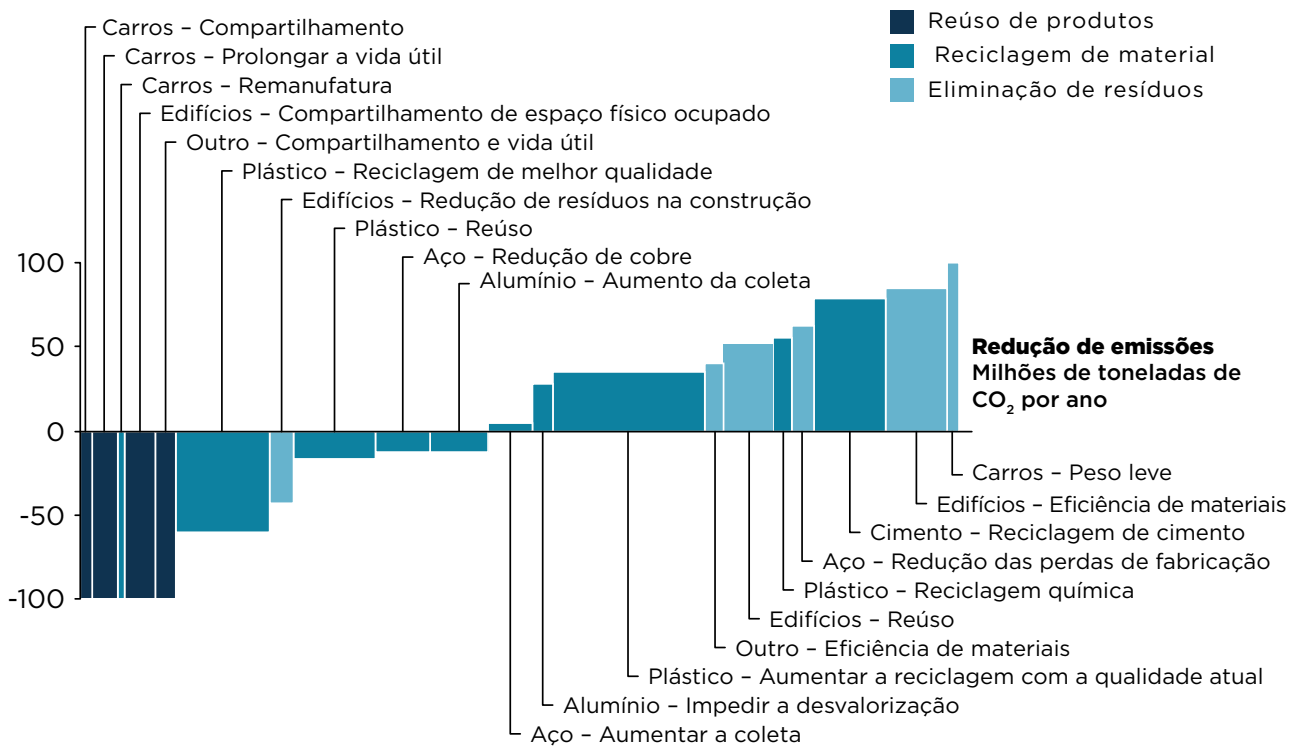
sentido, uma economia circular desempenha, na indústria, um papel semelhante ao que a eficiência energética desempenha na transição energética. Ao reduzir as emissões no lado da demanda, o desafio da transição no lado do suprimento é muito menor. Isso pode ajudar a acelerar a transição e ao mesmo tempo reduzir o nível de investimento.

## 3.3 A ABORDAGEM DA ECONOMIA CIRCULAR É RENTÁVEL

**Uma economia circular oferece formas rentáveis de alcançar os significativos cortes de emissões modelados abaixo.** Esses benefícios de custo são possíveis ao garantir que produtos e materiais não sejam desperdiçados, e que a perda de valor seja minimizada em toda a cadeia de valor. Por exemplo, no sistema atual, 95% do valor do material em embalagens plásticas, ou de US\$ 80 bilhões a US\$ 120 bilhões são perdidos anualmente para a economia mundial após um breve primeiro uso.<sup>40</sup> Um sistema circular, capaz de reutilizar uma parcela maior desse material, impediria essa perda econômica, o que pode ser vantajoso para o fabricante e para o usuário. Além disso, como a eficiência energética, as soluções de economia circular costumam ser altamente econômicas comparadas ao corte de emissões de GEE por meio de tecnologias emergentes que ainda são caras e não foram testadas. Consulte a Figura 5 para obter uma curva de custo de redução de CO<sub>2</sub> que ilustra o potencial de várias oportunidades de economia circular. Medidas de economia circular, como o compartilhamento de modelos de negócios, designs duráveis e reciclagem de alta qualidade, podem até ter o potencial de chegar ao custo líquido zero. Em alguns casos. Para medidas como reciclagem, as emissões podem cortar os custos de redução, frequentemente para menos de 50 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>. Em comparação, muitas medidas necessárias para a produção de materiais com zero carbono custam mais de US\$ 100 por tonelada de CO<sub>2</sub> para serem implementadas.

**FIGURA 5: POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÕES A PARTIR DOS MODELOS DE NEGÓCIOS DA ECONOMIA CIRCULAR<sup>xii</sup>**

**Custo da redução de emissões**  
 Euro por tonelada de CO<sub>2</sub>



Fonte: Material Economics, "The Circular Economy - A Powerful Force for Climate Mitigation" (2018)

**Algumas das opções mais atraentes economicamente podem ser encontradas nas estratégias de economia circular que se concentram em aumentar a utilização e a vida útil dos produtos.**

Uma razão para os baixos custos são as grandes melhorias de produtividade de alguns sistemas de economia circular. Isso ocorre porque elas envolvem grandes melhorias sistêmicas para aumentar a produtividade nas cadeias de valor. Por exemplo, um sistema de mobilidade circular e compartilhado poderia reduzir o custo de viagem em até 70%.<sup>41</sup> Os veículos compartilhados projetados para serem otimizados para uso intensivo e terem vida útil mais longa podem precisar de investimentos iniciais mais altos, mas distribuiriam o custo dos carros por um número muito maior de quilômetros, resultando em custos muito mais baixos em longo prazo. O uso de materiais é reduzido como consequência de um uso muito mais produtivo dos recursos.

**Quando se trata de medidas de eficiência de materiais, usar menos materiais pode significar a necessidade de matéria-prima alternativa, o que pode exigir custos mais altos de investimento.**

Custos de investimento mais altos podem, por exemplo, surgir do aumento da oferta de mão de obra, aumento de estoque, custos de logística etc. Por exemplo, otimizar elementos de concreto ou vigas de aço para reduzir o uso total de materiais geralmente tem o custo de maior complexidade e coordenação, além da necessidade de maior pré-fabricação. No entanto, em geral, o custo dessa oportunidade é mais baixo do que o de muitas oportunidades de produção baixa em carbono.<sup>42</sup> Quando se trata de desassociar a geração de resíduos da produção e da construção, os avanços tecnológicos podem reduzir drasticamente o custo da redução de resíduos. Um exemplo proeminente são os métodos de fabricação "aditivos", como a impressão 3D, que é capaz de quase eliminar o resíduo da produção.

xii Essa curva de custo é indicativa, tem muitas incertezas, e deve ser acompanhada com uma análise mais profunda para melhorar as estimativas.

**Para a recirculação do material, a atratividade econômica da reciclagem dependerá amplamente do potencial de escala e da capacidade de reter o valor original do material.** Será necessário reduzir o custo da coleta, desenvolver novos mercados, criar economias de escala e preservar o valor dos materiais secundários produzidos. Sob tais circunstâncias, a reciclagem de plásticos pode, por exemplo, tornar-se rentável e decolar em maior escala.

### 3.4 A ABORDAGEM OFERECE BENEFÍCIOS PARA TODO O SISTEMA

**Benefícios adicionais para a sociedade também são obtidos com a implementação de uma economia circular.** Além de reduzir significativamente as emissões de GEE, as estratégias de economia circular também apresentam oportunidades econômicas e uma ampla gama de benefícios para a sociedade e o meio ambiente. Para as pessoas, uma economia circular poderia reduzir o custo do acesso a bens e serviços. Reduções de custos são obtidas, por exemplo, por meio da oferta de novos modelos de negócios que favorecem o acesso em vez da propriedade, substituindo suprimentos de materiais primários por secundários e utilizando a tecnologia digital para lidar com o desperdício estrutural nas cadeias de suprimentos. Os custos operacionais por veículo-km são reduzidos pela melhor utilização dos veículos, com opções convenientes de transporte público e plataformas de compartilhamento, além da introdução de veículos mais eficientes em termos de eletricidade e material na frota. Além da economia de custos, os benefícios dessas oportunidades são amplos. Por exemplo, sistemas multimodais compartilhados podem reduzir o congestionamento e o tempo de viagem. Uma economia de compartilhamento viabilizada pela digitalização poderia oferecer aos residentes maior conectividade e melhor acesso a alimentos, bens e serviços. Em suma, uma economia circular oferece a oportunidade de desassociar gradualmente a atividade econômica do consumo de recursos, proporcionando maior prosperidade e melhor qualidade de vida dentro dos limites do planeta.

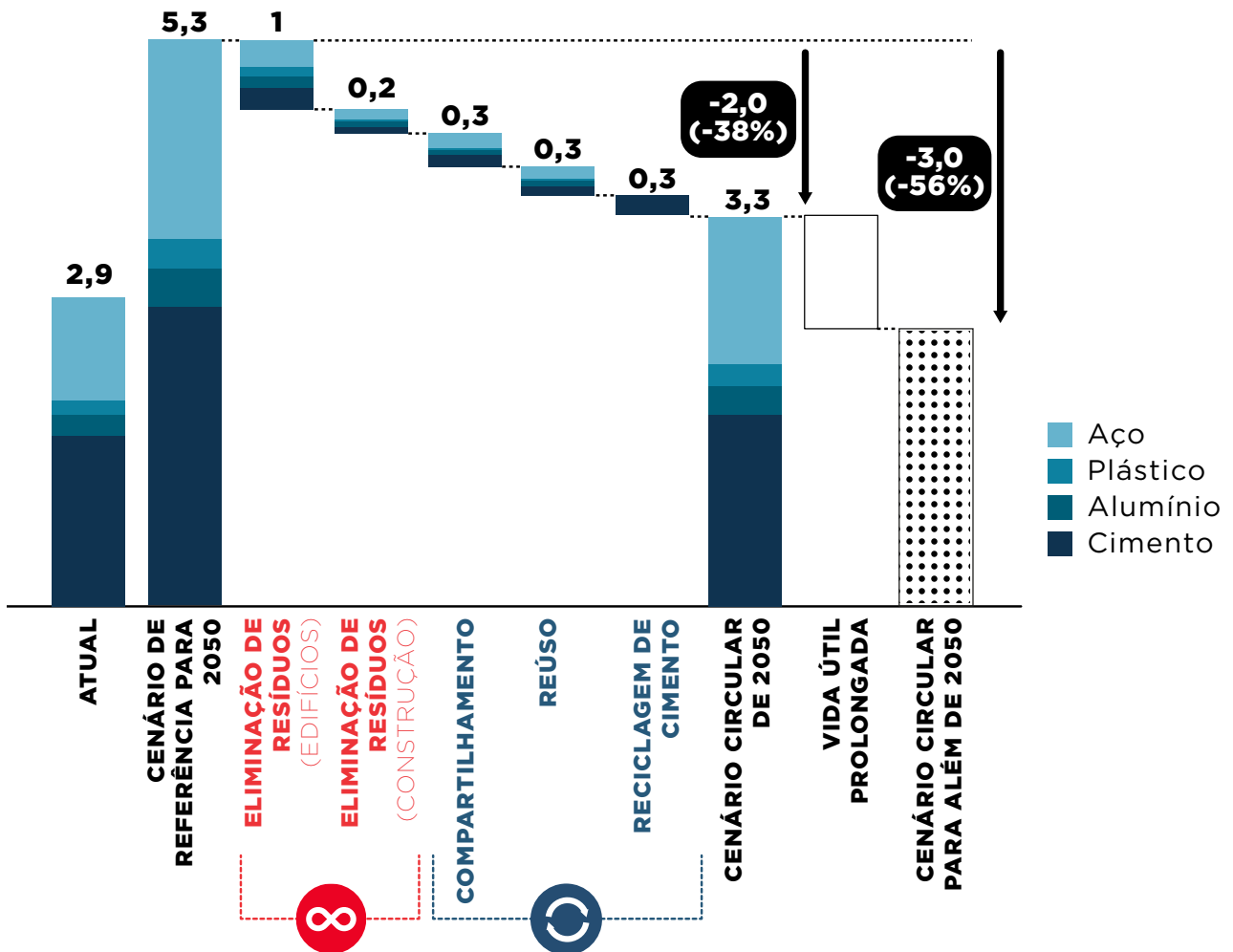
**Esses benefícios em todo o sistema tornam a economia circular um importante mecanismo de entrega para os objetivos globais.** Os 17 SDGs são abrangentes e interdependentes. Vários órgãos observaram que uma economia circular é essencial para alcançar o SDG12 (consumo e produção responsáveis), e que o sucesso nessa área trará benefícios para os SDGs mais amplos e poderá ajudar a mitigar muitas contrapartidas.<sup>43</sup> Isso representa um argumento convincente para ver a economia circular não apenas como uma opção a ser considerada na questão do cumprimento das metas climáticas, mas também como uma parte inestimável da transformação necessária para um futuro próspero e sustentável.

Na seção a seguir, dois aprofundamentos sobre mobilidade e ambiente construído ilustram detalhadamente como as oportunidades de economia circular modeladas para reduzir as emissões se manifestam.

# Aprofundamento: a oportunidade para o ambiente construído

**FIGURA 6: UMA SITUAÇÃO CIRCULAR PARA O AMBIENTE CONSTRUÍDO PODERIA REDUZIR AS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> EM 38% EM 2050 (OU 56% PARA ALÉM DE 2050)**

**Emissões provenientes de quatro importantes materiais usados em edifícios**  
 Bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, globalmente



Fonte: Adaptado de Material Economics, "The Circular Economy - A Powerful Force for Climate Mitigation" (2018).

**O ambiente construído utiliza quase metade dos materiais extraídos do mundo todos os anos e as projeções atuais estimam que até 2060, em todo o mundo, será construído o equivalente à cidade de Paris a cada semana.**<sup>44</sup> Se as tendências atuais

de urbanização continuarem, estima-se que o consumo de material pelas cidades do mundo passará de 40 bilhões de toneladas em 2010 para cerca de 90 bilhões de toneladas em 2050, excedendo o que o planeta pode fornecer de maneira sustentável.<sup>45</sup> Além disso, a tendência de redução da densificação de 2% ao ano ameaça aumentar o uso global da terra urbana em 2050, colocando em risco o suprimento de terras agrícolas e de alimentos.<sup>46</sup> Com essas tendências, até 2050, as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da construção serão responsáveis por quase metade do total de emissões de novos edifícios, em comparação aos 28% atuais.<sup>47</sup> Portanto, além de uma transição para energia renovável e eficiência energética, a forma como projetamos, construímos e usamos edifícios será muito importante se quisermos atingir as metas climáticas futuras.

**Um cenário circular para o ambiente construído pode reduzir as emissões globais de CO<sub>2</sub> de materiais de construção em 38% ou 2,0 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2050, devido a uma demanda reduzida por aço, alumínio, cimento e plástico.** O cenário modelado descreve um

ambiente construído que oferece aos residentes o melhor acesso a bens, serviços e moradia, bem como uma melhor qualidade do ar externo para morar e trabalhar. O sistema integraria edifícios duráveis de uso misto projetados de maneira modular e construídos com materiais reutilizados e não tóxicos. Eles seriam altamente utilizados, graças a espaços de escritório compartilhados e flexíveis e residências flexíveis, inteligentes e modulares.

Veja abaixo como as oportunidades de economia circular modeladas na Figura 6 contribuem para uma redução significativa nas emissões de GEE:<sup>xiii</sup>

**ELIMINAR RESÍDUOS DESDE O PRINCÍPIO**

- **Eliminação de resíduos do projeto de edifícios (1,0 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano):** Frequentemente, projetos de construção usam mais materiais do que é, de fato, necessário. Por exemplo, muitas vezes é possível obter a mesma resistência estrutural usando apenas de 50% a 60% da quantidade de cimento que está sendo usada atualmente.<sup>48</sup> Isso pode ser alcançado tanto reduzindo-se o teor de cimento do concreto quanto usando menos concreto nas estruturas. Projetar edifícios com menor uso de material pode ser estimulado com menos especificações, design aprimorado e uso de materiais de alta resistência. Por exemplo,

o aço de alta resistência, juntamente com técnicas como pós-tensionamento, podem reduzir as necessidades de material em 30%.<sup>49</sup>

- **Eliminação de resíduos na construção (0,2 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano):** Até 40% dos resíduos sólidos urbanos são resíduos de construção e demolição (RCD) e 54% desses resíduos na Europa são depositados em aterros.<sup>50</sup> A industrialização de processos de construção, como elementos de edifício pré-fabricados, construção externa e impressão 3D, têm o potencial de reduzir a demanda de material e a geração de resíduos, enquanto oferece até 60% em economia de custos de material.<sup>51</sup> Por exemplo, mover as atividades de construção modular fora do local para um ambiente controlado permite que os fabricantes atinjam altos padrões de qualidade, alta produtividade e uma melhor minimização geral de resíduos. Isso poderia reduzir a geração de resíduos no local em até 90%, em comparação à construção tradicional.<sup>52</sup>

**MANTER PRODUTOS E MATERIAIS EM USO**

- **Modelos de negócio de compartilhamento (0,3 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano):** Edifícios são frequentemente subutilizados. Na Europa, por exemplo, 60% do espaço do escritório não é utilizado mesmo durante o horário de trabalho, enquanto no Reino Unido, 49% das residências estão "pouco ocupadas", com pelo menos dois quartos em excesso.<sup>53</sup> Na economia circular, modelos de negócios baseados em serviços, como compartilhamento, aumentam a utilização de edifícios, espaços e componentes de construção subutilizados. Por exemplo, no aluguel entre pares em Londres, um melhor planejamento urbano, compartilhamento de escritórios, edifícios reutilizados e edifícios com várias finalidades levam ao aumento do valor de novos prédios e à possibilidade de duplicação do uso de 20% dos prédios da cidade até 2036, economizando 600 milhões de libras esterlinas por ano.<sup>54</sup>
- **Prolongamento da vida útil (1,0 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, para além de 2050):** Um edifício construído da forma tradicional tem uma vida útil técnica esperada de 50 a 100 anos, mas geralmente depois de 20 a 30 anos já não é economicamente útil.<sup>55</sup> Por isso, frequentemente a demolição é a solução escolhida. Na economia circular, o valor econômico de um edifício é mantido por meio da expansão da sua vida útil "funcional". A longevidade dos edifícios pode ser estimulada por meio de designs modulares,

xiii A lista fornece uma seleção de soluções de economia circular que diminuem a demanda por materiais. As soluções que reduzem diretamente a demanda de energia, como a melhoria de edifícios com a eficiência energética, não foram apresentadas devido ao escopo do artigo.



flexíveis e duráveis. Essas abordagens de design também garantem que um edifício seja capaz de se adaptar às mudanças nas necessidades dos usuários, além de oferecer manutenção e renovações mais fáceis. O design modular normalmente reutiliza 80% dos componentes do exterior de um edifício para que ele possa durar 100 anos ou mais, combinando modularidade e durabilidade.<sup>56</sup>

- **Reúso de materiais de edifícios (0,3 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano):** Somente de 20% a 30% de RCD é reciclado ou reutilizado. Isso geralmente ocorre devido ao design inadequado e à falta de informações sobre a composição do material de um edifício.<sup>57</sup> Projetar materiais para o reúso garante que eles possam ser reintroduzidos no seu mais alto valor, eliminando a necessidade de novo material primário. Por exemplo, em Amsterdã, melhorar a reutilização de materiais na construção de 70 mil novos apartamentos antes de 2040 poderia levar a uma economia de 500 mil toneladas de materiais.<sup>58</sup>
- **Reciclagem de materiais (0,3 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano de reciclagem de cimento):** Escalar a reciclagem de materiais envolve projetar materiais para desmontagem e reciclagem de alto valor, a fim de garantir que eles possam ser usados como suprimentos para nova produção quando atingirem o fim da vida útil. Para o ambiente construído, a reciclagem pode ser aplicada a materiais provenientes de edifícios que estão no fim da vida útil. O uso de materiais reciclados reduz a demanda por materiais virgens, enquanto o processamento de agregados reciclados pode gerar de 40 a 70% menos emissões de CO<sub>2</sub> em comparação aos agregados virgens.<sup>59</sup> Projetar materiais recicláveis, aumentar os volumes de reciclagem e melhorar a qualidade dos materiais secundários seria essencial para essa situação. Embora isso já esteja bem estabelecido para o aço, é necessário que haja melhorias para a reciclagem de cimento e plástico. Para os plásticos em particular, o design de materiais recicláveis dentro de um sistema em que os produtos possam ser coletados, classificados e reciclados de forma eficiente e com alto valor será essencial para alcançar as ambições declaradas.

## OPORTUNIDADE E BENEFÍCIOS PARA CIDADES: PLANEJAMENTO URBANO

As cidades desempenham um papel importante ao influenciar a maneira como as estruturas dos edifícios são projetadas e usadas. Eles estão em uma

posição única para estimular as oportunidades de economia circular mencionadas acima devido à alta concentração de pessoas, recursos, capital, dados e talento em um pequeno território geográfico. Além das situações projetadas neste artigo, as cidades oferecem oportunidades circulares adicionais no ambiente construído para reduzir as emissões de GEE. Por exemplo, a aplicação dos princípios da economia circular ao desenvolvimento urbano pode tornar o design físico da cidade e sua infraestrutura mais propícios para o reúso, a coleta e a redistribuição eficientes de recursos como água, produtos orgânicos, coprodutos industriais, elementos de construções e recicláveis domésticos.<sup>60</sup> Projetar cidades compactas com desenvolvimentos de uso misto pode proporcionar isso,<sup>xiv</sup> o que pode reduzir o crescimento urbano desordenado. Na Europa, por exemplo, reduzir o crescimento urbano desordenado poderia otimizar a produtividade do uso de ativos, economizando até 30.000 km<sup>2</sup> de terra até 2050, em comparação ao atual cenário de desenvolvimento.<sup>61</sup> Como as emissões de carbono estão intimamente ligadas à densidade e à estrutura urbana, as cidades compactas podem contribuir significativamente para reduções nas emissões de GEE, minimizando a nova construção de estradas, esgotos, encanamento de água e outras infraestruturas. As cidades compactas podem reduzir as emissões de GEE por um fator de dois ou mais.<sup>62</sup> Cidades como Barcelona e Atlanta, que têm população e nível de renda semelhantes, exemplificam como diferentes densidades urbanas levam a diferentes níveis de emissões. A maior densidade urbana de Barcelona significa que sua área de transporte é 26 vezes menor e suas emissões de CO<sub>2</sub> são 10 vezes menores que as de Atlanta.<sup>63</sup> A densificação da cidade pode oferecer benefícios sociais adicionais. Estima-se que a densificação da cidade possa aumentar a produtividade do sistema urbano em um fator de quatro a dez. Por sua vez, isso poderia ajudar a urbanização a ocorrer de uma maneira que cria riqueza e elimina a pobreza, enquanto reduz a pressão exercida sobre o planeta.<sup>64</sup> Além disso, medidas de economia circular que reflorestam o ambiente construído reduzem os níveis de poluição e tornam as cidades mais saudáveis e mais habitáveis. Por fim, as oportunidades que estimulam a melhor utilização do espaço urbano, dos ativos e dos materiais (como os modelados acima) também ofereceriam benefícios sociais. Tais estratégias circulares para as cidades têm o potencial de reduzir em 61% os custos sociais das emissões nocivas de material particulado (PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>)<sup>65</sup> e diminuir os custos domésticos entre 15 e 50% em 2050,<sup>66</sup> em comparação ao caminho de desenvolvimento atual.<sup>xv</sup> Para a cidade, o corte de "emissões de GEE baseadas no consumo" por meio de uma economia circular que utiliza os edifícios existentes com mais eficiência e evita novas construções tem o potencial de economizar US\$ 11 bilhões (em uma cidade como Londres).<sup>67</sup>

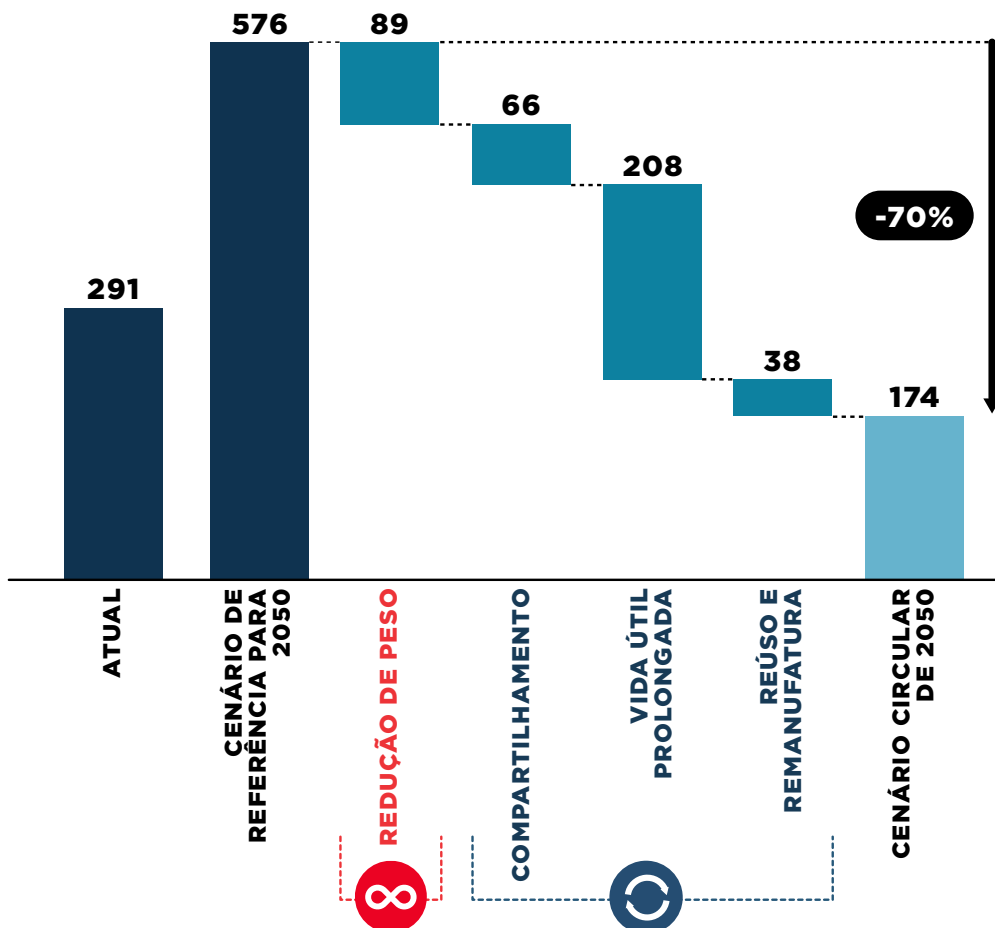
xiv Os desenvolvimentos de uso misto se referem à colocação de espaço comercial, residencial e recreativo.

xv As descobertas foram modeladas pela Ellen MacArthur Foundation para Europa, Índia e China. Os relatórios não apenas analisaram oportunidades de economia circular que diminuem a demanda por material, mas também consideraram aquelas que diminuem diretamente a demanda por energia na fase de uso, como por exemplo, o aumento da eficiência energética em edifícios.

# Aprofundamento: a oportunidade para mobilidade

**FIGURA 7: UM CENÁRIO CIRCULAR PARA CARROS DE PASSEIO PODERIA REDUZIR AS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> EM 70% EM 2050**

**Emissões provenientes de todos os materiais usados em carros de passeio**  
 Milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, mundialmente



**As viagens rodoviárias, por si só, representam atualmente 75% das emissões globais do setor de transporte, se levarmos em consideração o consumo de energia. Até 2050, o número global de carros deverá aumentar em mais de duas vezes.**<sup>68</sup>

Atualmente, eles são dominados por emissões da fase de uso. No entanto, com o tempo, o aumento da penetração de veículos híbridos, híbridos plug-in e veículos elétricos reduzirá as emissões do uso de automóveis, embora as emissões da fabricação de carros possam aumentar.<sup>69</sup> Essas últimas se tornarão a fonte dominante de emissões do ciclo de vida para carros novos em apenas 5 a 10 anos.<sup>70</sup> Com veículos elétricos em vista, o modo como projetamos, produzimos e usamos os veículos terá grande importância para alcançar as futuras metas climáticas.

**Um cenário circular para carros de passeio poderia reduzir as emissões globais de CO<sub>2</sub> em 70% ou 0,4 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2050.** O cenário modelado descreve um sistema de mobilidade multimodal compartilhado, no qual diferentes modos de transporte são oferecidos – modos que podem ser compartilhados, eletrificados, autônomos e interconectados. Nesse cenário, os carros de passeio seriam cada vez mais compartilhados como um serviço e projetados para durabilidade e reúso. Combinadas, essas mudanças significariam menos carros, porém mais bem utilizados, e teriam resultados positivos adicionais, como menos congestionamento, menores custos de manutenção, menos áreas e investimentos destinados a estacionamento e estradas, além de menos poluição do ar. Nesse sistema, o custo do passageiro médio por quilômetro pode cair em até 77% em 2050.<sup>71</sup>

Veja abaixo como as oportunidades de economia circular modeladas na Figura 7 contribuem para uma redução significativa nas emissões de GEE:<sup>xvi</sup>

## ELIMINAR RESÍDUOS E POLUIÇÃO DESDE O PRINCÍPIO

- **Design de veículos leves (89 Mt de CO<sub>2</sub> por ano):** As tendências atuais mostram que o peso total dos veículos tem aumentado ao longo dos anos, apesar dos esforços contrários de redução de peso e, conseqüentemente, do consumo de combustível.<sup>72</sup> A inovação de materiais nessa área pode ajudar a descobrir materiais com desempenho equivalente, se não superior, mas em quantidades menores. O Rasa, da Riversimple, é um carro movi-

do a célula a combustível de hidrogênio com um chassi feito de compósitos de fibra muito leves: pesa menos de 40 kg.<sup>73xvii</sup> A menor demanda de material significa não apenas uma redução nas emissões de GEE, mas o próprio material inovador oferece melhor aerodinâmica e uma vida útil muito mais longa.

## MANTER PRODUTOS E MATERIAIS EM USO

- **Modelos de negócio de compartilhamento (66 Mt de CO<sub>2</sub> por ano):** Atualmente, o sistema de mobilidade não é usado de maneira otimizada e produz uma grande quantidade de resíduos estruturais. Por exemplo, em média, na Europa, os carros ficam estacionados 92% do tempo.<sup>74</sup> Os serviços de compartilhamento público e privado podem enfrentar esse desafio aumentando o uso dos veículos e oferecendo acesso conveniente a diversas formas de transporte. O trânsito ferroviário pesado, como o de metrô, emite cerca de 76% menos CO<sub>2</sub> por passageiro/km do que um veículo médio de ocupação única.<sup>75</sup> Quanto mais passageiros viajam de trem, ônibus ou carro, menos veículos nas vias são necessários e menores são as emissões por passageiro/km.
- **Design para durabilidade (208 Mt de CO<sub>2</sub> por ano):** Enquanto a receita é proveniente da venda de veículos, há pouco incentivo para as empresas projetarem veículos com maior durabilidade. No entanto, projetar para durabilidade é particularmente benéfico para modelos de negócios baseados em serviços em que o custo de manutenção recai sobre os negócios e não sobre o cliente. Nesses casos, projetar veículos modulares e que podem ser facilmente mantidos e reparados ajuda a reter o valor dos veículos. Isso possibilita a substituição direta de componentes quebrados ou obsoletos, permitindo que as frotas durem até 10 vezes mais.<sup>76</sup> Isso pode maximizar os retornos para as empresas que oferecem locações ou veículos como um serviço, prolongando o uso de seus ativos.
- **Design para reúso e remanufatura (38 Mt de CO<sub>2</sub> por ano):** Atualmente, os veículos não são projetados e gerenciados para o reúso. Isso significa que, ao fim da vida útil, componentes e materiais valiosos são desperdiçados, quando poderiam ter um uso melhor. Em uma

xvi A lista fornece uma seleção de soluções de economia circular que diminuem a demanda por materiais. As soluções que reduzem a demanda por energia não foram apresentadas devido ao escopo do artigo. Isso inclui, entre outros aspectos, eficiência energética e ampliação de formas de propulsão de emissão zero, como veículos elétricos e com hidrogênio.

xvii Os compósitos reforçados com fibra, diferentemente de outros compósitos, podem ser reciclados até 20 vezes, permitindo que o FRC de sucata seja reutilizado repetidamente. Suvarnaraju, B., e Subrahmanyam, A., Comparison of mechanical properties on composite fiber material prepared by hand lay up method and fiber reinforced plastic method (2016)

economia circular, os veículos projetados para modularidade, reuso e remanufatura podem ajudar a prolongar a vida útil dos ativos. Tais medidas aumentam o valor dos componentes e evitam a produção de novos, economizando matérias-primas e evitando emissões de GEE. Outros benefícios incluem evitar a depreciação e obsolescência dos veículos, facilitar a manutenção e apoiar a localização da produção, que, por sua vez, pode encurtar a cadeia de suprimentos. A Renault aplicou essas medidas e conseguiu reutilizar 43% das carcaças dos veículos.<sup>77</sup> A Michelin mostrou que 85% dos pneus desgastados podem ser reutilizados e estima-se que 60 kg de emissões de CO<sub>2</sub> podem ser evitados cada vez que um pneu é reformado.<sup>78</sup> Quando se trata de motores automotivos remanufaturados, em média, emite-se de 73% a 87% menos CO<sub>2</sub> em comparação aos processos de fabricação tradicionais de novos motores.<sup>79</sup>

- **Recirculação de materiais:**<sup>xviii</sup> A maioria dos veículos, quando chega ao fim do uso, é desperdiçada. Na Europa, por exemplo, os veículos no fim da vida útil representam de 8 a 9 milhões de toneladas de resíduos por ano.<sup>80</sup> No entanto, a reciclagem está se tornando cada vez mais comum. A Diretiva Europeia de Veículos em Fim de Vida já estabeleceu uma meta de 95% de reciclabilidade por veículo por ano.<sup>81</sup> O desafio é que os atuais processos de reciclagem levam a uma degradação significativa de material e valor. No entanto, a Renault demonstrou que altos níveis de reciclagem são possíveis ao se projetar 85% dos modelos/veículos para serem recicláveis. Embora esse seja o caso, 48% das carcaças são de fato recicladas para a produção de novas peças, enquanto o restante é mais bem aproveitado ao ser reutilizado (43%) ou valorizado (9%).<sup>82</sup> Combinadas, essas medidas podem reduzir a demanda de energia em 80%.

## OPORTUNIDADE E BENEFÍCIOS PARA CIDADES: UM SISTEMA DE MOBILIDADE MULTIMODAL

As cidades desempenham um papel importante em influenciar a maneira como as pessoas se locomovem e como esses trajetos afetam a sua saúde e seu sustento. A densidade urbana e os padrões de uso da terra determinam fortemente os hábitos

de transporte. As cidades compactas, orientadas para o trânsito e densas, com bairros de uso misto, criam condições favoráveis tanto para a mobilidade compartilhada (como ônibus, bondes, caronas compartilhadas) quanto para opções de mobilidade ativa (como caminhada e ciclismo). Para certas economias, como a da Europa, um cenário de mobilidade multimodal compartilhada poderia levar a um setor de mobilidade quase totalmente descarbonizado, ou seja, eletrificado e alimentado por energia renovável. Algumas emissões menores provavelmente permaneceriam na fase de produção, mas seriam reduzidas com o prolongamento do tempo de vida do veículo médio e com a reutilização de componentes e materiais. Isso poderia diminuir a extração de materiais virgens em 95%, de modo a obter um sistema quase totalmente circular.<sup>83</sup> Esse cenário melhoraria consideravelmente o bem-estar e a qualidade de vida dos moradores. Menos carros e menos tráfego reduziriam os acidentes e estimulariam maiores atividades nas ruas, o que pode fortalecer a coesão social e as economias locais. Um sistema multimodal compartilhado também facilitaria o acesso a serviços e empregos e reduziria o tempo de viagem, especialmente quando apoiado por plataformas digitais e inteligência artificial. Tal sistema pode desempenhar um papel significativo na ampliação das oportunidades de acesso, conectividade, economia de recursos e redução de congestionamento e poluição. Por exemplo, um estudo da OCDE estimou que, ao integrar veículos autônomos ao transporte de massa, nove em cada dez carros nas cidades europeias poderiam, em teoria, ser removidos. Isso também poderia liberar uma quantidade significativa de vagas no estacionamento.<sup>84</sup> Por exemplo, reduzir a posse de veículos em cidades C40 poderia levar à liberação de 170 milhões de m<sup>2</sup> usados como estacionamento nas ruas. A área retornaria ao uso público, oferecendo espaço suficiente para 2,5 milhões de árvores e 25 mil quilômetros de ciclovias.<sup>85</sup> Esse sistema de mobilidade circular tem o potencial de oferecer benefícios sociais adicionais, como a redução dos custos de congestionamento de 50% a 60% e dos custos sociais de emissões perigosas (PM<sub>2.5</sub> e poluentes do óxido de nitrogênio) em 20% a 30%, quando comparados ao caminho atual de desenvolvimento.<sup>xix</sup><sup>86</sup>

xviii A reciclagem não foi modelada, pois o foco deste aprofundamento está no nível de "produto" (carros). Contudo, a reciclagem de materiais é abordada na Figura 4.

xix A Ellen MacArthur Foundation modelou as descobertas para Europa, Índia e China. Esses relatórios não apenas analisaram oportunidades de economia circular que diminuem a demanda por materiais, mas também consideraram aquelas que diminuem diretamente a demanda por energia, por exemplo, a ampliação de formas de propulsão de emissão zero, como hidrogênio e veículos elétricos.



## 4

# A oportunidade da economia circular para o sistema de alimentos

**O uso de princípios de economia circular para reduzir as emissões geradas pelo sistema de alimentos é crucial para combater as mudanças climáticas e é capaz de gerar outros benefícios para o sistema. Uma economia circular aplicada à maneira como produzimos e gerenciamos os recursos alimentares poderia reduzir as emissões em 49% ou 5,6 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, reduzindo quase pela metade as emissões desse setor em 2050. Essa oportunidade é impulsionada por medidas que eliminam os resíduos desde o princípio e mantêm os materiais em uso, juntamente com a expansão das práticas agrícolas regenerativas.**

**O setor de ASOUT é responsável por 24% das emissões gerais de GEE.** As emissões da Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra (ASOUT) provêm do desmatamento e de atividades agrícolas relacionadas à pecuária, ao gerenciamento do

solo e de nutrientes, decorrentes da produção de alimentos, fibras, combustível e da maneira como administramos a terra. A produção de alimentos é um grande componente do ASOUT, mas é apenas um elemento de um sistema alimentar mais amplo que conecta todas as atividades relacionadas aos alimentos que ingerimos (cultivo, colheita, processamento, embalagem, transporte, comercialização, consumo e descarte de alimentos e itens relacionados a alimentos).<sup>87</sup> O cálculo das emissões do sistema alimentar é ainda mais complexo porque a matéria viva e os solos são parte integrante do ciclo planetário do carbono, tanto na emissão quanto na fixação. Para ter uma referência para este documento, o sistema de alimentos é delimitado pelo conjunto da produção de alimentos, logística (transporte, armazenamento e processamento) e emissões diretas de resíduos alimentares.<sup>xx</sup>

xx Outras fontes de emissões do sistema alimentar não modeladas para este artigo incluem mudança no uso da terra, uso de energia em equipamentos agrícolas e produção de fertilizantes, emissões de estações de tratamento de efluentes e os decorrentes do desmatamento e uso da terra.

**As emissões totais do sistema alimentar devem aumentar mais de um terço, passando de 8,4 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e para 11,4 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e em 2050.**

Mais de 60% desse total se refere à produção de alimentos, proveniente de várias fontes distintas. Por exemplo, a produção de carne bovina gera grandes quantidades de metano através da fermentação entérica (flatulência bovina) e má gestão dos estoques de adubo. O cultivo de arroz pode produzir metano devido a condições anaeróbicas encontradas em arrozais permanentemente submersos, de modo que o cultivo mundial de arroz é responsável por 10% das emissões da produção de alimentos.<sup>88</sup> O excesso de lavoura, que expõe a matéria orgânica do solo ao ar, libera carbono bloqueado do solo para a atmosfera. O uso excessivo de fertilizantes libera óxido nitroso, um poderoso GEE com alto potencial de aquecimento global, assim como as emissões associadas à produção de insumos agrícolas, como amônia.<sup>xxi</sup>

Além da produção, uma alta proporção de emissões do sistema alimentar está associada ao uso de energia ao longo da cadeia logística de alimentos, como processamento, transporte e refrigeração. O desperdício de alimentos também gera emissões, tanto diretas, durante a decomposição, quanto indiretas, associadas ao processamento, transporte, armazenamento e superprodução.

O volume de alimentos jogados fora em toda a cadeia de suprimentos soma cerca de 30% da produção geral, tornando os resíduos alimentares um dos principais contribuintes para as emissões do sistema alimentar.<sup>89</sup>

**Uma economia circular poderia reduzir as emissões ao sequestrar carbono e minimizar as emissões na cadeia de suprimentos, eliminando resíduos, mantendo os materiais em uso e regenerando os sistemas naturais.**

Reduzir os resíduos alimentares e valorizar os fluxos de resíduos orgânicos de nossas cidades pode desenvolver uma bioeconomia baixa em carbono e ajudar a melhorar a fertilidade do solo. Ao adotar práticas regenerativas, os agricultores podem ir ainda mais longe, passando da redução de carbono para o sequestro de carbono. Dessa maneira, o solo e os vegetais que usamos para alimentar uma população em crescimento podem ser transformados em uma ferramenta importante para enfrentar a crise climática. A empresa de tecnologia Indigo Ag estimou recentemente o enorme potencial de sequestro de carbono por meio de métodos agrícolas aprimorados. De acordo com os cálculos, se o conteúdo de matéria orgânica de todas as terras agrícolas do mundo aumentasse de uma média atual de 1% para um nível pré-industrial de cerca de 3%, o efeito seria absorver 1 trilhão de toneladas (1 teratonelada) de carbono, o equivalente a todas as emissões industriais produzidas desde a Revolução Industrial.<sup>90</sup> Nenhum outro setor econômico tem esse potencial revolucionário para absorver tanto carbono atmosférico.

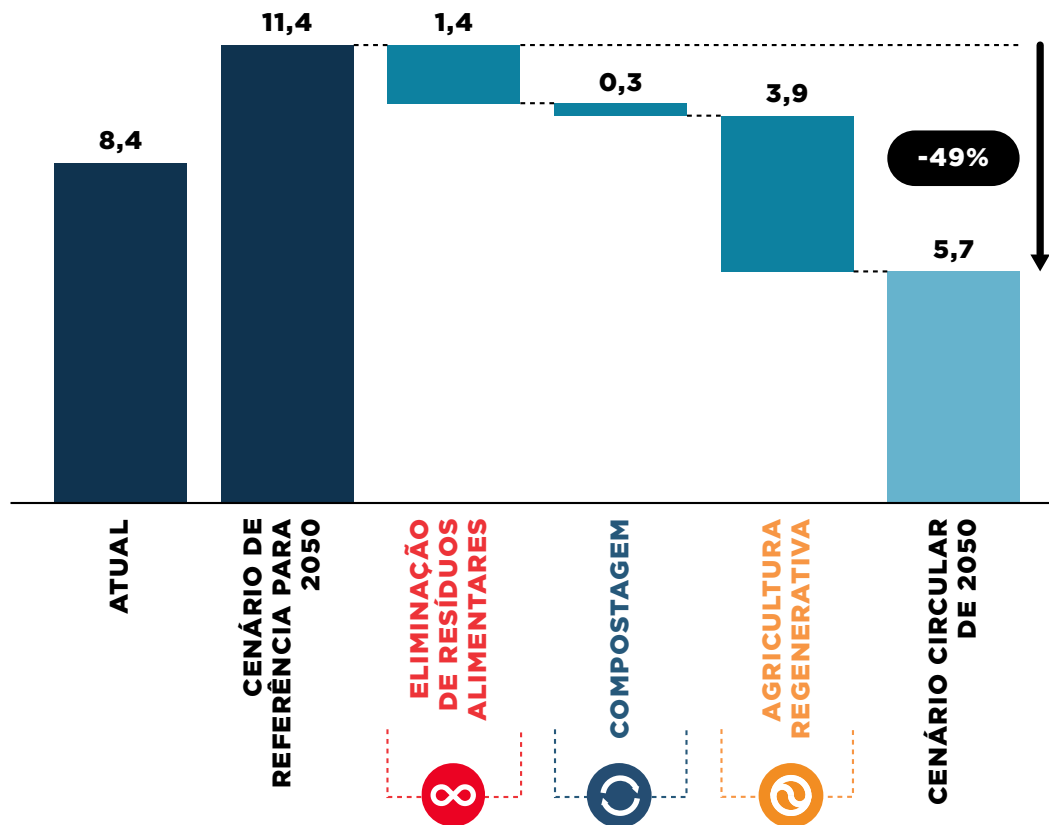
xxi Segundo o IRP (2016), a eficiência global média de nutrientes para nitrogênio e fósforo é de apenas 20%.

## 4.1. ESTRATÉGIAS DA ECONOMIA CIRCULAR PARA REDUZIR AS EMISSÕES NO SISTEMA DE ALIMENTOS

As estratégias da economia circular poderiam reduzir as emissões em 5,6 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e, correspondendo a uma redução de 49% nas emissões totais projetadas para o sistema de alimentos de 2050. Alcançar isso significa mudar para sistemas agrícolas que melhoram a natureza e fazer um uso mais eficaz dos alimentos produzidos. As duas estratégias são destacadas por três princípios essenciais da economia circular:

### FIGURA 8: UM CENÁRIO CIRCULAR DOS ALIMENTOS PODERIA REDUZIR AS EMISSÕES ANUAIS DE CO<sub>2</sub>e EM 49% EM 2050

**Emissões do sistema global de alimentos**  
Bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e por ano



Fonte: Adaptado de Ellen MacArthur Foundation, "Cities and Circular Economy for Food" (2019)

## ELIMINAR RESÍDUOS DESDE O PRINCÍPIO

Ao redor do mundo, aproximadamente seis caminhões de lixo de alimentos comestíveis são jogados fora por segundo. A maioria deles acaba em lixões ou aterros sanitários, liberando metano à medida que se decompõem. A prevenção contra resíduos de alimentos surgiu como um item da agenda global, conforme formalizado pela SDG 12.3 das Nações Unidas, que define a ambição de reduzir à metade os resíduos e perdas de alimentos per capita em todo o mundo até 2030. Existem muitos mecanismos diferentes que podem ser empregados para atingir esse objetivo, conforme detalhado abaixo.

Chefs, desenvolvedores de produtos e outros designers de alimentos também podem contribuir para eliminar as emissões de outras maneiras, como selecionando e usando ingredientes que geram menos emissões de carbono na produção. Um exemplo é o uso de mais ingredientes derivados de vegetais, geralmente associados a menores emissões de produção.<sup>91</sup>

Para este artigo, apenas os benefícios de emissões da redução dos resíduos alimentares foram modelados:

### ● Redução de resíduos alimentares (1,4 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub>e por ano):

Os participantes da cadeia de valor dos alimentos, especialmente os que estão nas cidades, podem realizar uma série de intervenções de prevenção contra resíduos de alimentos. Por exemplo, os varejistas podem contribuir com uma melhor correspondência do abastecimento com a demanda flutuante para diferentes tipos de alimentos até descontos em produtos prestes a vencer e que ultrapassaram a vida útil em restaurantes nas lojas. Empresas inovadoras podem desenvolver novos modelos de negócios: por exemplo, o MIWA fornece um serviço online para os clientes comprarem quantidades precisas de alimentos em embalagens reutilizáveis, permitindo que seus clientes na República Tcheca evitem o desperdício de alimentos. As marcas de alimentos podem usar frutas e vegetais "feios" como ingredientes para produtos alimentícios, como papinha para bebês e pastas, enquanto asseguram que as datas de validade reflitam o verdadeiro prazo de validade dos produtos. Tecnologia digital e iniciativas políticas de apoio podem ter um papel importante em assegurar que quaisquer alimentos comestíveis excedentes sejam redistribuídos para consumo humano, ajudando a desviar os resíduos de alimentos dos aterros sanitários e fornecendo nutrição de alta qualidade aos bairros com insegurança alimentar. Esses esforços de redistribuição são liderados por organizações como a Feedback (Reino Unido) e a FoodShift (EUA), e são ativados por plataformas digitais, como a dinamarquesa Too Good to Go.

A expansão desse tipo de intervenção, juntamente com medidas importantes para incentivar mudanças comportamentais, pode contribuir para reduzir o desperdício de alimentos próprios para consumo em 50% até 2030, com uma potencial redução anual de emissões em toda a cadeia de valor dos alimentos, totalizando 1,4 bilhão de toneladas/CO<sub>2</sub>e.

## MANTER PRODUTOS E MATERIAIS EM USO

Por mais que os recursos alimentares sejam bem administrados, sempre haverá material orgânico excedente gerado por coprodutos agrícolas, sobras de preparação de alimentos (cascas, ossos, grãos usados etc.), gerenciamento da paisagem urbana ("resíduos verdes") e fluxos municipais de esgoto. As cidades, os maiores centros de consumo de alimentos, são as principais produtoras desses materiais. A cada ano as cidades geram mais de 600 milhões de toneladas de resíduos orgânicos<sup>92</sup> e somente 2% desse total retorna para o uso produtivo.<sup>93</sup> Em uma economia circular, esses materiais orgânicos não são vistos como lixo, mas como matéria-prima para outras partes da economia: eles são passados de um caro fluxo de resíduos para novas formas de valor potencial. Se o fluxo de resíduos for relativamente puro, os materiais poderão ser usados para produzir produtos de alto valor, como tecidos para roupas (por exemplo, Orange Fiber, DueDiLatte), material estrutural para embalagens e móveis (por exemplo, Ecovative, RiceHouse) ou novos produtos alimentícios inovadores (por exemplo, Canvas Drinks, Planetarians).

Para fluxos de resíduos mistos, pode-se empregar ciclos de nutrientes, produzindo produtos para melhorar o solo que podem apoiar a produção regenerativa de alimentos, especialmente em áreas periurbanas. Se quantidades suficientes de matéria-prima e infraestrutura adequada estiverem disponíveis, isso poderá ser complementado com recuperação energética através de digestão anaeróbica ou outros meios. O ciclo de nutrientes pode ser particularmente impactante quando aplicado ao design e à operação de estações de tratamento de efluentes (ETEs) que emitem carbono. Na Europa, eles consomem 1% da produção nacional de eletricidade. Nos países em desenvolvimento, a demanda por energia das ETEs deverá aumentar em 20% nos próximos 15 anos.<sup>94</sup> Várias empresas de serviços de previsão demonstraram que as ETEs podem ser operadas como fabricantes de energia líquida. Por exemplo, as ETEs de Aarhus e Odense na Dinamarca demonstraram positividade energética superior a 200% com a recuperação de biogás através da digestão anaeróbica do lodo de esgoto.<sup>95</sup> Mais benefícios de carbono são alcançados, pois os bio-sólidos ricos em nutrientes que restam desse processo podem se espalhar pelos campos dos agricultores locais.

Neste artigo, modelamos a redução de emissões associada ao ciclo de nutrientes de coprodutos alimentares e resíduos verdes sem recuperação energética:



- **Compostagem de coprodutos e resíduos verdes (0,3 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub>e): A compostagem é principalmente um processo aeróbico que gera CO<sub>2</sub>, com potencial de aquecimento global muito menor que o metano. Além do carbono, o composto contém outros nutrientes que podem nutrir e fortalecer os solos, de modo que o uso do composto no cultivo de alimentos pode significar uma necessidade menor de fertilizantes químicos e de irrigação. Conseqüentemente, isso reduz as emissões em setores como mineração (extração mineral), indústria (produção de amônia) e energia (bombeamento para irrigação). Para este artigo, modelamos o potencial de redução de emissões como sendo 0,3 Gt de CO<sub>2</sub>e por ano em 2050 com base no alto potencial de recuperação de material orgânico (> 70%), demonstrado por cidades como São Francisco.**

## REGENERAR SISTEMAS NATURAIS

A agricultura regenerativa representa a maior oportunidade de transformar o sistema alimentar de um dos principais contribuintes das mudanças climáticas para um dos principais protagonistas da solução. A definição ampla de agricultura regenerativa é cultivar alimentos de maneira a melhorar a saúde do solo, a agrobiodiversidade e os ecossistemas locais. A maneira como isso é feito na prática depende do contexto, da escala e de outros fatores. No entanto, todas as abordagens compartilham uma mentalidade que vê a agricultura como parte de um ecossistema maior de apoio mútuo, assim como vê a importância de gerar conteúdo orgânico do solo. O efeito deste último é melhorar a estrutura física do solo e nutrir micróbios benéficos, levando a uma série de benefícios para o sistema: não apenas sequestro de carbono, mas também melhor retenção de água e menor dependência de fertilizantes sintéticos. Para nossa análise, que é significativamente informada pelos dados do Project Drawdown, uma iniciativa em andamento que identificou as 80 intervenções mais poderosas para combater o aquecimento global, as terras agrícolas mundiais são divididas em dois tipos amplos: pastagens (3,3 bilhões de hectares) e terras cultivadas (1,5 bilhão de hectares).<sup>96</sup> O sequestro de carbono é possível nesses dois tipos de terra, mas as práticas específicas que podem ser empregadas dependem do clima, tipo de solo, declive e outros fatores.

Nas pastagens, o principal objetivo é construir níveis de matéria orgânica na terra usando a pecuária e o crescimento das plantas. As principais maneiras de conseguir isso são por meio do pasto gerenciado (modelado para este artigo, veja abaixo) ou outros métodos, como sistemas pastoris, que integram as culturas de árvores na área de pasto. Para terras cultiváveis, os benefícios de carbono são alcançados pela minimização da perturbação

do solo e da redução ou mesmo eliminação de insumos sintéticos. As terras cultiváveis também podem sequestrar carbono na massa radicular das culturas perenes ou por meio da aplicação de fertilizantes orgânicos, bio sólidos e outros resíduos verdes no solo. A agricultura regenerativa em áreas de cultivo abrange uma ampla variedade de abordagens, como agricultura de conservação, agroecologia, permacultura, agricultura natural de orçamento zero carbono, agrossilvicultura de vários estratos e outras. Para este artigo, modelamos o benefício do carbono usando um termo amplo de categoria que abrange várias dessas abordagens.

- **Pasto gerenciado (1,4 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub>e por ano):** Essa abordagem utiliza a pecuária como uma ferramenta para a melhoria da fertilidade do solo, controlando cuidadosamente o tempo de pastagem e de descanso da terra de pasto. Se bem administrado, o resultado é a melhoria da saúde do solo, o sequestro de carbono, o aumento da retenção de água e o maior rendimento de forragem. A abordagem envolve várias técnicas diferentes de pasto, como a otimização a densidade do gado, o uso de uma variedade maior de espécies de gramíneas e rotações regulares de animais através de pastagens e piquetes. Aproximadamente 40% dos 3,3 bilhões de hectares de pasto do mundo poderiam teoricamente usar essas técnicas.<sup>97</sup> Atualmente, a terra de pasto gerenciado é de cerca de 80 milhões de hectares. Aplicar uma taxa conservadora de adoção de cerca de metade dessa área restante leva a um benefício anual de carbono de 1,4 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub>e em 2050. Esta estimativa representa o sequestro líquido de carbono versus as emissões relacionadas à fermentação entérica e à degradação do esterco nas pastagens.
- **Terras de cultivo regenerativas (2,5 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e por ano):** Este termo se refere a um conjunto de técnicas em terras aráveis que reduzem as emissões de GEE associadas a diferentes tipos de culturas, além de aumentar a captura de carbono no solo. As abordagens regenerativas das terras cultivadas usam vários métodos diferentes, incluindo a minimização da perturbação do solo (plantio direto), o uso de culturas de cobertura, o plantio consorciado e o uso de fertilizantes orgânicos. Essas medidas endereçam as mudanças climáticas de diversas formas ao sequestrar carbono com raízes e micróbios, evitando perdas de carbono do solo pelo plantio direto ou semidireto e reduzindo a necessidade de complementos com alto teor de carbono, como maquinário agrícola, bombeamento de água e insumos sintéticos. A área total de cultivo adequada

para a agricultura regenerativa é de cerca de 800 milhões de hectares,<sup>98</sup> com cerca de 40 milhões de hectares já cultivados dessa forma. Supondo que 80% da terra restante adote agricultura regenerativa, isso poderia levar a um benefício anual de carbono de 2,5 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e.

## 4.2 INTERVENÇÕES ADICIONAIS SERÃO NECESSÁRIAS PARA REDUZIR AINDA MAIS AS EMISSÕES DO SISTEMA DE ALIMENTOS

**A adoção das estratégias de economia circular acima mencionadas poderia reduzir as emissões globais do sistema de alimentos em 49%.** Para alcançar a redução remanescente, serão necessárias outras intervenções, como melhorias adicionais nos métodos agrícolas, além das modeladas para este artigo, desenvolvimento contínuo e escala de tecnologias emergentes e medidas para incentivar a mudança de comportamento.

**A tecnologia emergente abrange uma ampla gama de intervenções promissoras, como agricultura de precisão e ampliação do uso de inibidores de metano na alimentação do gado.**

Técnicas de agricultura de precisão facilitam a redução de insumos agrícolas (sementes, água ou produtos químicos) necessários para cada unidade de produção agrícola. A aplicação mais importante dessa tecnologia, em relação às mudanças climáticas, é abordar o uso excessivo de fertilizantes. Em 2010, o uso excessivo de fertilizantes foi responsável por 19% das emissões da produção agrícola.<sup>99</sup> O uso excessivo de fertilizantes nitrogenados é particularmente prejudicial, pois, quando aplicado ao solo, ocorre uma liberação de óxido nitroso, um dos gases de efeito estufa mais poderosos, e essas emissões aumentam exponencialmente a cada quilograma excedente de fertilizante.<sup>100</sup> A redução do uso de fertilizantes também resulta em uma redução das emissões industriais associadas à sua produção.

Os inibidores de metano são suplementos derivados de fontes naturais (algas, taninos, óleos) ou produtos químicos sintéticos que, quando misturados na ração, reduzem comprovadamente a fermentação entérica em até 30% nos animais ruminantes.<sup>101</sup> A fermentação entérica é a fonte número um de GEE da agricultura, por isso, é urgente encontrar maneiras de fazer vacas produzirem menos gás ou identificar raças de gado que naturalmente produzem menos metano após a alimentação.

No âmbito da tecnologia digital, inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT), edição algorítmica de genes e outras tecnologias da

Quarta revolução industrial<sup>102</sup> também poderiam desempenhar um papel no tratamento das emissões do sistema de alimentos. As intervenções incluem sistemas simples de coleta de dados, como balanças de cozinha de resíduos alimentares habilitadas para IA que coletam automaticamente dados de desperdício de alimentos, permitindo uma melhor tomada de decisões de compras de alimentos para restaurantes ou hotéis. O uso da IA pode se estender a aplicações mais avançadas, por exemplo, ajudar a identificar mais usos para biomatéria-prima renovável que alimenta o design de novos tipos de produtos alimentícios com menor energia incorporada. A NotCo, uma start-up sediada no Chile, exemplifica o potencial dessa abordagem: a plataforma de IA da empresa analisa os alimentos em nível molecular, produzindo designs para produtos alimentícios menos intensos em carbono, mas com texturas e sabores semelhantes.

**Técnicas agrícolas aprimoradas também oferecem uma ampla gama de soluções de redução de emissões.**

A drenagem no meio da temporada dos arrozais pode mudar as condições de cultivo do arroz de anaeróbico para aeróbico, reduzindo bastante a produção de metano associada ao cultivo global de arroz. O gerenciamento aprimorado do adubo trata das emissões significativas de óxido nitroso e metano decorrentes da decomposição de urina e fezes dos animais. As técnicas utilizadas variam de acordo com o contexto, mas a maioria visa a coleta de biogás por digestão anaeróbica e o uso de biossólidos para aumentar a fertilidade do solo. Uma tecnologia promissora foi desenvolvida pela PrairieFood, que criou um processo para converter esterco e resíduos alimentares em biochar (carvão produzido a partir de matéria vegetal). Quando misturado ao solo, o biochar sequestra o carbono, melhora o ciclo de nutrientes e melhora a estrutura do solo.

**A mudança de comportamento se refere principalmente à mudança de dietas e à redução do consumo excessivo.**

É também um fator-chave na redução dos resíduos alimentares para indivíduos, instituições, empresas e residências. A mudança de comportamento é amplamente reconhecida como crucial para a redução de emissões,<sup>103</sup> mas também é particularmente desafiadora, pois esses comportamentos geralmente estão profundamente entrelaçados com questões sociais e culturais, exigindo programas educacionais e campanhas de saúde pública com resultados tangíveis em um período mais longo. Dito isso, os "designers de alimentos" circulares podem desempenhar o papel de influenciar a mudança de comportamento oferecendo uma maior variedade de refeições e produtos cuja produção envolva menos emissões de carbono.

## 4.3 A ABORDAGEM DA ECONOMIA CIRCULAR É RENTÁVEL

### Os benefícios econômicos da implementação das estratégias circulares descritas acima são estimados em US\$ 700 bilhões por ano até 2050.<sup>104</sup>

A oportunidade econômica direta inclui a valorização de materiais orgânicos e a recuperação de US\$ 26 bilhões em nitrogênio e fósforo que, de outra forma, seriam perdidos. O maior volume dessa oportunidade está na eliminação do desperdício de alimentos desde o princípio, que pode garantir um adicional de alimentos comestíveis cujo significativo valor de mercado não é perdido. Por meio dos esforços de redistribuição de alimentos próprios ao consumo, as cidades podem evitar que alimentos com valor acabem em aterros e contribuam para reduzir os custos em programas urbanos de segurança de alimentos.

### Inúmeros outros benefícios econômicos poderiam resultar da aplicação do pensamento circular ao sistema de alimentos.

As balanças inteligentes da Winnow, que geram análises regulares sobre resíduos na cozinha, podem reduzir os custos com alimentos nas empresas de bufê de 2% a 8%.<sup>105</sup> A agricultura regenerativa pode economizar por meio da redução de requisitos de insumos agrícolas. Em Indiana, o agricultor Rodney Rulon gasta cerca de US\$ 100 mil em sementes de cobertura vegetal em sua fazenda de 6.200 acres, economizando US\$ 57 mil em fertilizantes e aumentando os lucros em US\$ 107 mil dólares.<sup>106</sup> No norte da Índia, mais de 160 mil agricultores praticam agricultura natural com orçamento zero, uma abordagem que transforma coprodutos agrícolas em inoculantes que ativam o solo e protegem as sementes. Como resultado, os agricultores evitam emprestar dinheiro para comprar insumos sintéticos caros, reduzindo a exposição à dívida e aumentando a segurança e os lucros dos alimentos.<sup>107</sup> Na Itália, as cidades estão percebendo os benefícios de uma coleta de resíduos orgânicos mais eficaz. Em Parma, a mudança da coleta de beira de estrada para a coleta de porta em porta reduziu os custos anuais de tratamento de resíduos orgânicos em €450 mil (US\$ 510 mil).<sup>108</sup>

## 4.4 A ABORDAGEM OFERECE BENEFÍCIOS PARA TODO O SISTEMA

**Um sistema circular de alimentos pode contribuir para permanecer dentro dos limites planetários e atender aos SDGs da ONU.** Em um contexto global, há um grande potencial de impacto positivo de um

sistema de alimentos mais circular sobre muitas das "fronteiras planetárias". Esse conceito, desenvolvido pelo Centro de Resiliência de Estocolmo, refere-se aos nove processos mais críticos de sistemas de terras sendo ameaçados pela recente Grande Aceleração<sup>xxii</sup> nas atividades industriais humanas. Em particular, a produção regenerativa de alimentos e a otimização dos ciclos de nutrientes podem ter impacto positivo sobre o escoamento de fósforo e nitrogênio e a conservação da diversidade genética, dois limites que estão sendo excedidos no mais alto grau. Os inúmeros outros benefícios ambientais incluem ter impactos positivos significativos sobre a biodiversidade, evitar a degradação do solo e conservar a água doce. Indo além do meio ambiente para incluir benefícios sociais mais amplos, um relatório de 2016 do IRP fornece evidências sólidas de que um sistema de alimentos inteligente em termos de recursos é "essencial para a realização de pelo menos 12 dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)".<sup>109</sup>

### Um sistema de alimentos mais circular também oferece ganhos significativos para a saúde.

A redução da exposição a pesticidas é o benefício mais significativo, com uma economia de US\$ 550 bilhões até 2050 em gastos com tratamento de doenças relacionadas a pesticidas. Outro benefício de saúde potencial e importante é a redução da resistência antimicrobiana, vista por muitos cientistas como uma ameaça futura à saúde pública extremamente preocupante. As práticas regenerativas aplicadas à criação de gado e de peixes em conjunto com um tratamento de efluentes aprimorado poderiam amenizar a ameaça que a resistência antimicrobiana representará para milhões de vidas até 2050. Reduções na contaminação da água, doenças transmitidas por alimentos e poluição do ar terão um impacto positivo em outros problemas de saúde. No caso da poluição do ar, estima-se que uma abordagem mais regenerativa da agricultura possa salvar 290 mil vidas por ano até 2050.

Embora enfrentar as mudanças climáticas seja um dos maiores desafios de nosso tempo, melhorar a segurança dos alimentos, reduzir a desnutrição para mais de 800 milhões de pessoas com fome e melhorar os meios de subsistência e a qualidade de vida dos pobres do mundo também são questões críticas. A boa notícia é que a agricultura regenerativa e outras abordagens circulares têm o potencial de abordar simultaneamente muitas dessas questões críticas, como reconhece um recente relatório do Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) em relação ao uso da terra: "Muitas respostas relacionadas à terra que contribuem para a adaptação e mitigação das mudanças climáticas também podem combater a desertificação e a degradação da terra e melhorar a segurança alimentar."<sup>110</sup>

xxii Refere-se à era mais recente do Antropoceno, durante a qual a taxa de impacto da atividade humana nos sistemas naturais da Terra aumentou significativamente

## FIGURA 9: DEZ TRANSIÇÕES CRÍTICAS PARA A TRANSFORMAÇÃO DO SISTEMA DE ALIMENTOS



As estratégias de economia circular são uma parte central dessa transformação e os benefícios associados podem chegar a US\$ 10,5 trilhões de dólares por ano até 2050, melhorando todos os aspectos da vida no planeta.<sup>111</sup>



## 5

# Uma economia circular pode aumentar a resiliência em relação aos efeitos das mudanças climáticas

**Além de ser eficaz na redução das emissões de GEE, a economia circular também pode contribuir para construir resiliência em relação às mudanças climáticas. Há indícios de que os modelos de negócios de economia circular oferecem uma gama de possibilidades para distribuir riscos nas cadeias de suprimentos, aumentando a flexibilidade e resiliência a riscos climáticos, como condições climáticas extremas. A base de evidências é relativamente forte no setor agrícola, com resultados sugerindo que há uma relação positiva**

**entre práticas de agricultura regenerativa e resiliência climática. No entanto, o grau em que uma economia circular aumenta a resiliência é específica para cada contexto, pois os riscos climáticos e a vulnerabilidade variam muito de acordo com a indústria, a geografia e o contexto socioeconômico. Este capítulo descreve a oportunidade e reconhece que são necessárias mais pesquisas para estimar a dimensão do potencial e identificar outros exemplos tangíveis.**

## 5.1 OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS REPRESENTAM RISCOS IMPORTANTES PARA OS NEGÓCIOS

**As mudanças climáticas causam uma série de riscos físicos, com sérias implicações para empresas e investidores.** Os riscos físicos do clima podem ser classificados como agudos ou crônicos. Os riscos físicos agudos são direcionados a eventos, como o aumento da severidade de situações de clima extremo (estiagem, inundações, incêndios florestais etc.) enquanto os riscos físicos crônicos surgem de mudanças climáticas de longo prazo, como altas temperaturas sustentadas e aumento do nível do mar.

**Esses impactos levam a um conjunto de riscos comerciais.** As mudanças climáticas são cada vez mais reconhecidas como um risco sistêmico ao qual toda grande empresa multinacional está exposta.<sup>112</sup> Uma pesquisa da Standard and Poor's Global 100 companies, um índice que mede o desempenho de negócios de natureza global, listou as cinco principais preocupações comerciais relacionadas ao clima:<sup>113</sup>

1. Redução/interrupção na capacidade de produção, por exemplo, falta de energia ou falta de suprimentos essenciais.
2. Aumento nos custos operacionais, por exemplo, custos mais altos para suprimentos importantes ou backup.
3. Incapacidade de fazer negócios, por exemplo, danos em instalações ou sistemas de logística.
4. Maiores custos de capital, por exemplo, atualizações de equipamento ou na planta, gastos com seguro.
5. Demanda por bens e serviços reduzida, como a mudança nas preferências de mercado.

Um elemento menos discutido do ponto 1 é o risco de eventos climáticos interromperem a disponibilidade e o suprimento de matérias-primas. As reservas e a produção de matérias-primas não estão distribuídas uniformemente pelo mundo e as regiões variam em sua vulnerabilidade aos riscos das mudanças climáticas.<sup>114</sup> Por exemplo, mais de 70% das reservas globais de bauxita estão concentradas em seis países e, dessas reservas, cerca de 75% têm uma exposição relativamente alta aos perigos climáticos.<sup>115</sup> Além disso, existem preocupações consideráveis com a segurança do suprimento dos chamados ma-

teriais "críticos",<sup>xxiii</sup> com terras raras atraindo a maior atenção. O que pode tornar esses materiais críticos para a UE é a falta de produção doméstica e um alto risco de interrupção do fornecimento devido a choques externos, como escassez aumentada, oferta de monopólio, instabilidade política e vulnerabilidade aos efeitos das mudanças climáticas nas principais regiões fornecedoras.<sup>116</sup>

**Fatores estruturais comprometem a resiliência das empresas a esses riscos.** A presente economia mundial desenvolveu cadeias de suprimentos interconectadas, interdependentes e complexas. As empresas adquirem cada vez mais seus materiais e componentes de todo o mundo, agrupando suas atividades em áreas geográficas concentradas, dependentes da máxima eficiência (como a produção just-in-time), vulneráveis a infraestrutura desatualizada e desafiadas pela falta de troca de informações e transparência.<sup>117</sup> Isso não apenas torna as empresas vulneráveis a interrupções, como também a complexidade das redes envolvidas dificulta a previsão de tais interrupções. Isso pode ter repercussões mundiais nas quais uma "interrupção causada por uma tempestade ou seca em um local remoto pode interromper toda uma cadeia de suprimentos".<sup>118</sup> Esses "impactos climáticos transnacionais" são riscos que podem atravessar fronteiras e atingir cada vez mais a economia global.<sup>119</sup> Um exemplo muito conhecido dessa cascata de impactos são as graves enchentes da Tailândia que aconteceram em 2011. As enchentes atingiram fornecedores das indústrias eletrônica e automotiva, levando à interrupção de 14.500 empresas em todo o mundo, fortemente dependentes de fornecedores tailandeses.<sup>120</sup> A Western Digital, que detém um terço do mercado mundial de discos rígidos, não conseguiu atender 45% de suas remessas, a HP perdeu US\$ 2 bilhões, enquanto a Toyota, Honda e Nissan não puderam entregar 240 mil, 150 mil e 33 mil carros, respectivamente.<sup>121</sup> O total de perdas seguradas foi estimado em US\$ 15 a 20 bilhões.<sup>122</sup>

**A compreensão sobre o valor da resiliência climática e sobre como alcançá-la está crescendo.** Há evidências crescentes dos benefícios e da relação custo-benefício do investimento em resiliência em comparação à inação.<sup>123</sup> Um relatório recente constatou que o investimento de US\$ 1,8 trilhão na próxima década em cinco estratégias-chave de adaptação ao clima levaria a benefícios líquidos totais avaliados em US\$ 7,1 trilhões.<sup>xxiv</sup> Outro relatório descobriu que, em todos os setores, os benefícios do aumento da

xxiii A UE define materiais críticos como "matérias-primas economicamente importantes e cujo suprimento está associado a um alto risco". European Commission. Study on the review of the list of critical materials: criticality assessment (2017)

xxiv As cinco áreas que consideramos são sistemas de alerta precoce, infraestrutura resistente ao clima, agricultura aprimorada para áreas áridas, proteção de manguezais e investimentos para tornar os recursos hídricos mais resilientes. Global Commission and Adaptation, Adapt now: a global call for leadership on climate resilience (2019)

resiliência superam os custos em quase sete para um (cerca de US\$ 312 bilhões em custos vs. cerca de US\$ 2,1 trilhões de dólares em oportunidades potenciais).<sup>124</sup> Os elementos necessários para alcançar maior resiliência estão bem estabelecidos e incluem diversidade, flexibilidade, colaboração, integração e inclusão. Essas características são comuns às estruturas de resiliência climática, como os sete princípios do Centro de Resiliência de Estocolmo<sup>125</sup> e o Arup/Rockefeller City Resilience Framework (modelo de resiliência). No entanto, colocar esses princípios em prática não é simples. Uma pesquisa constatou que, enquanto 72% dos fornecedores acreditam que os riscos climáticos podem afetar significativamente suas operações, receitas ou despesas de negócios, apenas metade está gerenciando esse risco atualmente.<sup>126</sup>

**Fornecimento de lítio e baterias de veículos elétricos (EV).** Para os EVs, a vulnerabilidade no fornecimento de matéria-prima é especialmente aparente na produção de baterias de íons de lítio. Embora o lítio seja um elemento abundante com reservas em todo o mundo, ele é considerado "metal crítico".<sup>xxv</sup> A produção baseada na extração de salmoura rica em lítio, que é menos onerosa, concentra-se em apenas alguns países, principalmente Chile e Austrália, que representam 70% da produção total.<sup>127</sup> Desde a extração até a produção e a distribuição de veículos, a cadeia de suprimentos de lítio, em particular, corre risco de inundações e eventos climáticos extremos que podem atrasar ou interromper a mineração e outras operações. Além disso, enquanto a produção de lítio está concentrada no hemisfério sul, a fabricação ocorre no hemisfério norte e as ligações de transporte correm risco de interrupção nos portos e durante o frete. Além do risco de depender de alguns fornecedores vulneráveis a interrupções, a natureza complexa da rede de suprimentos também aumenta a vulnerabilidade, pois são necessárias várias entradas de recursos de matéria-prima para produzir apenas um componente da bateria.<sup>128</sup>

## 5.2 A ECONOMIA CIRCULAR PODE AJUDAR A LIDAR COM ESSES RISCOS AO AUMENTAR A RESILIÊNCIA ENTRE SETORES

**Os modelos de negócios de economia circular na indústria têm o potencial de aumentar a resiliência.** Em uma economia circular, os modelos de negócios são apoiados em designs que permitem reutilizar produtos, remanufaturar componentes e reciclar materiais. Portanto, os suprimentos de

materiais e componentes são cada vez mais dissociados do consumo de matérias-primas, que podem ser vulneráveis a riscos relacionados ao clima. Esses suprimentos são mais diversificados e flexíveis, pois utilizam cada vez mais produtos e materiais devolvidos pelos clientes. Isso tem o potencial de distribuir os riscos de interrupções relacionadas ao clima de modo mais amplo ao longo das cadeias de suprimentos, aumentando a resiliência.<sup>129</sup>

### O potencial de redução de risco desses modelos de negócios está começando a ser reconhecido.

Um dos fatores mais importantes para a remanufatura é reconhecido como "a insegurança crescente no fornecimento e o custo associado de matérias-primas, causado (entre outros fatores) pela vulnerabilidade das cadeias globais de suprimento, sendo cada vez mais ameaçadas por desastres naturais e conflitos geopolíticos".<sup>130</sup> A Comissão Europeia considera a reciclagem uma "medida de redução de risco".<sup>131</sup> De modo geral, o IRP conclui que "uma transição para a remanufatura e reciclagem de materiais poderia diversificar e associar atividade econômica de alto valor agregado às economias focadas na extração".<sup>132</sup> Algumas empresas já estão se beneficiando. Por exemplo, a Renault montou sua fábrica na França para refabricar e recondicionar peças de carros. Ao fazer isso, a dependência de recursos do exterior diminuiu, e ao reconfigurar a cadeia de suprimentos, os riscos foram redistribuídos e reduzidos. A Energy Storage, uma empresa no Reino Unido, desenvolveu uma tecnologia que permite que as baterias de íon de lítio para EVs sejam reparadas, atualizadas e reutilizadas quando não forem mais adequadas para EVs, estendendo seu uso por até 25 anos e reduzindo a dependência de lítio virgem, cuja cadeia de suprimentos é vulnerável (ver quadro).<sup>133</sup>

### No entanto, o contexto é crucial e determinará o efeito da resiliência líquida de buscar essas oportunidades.

A vulnerabilidade aos impactos climáticos, tanto locais quanto transnacionais, diferirá por região, pois cada país tem seu próprio nível de exposição a riscos climáticos, desenvolvimento econômico, dependência de importações/exportações de materiais e bens e contexto político. Por isso, as organizações precisam adotar uma "perspectiva multidimensional" de risco climático.<sup>134</sup> Na prática, isso significa equilibrar o reúso local de produtos e materiais e a logística reversa associada, com suprimentos de matérias-primas geralmente provenientes de locais mais distantes para

xxv Um estudo do Defra (Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais do Reino Unido) usou oito critérios para classificar 69 elementos e minerais em ordem de criticidade. Dois tipos de critérios foram usados: critérios de "risco material" e "risco de fornecimento". Os critérios de risco material foram níveis de consumo global, potencial de substituição, potencial de aquecimento global e necessidade total de material. Já os critérios de risco de oferta eram escassez, oferta de monopólio, instabilidade política nas principais regiões fornecedoras e vulnerabilidade aos efeitos das mudanças climáticas nas principais regiões fornecedoras. Department for Environment Food and Rural Affairs (Defra), A review of national resource strategies and research (2012)

evitar o aumento da vulnerabilidade geral às perturbações climáticas. Há outras considerações. Ao implementar cadeias de suprimentos mais distribuídas, a eficiência operacional deve ser considerada, uma vez que redes mais complexas são mais caras e difíceis de gerenciar.

**O setor de alimentos é especialmente vulnerável aos riscos climáticos.** Os riscos físicos descritos acima terão impactos na agricultura. Isso foi observado nas inundações de junho de 2019, no centro-oeste dos EUA, que deixaram milhões de acres impossíveis de semear,<sup>135</sup> e na seca da Califórnia (2011 a 2015), cujo custo direto para a agricultura em 2014 foi estimado em US\$ 1,5 bilhão, cerca de 3% do valor agrícola total do estado.<sup>136</sup> Além disso, existem riscos específicos para o sistema de alimentos, como aumento da exposição a pragas e doenças e alterações fenológicas, nas quais os ciclos de vida de plantas e de animais são afetados, alterando o início e o final das épocas de crescimento.<sup>137</sup> Esses impactos são difíceis de prever e serão "generalizados, complexos, geográfica e temporalmente variáveis e profundamente influenciados pelas condições sociais e econômicas pré-existentes".<sup>138</sup> No curto prazo, os impactos podem ser positivos e negativos, pois em regiões temperadas a produtividade pode aumentar devido a temperaturas médias ligeiramente mais altas, enquanto em regiões tropicais já limitadas pela água, o rendimento pode diminuir devido a fatores como estresse hídrico. Duas coisas são certas no longo prazo: o grau de incerteza aumentará e, apesar de alguns benefícios, "os impactos negativos dominarão".<sup>139</sup>

**Práticas agrícolas regenerativas, um elemento central de uma economia circular de alimentos, podem aumentar a resiliência dos solos.** Demonstrou-se que práticas agrícolas regenerativas, como pastos gerenciados e áreas de cultivo regenerativas, melhoram a saúde do solo. Solos saudáveis podem resistir melhor à erosão causada pelo vento e inundações. Além disso, eles têm maior capacidade de absorver e armazenar água, aumentando sua resiliência a inundações e secas, respectivamente. O potencial é significativo: o aumento de 1% de conteúdo orgânico nos primeiros 30 centímetros de solo permite

armazenar 144 mil litros adicionais de água por hectare.<sup>140</sup> O emprego de práticas agrícolas regenerativas em uma fazenda arável e de pecuária mista de 5 mil acres na Dakota do Norte levou a um aumento de 30% da taxa de infiltração de solo (ao mesmo tempo que as taxas de sequestro de carbono por hectare no mínimo triplicaram e a produtividade aumentou em 20%).<sup>141</sup> As abordagens agrícolas para criar resiliência dependem do contexto. Por exemplo, pequenos agricultores em locais particularmente vulneráveis às mudanças climáticas podem aumentar a resiliência adotando agricultura de conservação ou sistemas naturais de agricultura. Um exemplo é a Zero Budget Natural Farming (ZBNF), ou agricultura natural com orçamento zero, uma técnica de baixo insumo praticada por mais de 130 mil agricultores no estado indiano de Andhra Pradesh. A ZBNF usa coprodutos agrícolas fermentados para ativar a biologia do solo que, combinada à aplicação de adubos verdes, aumenta a capacidade de retenção de água do solo (além de aumentar a produtividade e fortalecer as plantas).<sup>142</sup>

**Em conclusão, a economia circular tem um potencial interessante para aumentar a resiliência climática, mas é necessário realizar mais pesquisas.** Compreender até que ponto e em que circunstâncias uma economia circular pode contribuir para uma maior resiliência aos efeitos das mudanças climáticas exigirá uma investigação aprofundada, pois poucas pesquisas, em particular em setores além da agricultura, foram realizadas sobre o assunto. Também é importante observar que nem todas as oportunidades da economia circular levam a uma maior resiliência: tornar as cidades mais compactas permite um uso mais produtivo de ativos e recursos, mas também concentra riscos e, portanto, pode tornar as cidades mais vulneráveis às perturbações climáticas. No entanto, as primeiras indicações de potencial expostas acima são encorajadoras e dignas de exploração adicional. O que fica claro é a necessidade de estratégias para aumentar a resiliência aos efeitos das mudanças climáticas, e se essas estratégias também reduzem as emissões e criam valor econômico, elas formam uma perspectiva interessante.



## 6

# Próximos passos: necessidade de ação orquestrada

**Este artigo identificou um conjunto de estratégias concretas de economia circular que podem ajudar a enfrentar a crise climática. Juntamente com uma transição necessária para as energias renováveis, a economia circular é um passo essencial para endereçar os 45% restantes das emissões globais associadas à produção de materiais e bens. Ela completa a figura de estratégias para lidar com as mudanças climáticas. No entanto, essa transição requer uma ação orquestrada de vários stakeholders, desde os formuladores de políticas públicas até a academia. Somente uma abordagem sistêmica nos permitirá atingir a meta de 1,5 °C até 2050, enquanto construímos maior resiliência às mudanças climáticas.**

### O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES INTERNACIONAIS

*Estabelecer padrões, coordenar e incentivar uma transição para uma economia circular de emissões líquidas zero.*

#### ● Colocar a economia circular na agenda internacional

O potencial das medidas de economia circular para contribuir com as metas climáticas e aumentar a resiliência às mudanças climáticas é significativo, mas está longe de ser reconhecido no atual discurso climático. A economia circular deve ter o mesmo status que outras importantes áreas de ação climática reconhecidas em processos internacionais, como reflorestamento, eficiência energética e energia renovável. Isso permitiria que organizações como a Convenção-quadro das Nações Unidas sobre

mudança do Clima (UNFCCC) reconhecessem o modelo circular como uma estrutura eficaz/válida para as NDCs ajudarem os países a acelerar a transição para o carbono líquido zero necessária para atingir nossas metas climáticas de 2050. Foi dado um passo nessa direção com a ratificação da resolução sobre "Soluções Inovadoras para os Desafios Ambientais de Consumo e Produção Sustentáveis" na quarta sessão da Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEA-4) em março de 2019. O texto "convida os Estados Membros a considerar abordagens e políticas para alcançar o consumo e a produção sustentáveis, incluindo, entre outros, o aprimoramento da eficiência dos recursos e a adoção de uma economia circular ao desenvolver planos e políticas nacionais relevantes (...)"<sup>143</sup>

#### ● Possibilitar o comércio de produtos e materiais circulares

Para apoiar uma economia circular, o comércio internacional precisa atuar "como um veículo para cumprir a agenda ambiental e de resiliência".<sup>144</sup> O estabelecimento de padrões internacionais de reciclagem, reparabilidade, design ecológico, rotulagem e uso de materiais e químicos tem um importante papel viabilizador. Isso poderia remover barreiras que dificultam o comércio de materiais secundários e produtos remanufaturados e reconicionados. As tecnologias que permitem uma economia circular podem se beneficiar de vantagens que facilitam sua adoção em escala global. Quando se trata do movimento transfronteiriço de resíduos, materiais secundários e bens de segunda mão, as barreiras comerciais desnecessárias podem ser removidas para que possam ser canalizadas para destinos onde há vantagem comparativa na classificação e processamento.<sup>145</sup>

### ● Mobilizar capital para investimentos em economia circular

Os investidores de impacto desempenham um papel fundamental no fornecimento de apoio financeiro que pode ajudar a acelerar a transição para uma economia circular de zero emissões líquidas. Por exemplo, nos últimos cinco anos, o Banco Europeu de Investimento (EIB) forneceu € 2,1 bilhões em cofinanciamento para projetos circulares executados por PMEs que reduziram o consumo de material e energia, ofereceram benefícios ambientais e climáticos e contribuíram para a inovação.<sup>xxvi,146</sup> Os instrumentos e serviços de empréstimo são apresentados na forma de instrumentos de risco, empréstimos a projetos e apoio financeiro a fundos, além de serviços de consultoria técnica. Uma abordagem semelhante poderia ser usada em outros bancos multilaterais de desenvolvimento, como o Banco Mundial, a Corporação Financeira Internacional, o Banco Asiático de Investimento em Infraestrutura e o Banco Africano de Investimento. Para acelerar ainda mais a transição para uma economia baixa em carbono, a UE está analisando como integrar considerações de sustentabilidade (que incluem estratégias de economia circular, entre outras) à sua estrutura de política financeira.<sup>147</sup> O objetivo é mobilizar financiamento para o crescimento sustentável e ajudar a avaliar projetos em todo o mundo, especialmente para as economias emergentes.

### ● Coordenar políticas climáticas

Uma economia circular apresenta soluções para alguns dos desafios globais mais prementes do mundo, atendendo a vários objetivos políticos. Ela tem o potencial de enfrentar as mudanças climáticas, alcançar muitos ODSs e proporcionar prosperidade e resiliência econômica. Para permitir isso, é necessário implementar sinergias para criar políticas que se reforçam mutuamente.<sup>148</sup>

### ● Incentivar e apoiar a colaboração

A transição para uma economia mais circular exige colaboração entre governos, comunidade de investimentos, indústrias, empresas, academia e organizações civis. As instituições internacionais podem desempenhar um papel de convocação. Um exemplo é a Plataforma Econômica Mundial para Acelerar a Economia

Circular (PACE), em que colaborações público-privadas globais relacionadas a plástico, componentes eletrônicos, alimentos e bioeconomia, modelos de negócios e transformação de mercado são implementadas para ajudar a impulsionar a mudança, acelerando a liderança, a colaboração, o investimento, a reforma de políticas e a ação para uma economia circular na China, ASEAN, Europa e África.<sup>149</sup>

## O PAPEL DOS FORMULADORES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

*Incentivar, mobilizar e acelerar a transição para uma economia circular de emissões líquidas zero.*<sup>xxvii</sup>

### ● Integrar a economia circular às estratégias de mudança climática

As ambições da economia circular podem ser integradas a planos, metas de longo prazo, roteiros e estratégias climáticas supranacionais, nacionais e municipais para ajudar a alcançar e acelerar a transição para uma economia resiliente e zero carbono líquido. Por exemplo, através do Acordo de Paris, os países foram solicitados a enviar seus NDCs e relatar os esforços que estão sendo feitos para reduzir as emissões e se adaptar às mudanças climáticas. Esses NDCs devem ser atualizados a cada cinco anos. Isso oferece uma oportunidade para que medidas da economia circular sejam integradas como um plano de ação para ajudar países a acelerar o alcance das metas climáticas nacionalmente determinadas ou, inclusive, para permitir que metas mais ambiciosas sejam estabelecidas. Alguns Estados membros da UE estão, por exemplo, integrando medidas de economia circular a seus planos nacionais de energia e clima, uma vez que "os benefícios da economia circular para a descarbonização são amplamente reconhecidos".<sup>150</sup> Estão sendo estabelecidos planos estratégicos, como o "Programa de Governo para uma Economia Circular" da Holanda, cujas políticas, quando implementadas, estimaram a redução das

xxvi "O Banco Europeu de Investimento disse que cumprirá sua meta de investir cerca de US\$ 100 bilhões em ações climáticas nos próximos cinco anos, a maior contribuição financeira já feita por qualquer instituição multilateral e já está excedendo suas próprias metas de financiamento climático." EIB, Juntos pelo clima.

xxvii Para uma compreensão mais profunda das várias alavancas de políticas públicas que os governos nacionais e locais têm à sua disposição para promover transições para a economia circular, consulte os relatórios: Ellen MacArthur Foundation, City governments and their role in enabling a circular economy transition: an overview of policy levers (2019); Ellen MacArthur Foundation, Delivering the Circular Economy: a Toolkit for Policymakers (2015)

emissões de CO<sub>2</sub> e em cerca de 13 milhões de toneladas em 2050 (em um cenário conservador).<sup>151</sup> Os governos municipais também estão desenvolvendo cada vez mais compromissos e metas de transição para o carbono líquido zero.<sup>xxviii</sup>

### ● Incentivar e acelerar o dimensionamento de novas soluções circulares

O financiamento público pode ser usado para permitir e acelerar o dimensionamento de soluções circulares de negócios. Os gastos do governo nos países da OCDE contribuíram com 25% a 57% do PIB em 2015.<sup>152</sup> Além disso, os critérios de economia circular e intensidade de CO<sub>2</sub> poderiam ser incluídos nas licitações públicas, o que poderia incentivar a inovação do mercado da economia circular, bem como apoiar pesquisas, capacitação, demonstrações e projetos em estágio inicial. Por exemplo, a cidade de Toronto estabeleceu um plano e uma estrutura de implementação de compras para economia circular, executando inicialmente um piloto de três anos antes de fornecer recomendações em 2021.<sup>153</sup> Também é importante notar que os critérios da Política Europeia de Compras Públicas Verdes incluem componentes da economia circular.

### ● Viabilizar e reduzir o risco de investimento na economia circular

Para projetos circulares com alto potencial e risco, empreendimentos e parcerias público-privadas podem ser usados para compartilhar e reduzir os riscos de investimento. Por exemplo, os Fundos de Desenvolvimento Urbano JESSICA da UE contêm contribuições financeiras dos Estados membros da UE, cidades e outras fontes públicas e/ou privadas que recebem investimento como participações acionárias, empréstimos e garantias para projetos que apoiam o desenvolvimento urbano sustentável e a regeneração nas cidades.<sup>xxix</sup>

### ● Instalar infraestrutura e renovar ativos

As cidades têm um papel particularmente importante a desempenhar para garantir a recirculação eficaz de materiais, produtos e nutrientes nas áreas urbanas. A ativação dessas medidas exigirá infraestrutura, como infraestrutura de compartilhamento de ativos, sistemas de coleta de resíduos, instalações de tratamen-

to, bancos de materiais e centros de desmontagem e reciclagem. Ao planejar substituições e renovações de infraestrutura, há também a oportunidade de considerar designs com baixo teor de carbono, com eficiência energética, modulares, reparáveis e adaptáveis, duráveis ou robustos e feitos com materiais secundários. Um banco de dados abrangente de ativos dentro do governo local, como o desenvolvido pela cidade de Winnipeg,<sup>154</sup> pode ajudar a fornecer uma imagem mais clara do compartilhamento e do tipo de ativos da cidade que estão subutilizados, com desempenho abaixo do esperado e se deteriorando devido à deficiência em manutenção, design ou fim de uso. Junto a passaportes de materiais e indicadores de desempenho da economia circular, esse tipo de conhecimento pode levar a um melhor uso e manutenção de ativos.

### ● Usar alavancas fiscais para criar condições facilitadoras e incentivar ações

As alavancas de políticas públicas fiscais podem ser usadas para possibilitar mercados líderes de produtos, serviços e práticas da economia circular. Deve-se estabelecer um preço para as emissões de carbono,<sup>xxx</sup> e mecanismos de balanceamento para bens importadas de regiões que não impõem um preço de CO<sub>2</sub> semelhante ao do contexto regional. De uma perspectiva local, as medidas fiscais podem incluir benefícios fiscais para produtos ou empresas de economia circular, aumentos de impostos em fluxos de resíduos indesejáveis, reduções de tributos no uso de materiais secundários e reduções de tributos para empresas que compartilham, reparam e reciclam.<sup>155</sup> Por exemplo, a Suécia introduziu uma redução de 50% no IVA para atividades de reparo relacionadas a determinados produtos, incluindo roupas, bicicletas e artigos de linha branca.<sup>156</sup>

### ● Estabelecer regulamentos facilitadores

As regulamentações podem promover o reúso de recursos e a redução de resíduos. Os padrões existentes devem ser alterados para permitir soluções de baixas emissões, por exemplo, definindo um teor máximo de cimento no concreto. As cotas e os padrões de intensidade de CO<sub>2</sub>, reusabilidade, reciclabilidade e reparabilidade de produtos e mate-

xxviii Um estudo recente do CDP mostrou que dos 596 países classificados em suas ações para reduzir emissões e definir estratégias climáticas, 7% receberam uma pontuação máxima (por exemplo, Paris, Cidade do Cabo e São Francisco), com cinco cidades já tendo metas de energia 100% renováveis (por exemplo, Paris, São Francisco e Canberra). CDP 43 cities score an A grade in new cities climate change ranking (2019)

xxix A "Junta Europeia de Suporte ao Investimento Sustentável em Áreas Urbanas" (JESSICA) é uma iniciativa da Comissão europeia desenvolvida junto ao Banco Europeu de Investimento e o Banco de Desenvolvimento do Conselho da Europa; European Investment Bank, The EIB in the circular economy (2018); European Commission, JESSICA: joint European support for sustainable investment in city areas; University College London, JESSICA urban development funds – impact funds: a concept for urban policy delivery (14 de junho de 2011)

xxx As medidas de políticas públicas podem aumentar o custo das emissões de carbono em até US\$ 8 trilhões, cumulativamente, até 2030. O custo futuro das emissões de carbono aumenta quanto mais a política pública atrasa e quanto menos antecipada e coordenada é a ação da política pública. Mercer, Climate change scenarios – implications for strategic asset allocation (2011)

riais podem permitir o dimensionamento de materiais e produtos secundários, além de ter um impacto positivo na durabilidade de alguns produtos.<sup>157</sup> Por exemplo, como parte de sua próxima lei de economia circular, a França está trabalhando em um índice de reparabilidade e procurando proibir a destruição de mercadorias não vendidas.<sup>158</sup>

## O PAPEL DOS NEGÓCIOS

*Inovar, inspirar e demonstrar as oportunidades de uma economia circular de emissões líquidas zero.*

### ● Integrar economia circular à estratégia

O potencial de geração de valor da economia circular pode ser incluído na estratégia e governança da empresa. Isso pode vir na forma de declarações de missão, compromissos, metas e planos. Com as estratégias de clima e economia circular implementadas, serão necessárias ferramentas e métricas para medir o progresso. Por exemplo, as empresas podem medir como a circularidade reduz as emissões de GEE, reduz custos, aprimora o relacionamento com os clientes, diferencia a empresa da concorrência e estimula a inovação. Por exemplo, a empresa de roupas esportivas ao ar livre, Houdini, pretende ter seus produtos e cadeias de suprimentos 100% circulares até 2030. Parte de sua estratégia é publicar um relatório anual de *Avaliação de Limites Planetários*, destacando o impacto das operações da empresa e seu progresso em direção a um status positivo para o impacto.<sup>159</sup>

### ● Pilotar, inovar e investir

Por meio de projetos piloto, incubadoras e projetos de demonstração, soluções circulares de negócios podem ser testadas e uma melhor compreensão pode ser obtida a partir dos benefícios que eles geram para os negócios, a sociedade e o meio ambiente. Por exemplo, foi por meio de anos de teste de design e processo completamente novos que a Adidas fez uma inovação revolucionária com o Futurecraft.Looped, o primeiro tênis de corrida de desempenho 100% reciclável, feito a partir de um único material que pode ser transformado em um novo tênis.<sup>160</sup> As empresas também podem

ajudar a impulsionar a inovação circular usando seus fundos de investimento ou fundos internos dedicados para apoiar pequenas empresas inovadoras.<sup>161</sup>

### ● Campanhas de comunicação corporativa e conscientização pública

A adesão pública dos clientes pode ser gerada por meio de campanhas corporativas de comunicação e conscientização pública. O objetivo dessas campanhas seria estabelecer confiança em produtos e materiais secundários e informar os usuários sobre eles, ajudá-los a aceitar e apreciar modelos de acesso no lugar da propriedade e aumentar a conscientização pública sobre o potencial de redução de emissões de GEE que essas oportunidades de economia circular trazem. Exemplos de campanhas eficazes que visam estimular o reuso, a reciclagem e o design de produtos com eficiência de recursos incluem, entre muitos outros, o Get Plastic Wise da Unilever,<sup>162</sup> World Without Waste da Coca-Cola<sup>163</sup> e Don't Buy This Jacket da Patagonia.<sup>164</sup>

### ● Estimular a colaboração

O combate às mudanças climáticas é muito complexo para ser abordado com esforços isolados. Quando se trata de fluxos de materiais complexos, como plásticos, têxteis ou alimentos, toda a cadeia de valor precisa cooperar e se alinhar em torno de uma visão comum. Altos níveis de comprometimento, incentivos e ações em nível pré-competitivo são necessários para aqueles que têm interesse na maneira como os materiais circulam na economia. Por exemplo, o Jeans Redesign, criado pela iniciativa Make Fashion Circular, da Ellen MacArthur Foundation, reuniu mais de 40 especialistas em jeans da academia, marcas, varejistas, fabricantes, colecionadores, classificadores e ONGs, para codesenvolver diretrizes sobre o que é 'bom' para o jeans. As Diretrizes para o Redesign do Jeans estabelecem requisitos mínimos de durabilidade, saúde do material, reciclabilidade e rastreabilidade do vestuário. Com base nos princípios da economia circular, as diretrizes trabalharão para garantir que o jeans dure mais, possa ser facilmente reciclado e fabricado de modo que seja melhor para o meio ambiente e para a saúde dos trabalhadores da moda.<sup>165</sup>

## O PAPEL DOS INVESTIDORES

*Apoiar, financiar e ampliar as oportunidades de uma economia circular de emissões líquidas zero.*

### ● Mobilizar capital para investimentos em economia circular

Os investidores podem desempenhar um papel essencial em direcionar mais ativos e capital para empresas que capturam valores mais altos nas cadeias de suprimentos circulares (por exemplo, através da inovação de produtos, esforços de aumento de escala e desenvolvimento de mercados para materiais secundários e bens reconicionados), oferecendo a oportunidade de reduzir significativamente as emissões de GEE e gerar maior resiliência às mudanças climáticas. As estratégias que podem aumentar a capacidade de financiamento de modelos de negócios circulares incluem: levar em consideração o valor de fim de vida dos produtos para um caso de negócios financeiro, determinar o valor residual de produtos usados em mercados de segunda mão, oferecer múltiplas formas de capital, como financiamento bancário, capital de risco, financiamento no mercado de capitais e investimento de impacto, otimizar o fluxo de caixa e reduzir o período de retorno para gerenciar o risco de contratos com modelos de negócios circulares (por exemplo, cobrando taxas mais altas nos primeiros anos de modelos de pagamento por uso) e oferecer oportunidades de contrato no lugar de retenção de ativos para modelos de negócios baseados em serviços.<sup>166</sup> Por exemplo, o Banco Intesa Sanpaolo e o Banco Europeu de Investimento (EIB) estão cooperando para fornecer uma linha de crédito de €1 bilhão para apoiar projetos de economia circular realizados por empresas de médio porte e PMEs italianas.<sup>167</sup>

### ● Reconhecer e avaliar os benefícios de redução de riscos dos investimentos em economia circular

Modelos de risco e preços avaliam a volatilidade dos preços de materiais, o risco de crédito, a avaliação de ativos e o gerenciamento de produtos e ativos em

modelos de negócios circulares.<sup>168</sup> Ajustar esses modelos de risco e preço para levar em conta as considerações da economia circular pode ajudar os investidores a demonstrar que uma economia circular é uma estratégia eficaz para reduzir os níveis de risco climático e outros riscos sistêmicos, incluindo a volatilidade causada pelas mudanças climáticas, em suas carteiras de investimentos, e gerar um portfólio de negócios que implementaram estratégias de economia circular. Além disso, os modelos de negócios circulares podem melhorar o desempenho ambiental, social e de governança.<sup>169</sup>

### ● Fornecer consultoria financeira

Os bancos que adquirem experiência na avaliação de bens para reúso e reforma podem apoiar as empresas que buscam consultoria especializada em investimentos sobre a melhor forma de mitigar riscos ou melhorar a capacidade de financiamento de seus projetos.<sup>170</sup> Isso exigirá o envolvimento de PMEs para superar a atual lacuna de conhecimento sobre riscos e modelos de negócios circulares. Com a experiência em modelos de negócios circulares, o suporte ao investidor pode ser fornecido ao analisar projetos circulares, identificar pontos fracos e oportunidades de melhoria e aconselhar incentivos financeiros para modelos de negócios circulares.<sup>171</sup> Também é possível definir requisitos para os planos das empresas e negócios do portfólio para incorporar sustentabilidade e circularidade. Para empresas que atualmente não são financiáveis, os bancos podem oferecer consultoria sobre fontes alternativas de financiamento e suporte em modelos de negócios desafiadores e riscos tecnológicos.<sup>172</sup> Por exemplo, a Circularity Capital oferece financiamento de capital para PMEs que inovam no campo da economia circular e também fornece serviços como suporte estratégico, suporte operacional especializado, capacitação e desenvolvimento do mercado comercial.<sup>173</sup> O objetivo é ajudar as empresas a cumprir seus planos estratégicos de economia circular e identificar tendências de mercado, inovação e oportunidades de realização de valor.

## O PAPEL DA ACADEMIA

*Ensinar, pesquisar e demonstrar as oportunidades de uma economia circular de emissões líquidas zero.*

### ● **Ensinar para a economia circular**

Incorporar os princípios da economia circular ao ensino em todas as idades da aprendizagem apoia uma mudança de mentalidade que permitirá que futuros líderes e jovens profissionais obtenham ideias, habilidades e capacidades da economia circular que possam levar adiante em suas carreiras. Isso dá suporte à mudança de conhecimento e habilidades necessária para mudar para uma economia baixa em carbono. Por exemplo, a TU Delft, na Holanda, desenvolveu um MOOC ("Economia circular para um ambiente construído sustentável") acessível a estudantes e profissionais, e a Universidade de Exeter oferece várias oportunidades de aprendizado por meio de seu Centro de Economia Circular, incluindo o Grande Desafio para endereçar as mudanças climáticas.

### ● **Estimular a pesquisa sobre a economia circular**

Como mecanismo de inovação, a pesquisa aplicada pode fornecer os insights e conhecimentos críticos necessários para iniciar mudanças no setor e nas políticas públicas. O estímulo à pesquisa acadêmica sobre economia circular, em que muitos tópicos cruciais permanecem inexplorados ou em um estágio inicial de estudo, será vital para o desenvolvimento de compreensão e conhecimento para apoiar a indústria a agir de maneira diferente e combater as mudanças climáticas. O Instituto de tecnologia de Rochester estabeleceu, em parceria com a indústria, o Instituto REMADE, que viabilizará a pesquisa aplicada em estágio inicial e o desenvolvimento de tecnologias que possam reduzir drasticamente as emissões incorporadas de energia e carbono associadas à produção e processamento de materiais em escala industrial. Por meio do CircEL, a University College of London

tem uma incrível iniciativa entre faculdades e disciplinas, com o objetivo de usar os conhecimentos da universidade para melhorar o design de edifícios e produtos com uma visão de reúso, reciclagem e retorno dos materiais à economia.

### ● **Inovação liderada por estudantes**

As iniciativas que impulsionam soluções circulares por meio do comprometimento, aplicação e exploração do tema pelos estudantes podem ser condutoras da transição para uma economia circular. A Georgia Tech University lançou um Desafio de Redução de Carbono para incentivar os alunos a passar o verão trabalhando com a indústria no desenvolvimento de novas ideias e tecnologias para reduzir a pegada de carbono da organização com a qual estavam trabalhando.

### ● **Gerenciamento de propriedades**

Os campi universitários geralmente são grandes propriedades com alto poder de compra e cadeias de suprimentos complexas. Essas organizações podem atuar como demonstradores de práticas de economia circular em suas operações imobiliárias e como líderes locais. Muitas universidades têm planos ambiciosos para campi mais sustentáveis e metas de redução de emissões. Por exemplo, a Bradford University pretende reduzir as emissões de carbono em 50% até 2020 e, em 2018, já havia feito uma redução de 30%. Ela está classificada em 14º lugar no UI GreenMetric World University Rankings.

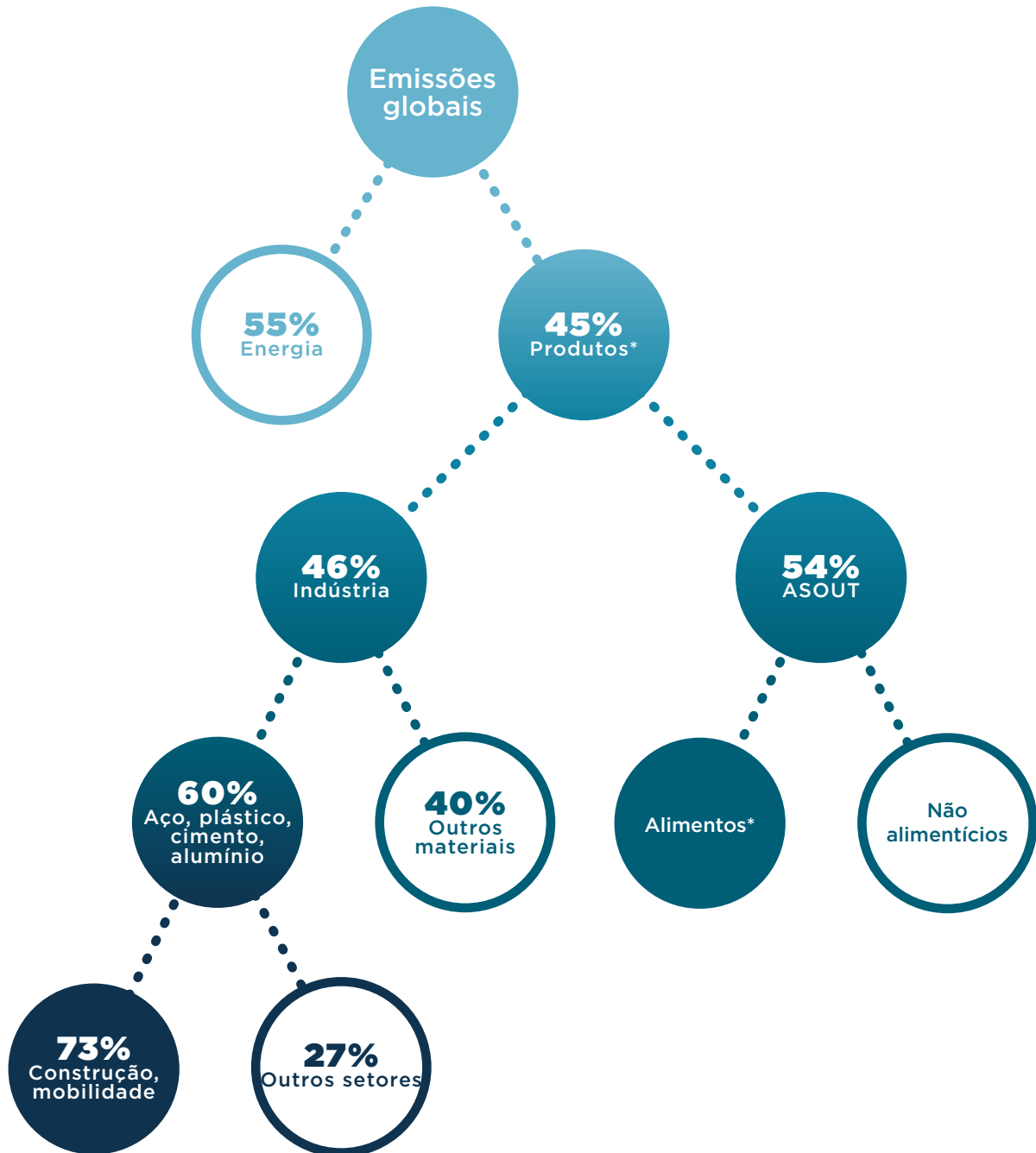
### ● **Liderar e influenciar a mudança local**

As universidades geralmente têm influência local significativa e atuam como líderes e agentes de mudança. Trabalhando em conjunto com seus municípios (ou financiadores regionais/nacionais), as universidades podem ser a força motriz de um movimento coletivo para uma economia circular, abordando uma série de desafios climáticos em andamento. Por exemplo, a Arizona State University colabora com parceiros locais na área da Grande Phoenix e com a cidade de Phoenix para pesquisar, desenvolver e implementar soluções de economia circular que beneficiam as comunidades regionais e melhoram o meio ambiente.<sup>174</sup>

# Anexo

## FIGURA 10: UMA ILUSTRAÇÃO DO ESCOPO DESTA ARTIGO

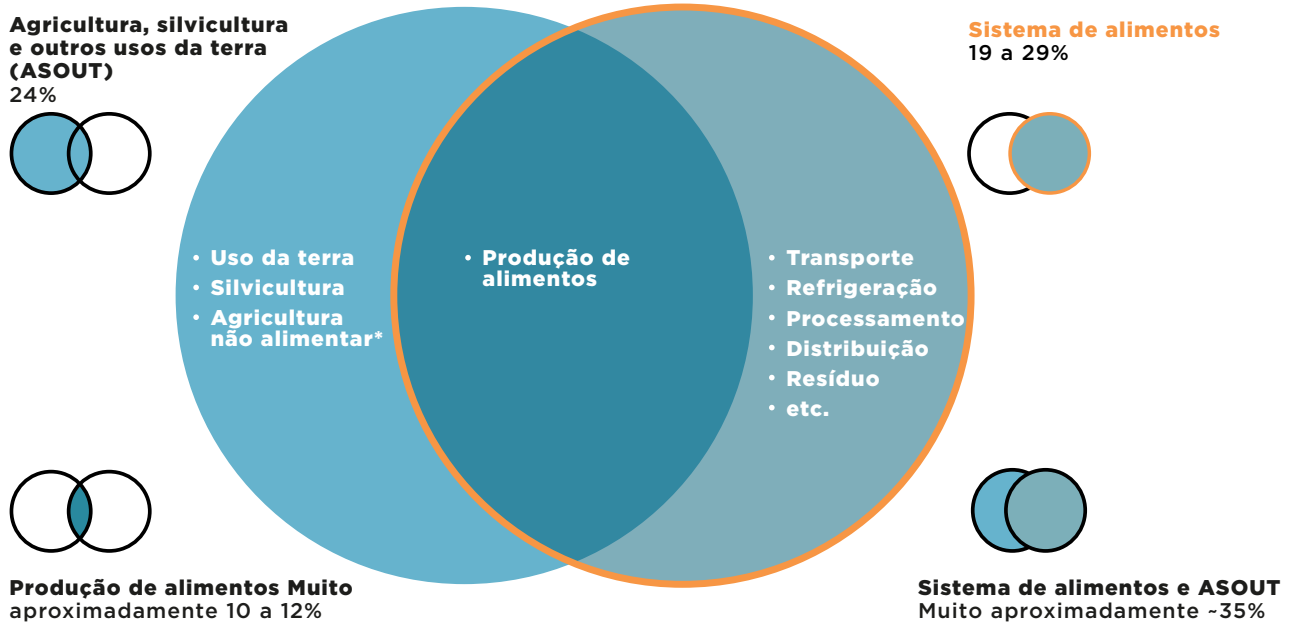
Os círculos brancos mostram as áreas que este artigo não aborda



\* O foco deste artigo está no "sistema alimentar", que inclui: produção de alimentos, logística de alimentos (processamento, distribuição, armazenamento) e emissões diretas de resíduos alimentares. A Figura 11 mostra a relação entre as emissões do sistema alimentar e as do setor ASOUT.

## FIGURA 11: ESCOPO DO SISTEMA DE ALIMENTOS DESTE ARTIGO

% de emissões mundiais, 2010



As emissões mundiais do sistema de alimentos estão interligadas às geradas pelo setor ASOUT, sendo a sobreposição definida como produção de alimentos. As emissões do "sistema alimentar" são definidas neste documento como compreendendo: produção de alimentos, logística de alimentos (processamento, distribuição, armazenamento) e emissões diretas de resíduos alimentares.

\* A agricultura não alimentar inclui, por exemplo, algodão.



# Referências

- 1 World Economic Forum, Global Risks 2016, 11ª edição (2016)
- 2 C40, Protecting our capital; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Chapter 3: Impacts of 1.5°C of global warming on natural and human systems" em Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty (2018)
- 3 United Nations Environment Programme (UNEP), Emissions gap report 2018
- 4 UNEP, Emissions gap report 2018; Energy Transitions Commission, Better energy, greater prosperity: achievable pathways to low-carbon energy systems (2017)
- 5 The Futures Centre, The growing middle class
- 6 International Resource Panel (IRP), Global resources outlook 2018: natural resources for the future we want; Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (ISPBE), Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services (2019)
- 7 IPCC, Global warming of 1.5°C: summary for policymakers (2018)
- 8 UNEP, Emissions gap report 2018
- 9 International Renewable Energy Agency (IRENA), Global energy transformation: a roadmap to 2050 (2018)
- 10 BloombergNEF, New energy outlook 2019
- 11 IRENA, Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables (2019)
- 12 PricewaterhouseCoopers (PwC), The Low Carbon Economy Index 2019: emissions relapse (2019)
- 13 International Energy Agency (IEA), World energy investment 2019: executive summary (2019); IRENA, Global energy transformation: a roadmap to 2050 (2018)
- 14 IPCC, Climate change 2014: mitigation of climate change, Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2014); United States Environmental Protection Agency, Global greenhouse gas emissions data
- 15 IRP and UNEP, Global resources outlook 2019: natural resources for the future we want
- 16 IPCC, Climate change 2014: mitigation of climate change, Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2014); United States Environmental Protection Agency, Global greenhouse gas emissions data
- 17 Material Economics, Industrial transformation 2050: pathways to net-zero emissions from EU heavy industry (2019)
- 18 Ibid.
- 19 World Benchmark Alliance, Measuring what matters most: seven systems transformations for benchmarking companies on the SDGs (2019); United Nations, The Sustainable Development Goals agenda; International Resource Panel, Food systems and natural resources (2016)
- 20 Ibid.
- 21 Material Economics, Industrial transformation 2050: pathways to net-zero emissions from EU heavy industry (2019)
- 22 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015)
- 23 World Resource Institute (WRI), Creating a sustainable food future: reducing food loss and waste (June 2013)
- 24 Ellen MacArthur Foundation, The new plastic economy: rethinking the future of plastics (2014)
- 25 ClimateTechWiki, Carbon sink and low-carbon building materials
- 26 Ibid.
- 27 Drawdown, Land use: bamboo
- 28 IRP and UNEP, The weight of cities: resource requirements of future urbanization (2018)
- 29 Material Economics, Industrial transformation 2050: pathways to net-zero emissions from EU heavy industry (2019)
- 30 Favier, A., De Wolf, C., Scrivener, K. L., and Habert, G., A sustainable future for the European cement and concrete industry (2018)
- 31 Ellen MacArthur Foundation, Splosh: how re-thinking the business model for cleaning products can influence design
- 32 Ellen MacArthur Foundation, A new textiles economy: redesigning fashion's future (2017)
- 33 Business Europe, Renault's remanufacturing of spare parts (2017)
- 34 Material Economics, Industrial transformation 2050: pathways to net-zero emissions from EU heavy industry (2019)
- 35 Ellen MacArthur Foundation, The new plastics economy: rethinking the future of plastics (2016)
- 36 IPCC, Climate change 2014: mitigation of climate change, Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2014)
- 37 Material Economics, Industrial transformation 2050: pathways to net-zero emissions from EU heavy industry (2019)
- 38 Chatham House, Making concrete change: innovation in low-carbon cement and concrete (2018)
- 39 Material Economics, Industrial transformation 2050: pathways to net-zero emissions from EU heavy industry (2019)
- 40 Ellen MacArthur Foundation, The new plastics economy: catalysing action (2017)
- 41 Material Economics, *The circular economy: A powerful force for climate mitigation* (2018).
- 42 Favier, A., De Wolf, C., Scrivener, K. L., and Habert, G., A sustainable future for the European cement and concrete industry (2018)
- 43 Global Benchmarking Alliance, Measuring what matters most: seven systems transformations for benchmarking companies on the SDGs (2019); United Nations High-Level Political Forum on Sustainable Development, 2018 HLPF Review of SDGs implementation: SDG12 – ensure sustainable consumption and production patterns (2018)
- 44 UNEP and IEA, Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector, Global Status Report 2017
- 45 IRP and UNEP, The weight of cities: resource requirements of future urbanization (2018)
- 46 Ibid.

- 47 Architecture 2030, New buildings: embodied carbon
- 48 Material Economics, Industrial transformation 2050: pathways to net-zero emissions from EU heavy industry (2019)
- 49 Ibid.
- 50 World Bank, What a waste: a global review of solid waste management (2012); Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015)
- 51 Ellen MacArthur Foundation, A circular economy in Brazil: case study appendix (2017); Whirlwind Steel, Impacts of 3D printing on the construction industry (30 de março de 2016)
- 52 Waste and Resources Action Programme (WRAP), Waste reduction potential of offsite volumetric construction
- 53 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, **Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe** (2015)
- 54 London Waste and Recycling Board, Towards a circular economy - context and opportunities (2015)
- 55 Gijsbers, Ir. R., Towards adaptability in structures to extend the functional lifespan of buildings related to flexibility in future use of space, TU/e: International Conference on Adaptable Building Structures (2006)
- 56 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015)
- 57 Honicet, M., et al., Data- and stakeholder-management framework for the implementation of BIM-based material passports, "Journal of Building Engineering" (2019); Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015)
- 58 Circle Economy, Fabric, TNO, and Gemeente Amsterdam, Circular Amsterdam: a vision and action agenda for the city and metropolitan area (2016)
- 59 Ellen MacArthur Foundation, Circular economy in India: rethinking growth for long-term prosperity (2016)
- 60 Ellen MacArthur Foundation, Circular economy in cities (2019)
- 61 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015)
- 62 IRP and UNEP, The weight of cities: resource requirements of future urbanization (2018); Salat, S., Bourdic, L., and Kamiya, M., Economic foundations for sustainable urbanization: a study on three-pronged approach: planned city extensions, legal framework, and municipal finance (2017)
- 63 New Climate Economy, Better growth, better climate: the new climate economy report (2014)
- 64 IRP and UNEP, The weight of cities: resource requirements of future urbanization (2018)
- 65 Ellen MacArthur Foundation and Arup, The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China (2018)
- 66 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015); Ellen MacArthur Foundation, Circular economy in India: rethinking growth for long-term prosperity (2016); Ellen MacArthur Foundation and Arup, The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China (2018)
- 67 C40, The future of urban consumption a 1.5°C world (2019)
- 68 IEA, CO2 emissions statistics (2019); World Economic Forum, The number of cars worldwide is set to double by 2040 (2016)
- 69 Carbon Trust, Automotive: international carbon flows (2010)
- 70 Ibid.
- 71 Material Economics, The circular economy: A powerful force for climate mitigation (2018)
- 72 The International Council on Clean Transportation, European Vehicle Market Statistics 2017/2018 (2018)
- 73 Riversimple, The technology behind the hydrogen car
- 74 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015)
- 75 US Department of Transportation Federal Transit Administration, Public transportation's role in responding to climate change (2010)
- 76 Ellen MacArthur Foundation, CE100 Member Open Motors; OpenMotors
- 77 Ellen MacArthur Foundation, The Circular Economy Applied to the Automotive Industry (2012)
- 78 The Society of Motor Manufacturers and Traders (SMMT), 2018 UK automotive sustainability report (2018)
- 79 S. S. Yang, et al., The impact of automotive product remanufacturing on environmental performance, Elsevier BV (2015)
- 80 European Commission, Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the council on end-of-life vehicles (2000)
- 81 European Automobile Manufacturers Association, Circular Economy (2019)
- 82 Ellen MacArthur Foundation, The circular economy applied to the automotive industry (2012)
- 83 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015)
- 84 Organisation for Economic Co-operation and Development, Urban mobility system upgrade: how shared self-driving cars could change city traffic (2015)
- 85 C40, The future of urban consumption a 1.5°C world (2019)
- 86 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015); Ellen MacArthur Foundation, Circular economy in India: rethinking growth for long-term prosperity (2016); Ellen MacArthur Foundation and Arup, The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China (2018)
- 87 IRP, Food systems and natural resources (2016)
- 88 WRI, 5 questions about agricultural emissions, answered (29 de julho de 2019)
- 89 FAO, Key facts on food loss and waste you should know!
- 90 Indigo, Terraton initiative
- 91 Scarborough, P., et al., Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK, Climatic Change (2014)
- 92 Ellen MacArthur Foundation, Urban biocycles (2017)
- 93 Ellen MacArthur Foundation, Cities and the circular economy for food (2019)
- 94 Maktabifard, M., Zaborowska, E., and Makinia, J., Achieving energy neutrality in wastewater treatment plants through energy savings and enhancing renewable energy production, "Reviews in Environmental Science and Bio/Technology" (2018)
- 95 Visitas pessoais a ETE pelo autor e conversas com equipe técnica

- 96 Metabolic, The global food system: an analysis (março de 2017)
- 97 Project Drawdown, Food – managed grazing (2019)
- 98 Project Drawdown, Food – regenerative agriculture (2019)
- 99 Zhang, W.-F. et al., New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2013)
- 100 ScienceNews, Fertilizer produces far more greenhouse gas than expected (9 de junho de 2014)
- 101 Hristov, et al., An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production (agosto de 2015)
- 102 World Economic Forum, Innovation with a purpose: the role of technology innovation in accelerating food systems transformation (janeiro de 2018)
- 103 Springmann, M., et al., Options for keeping the food system within environmental limits, "Nature" (2018)
- 104 Ellen MacArthur Foundation, Food initiative – igniting a food system transformation
- 105 Winnow
- 106 The New York Times, Cover crops: a farming revolution with deep roots in the past, Stephanie Strom (6 de fevereiro de 2016)
- 107 Global International Geosphere-Biosphere Programme Change, Great acceleration (2015)
- 108 Zero Waste Europe, The story of Sardinia, case study #7 (2016)
- 109 IRP, Food systems and natural resources (2016)
- 110 Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate change and land (2019)
- 111 Food and Land Use Coalition, Growing better: ten critical transitions to transform food and land use (setembro de 2019)
- 112 Business Social Responsibility, Nexis Report: Climate + supply chain – the business case for action (2018)
- 113 Centre for Climate and Energy Solutions, Weathering the storm: building resilience to climate change (2013)
- 114 Auberger, A. et al., Climate change impacts on mining and raw material supply chains, German Environment Agency (2019)
- 115 Ibid.
- 116 Department for Environment, Food and Rural Affairs, A review of national resource strategies and research (2012)
- 117 World Business Council for Business Development, Building resilience in global supply chains (2015); Business Social Responsibility, Why climate resilience and supply chains go hand in hand: how to integrate climate change risks and opportunities into supply chain management (2018)
- 118 World Business Council for Business Development, Building resilience in global supply chains (2015)
- 119 Stockholm Environment Institute, Introducing the Transnational Climate Impacts Index: indicators of country-level exposure – methodology report (2016)
- 120 Business for Social Responsibility, Climate and supply chain management (2018)
- 121 Ibid.
- 122 Ibid.
- 123 McKinsey, Why and how utilities should start to manage climate-change risk (2019)
- 124 Carbon Disclosure Project, Major risk of rosy opportunity (2018)
- 125 Arup and Rockefeller Foundation, City Resilience Index (2014); Stockholm Resilience Centre, Applying resilience thinking: seven principles for building resilience in social-ecological systems (2012)
- 126 Business for Social Responsibility and Driving Sustainable Economies, From agreement to action: mobilising suppliers toward a climate resilient world (2015)
- 127 World Business Council for Business Development, Building resilience in global supply chains (2015)
- 128 Ibid.
- 129 Foresight and Government Office for Science, Future of manufacturing project: evidence paper 35 – sustainability and manufacturing (2013)
- 130 All-Party Parliamentary Sustainable Resource Group and All-Party Parliamentary Manufacturing Group, Triple win: the social, environmental, and economic case for remanufacturing (2014)
- 131 European Commission, Critical raw materials
- 132 IRP and UNEP, Global outlook 2019: natural resources for the future we want (2019)
- 133 Energy Storage, Cycle of life: a circular economy approach to lithium batteries (27 de agosto de 2019)
- 134 Ibid.
- 135 The Economist, Floods and storms are altering American attitudes to climate change (maio de 2019)
- 136 UC Davis Center for Watershed Sciences, Drought's economic impact on agriculture (2016)
- 137 European Commission, Science for environment policy (10 de junho de 2016)
- 138 Vermeulen, S., Campbell, B., and Ingram, J. Climate change and food systems, Annual Review of Environment and Resources (2012)
- 139 IPCC, Climate change and land (2019)
- 140 Massy, C., Call of the Reed Warbler: a new agriculture, a new earth, Chelsea Green Publishing, White River Junction (2018)
- 141 Natural Resources Defence Council, How did Farmer Brown bring his dying land back from the brink? (28 de setembro de 2018)
- 142 UNEP, Andhra Pradesh to become India's first Zero Budget Natural Farming State (junho de 2018)
- 143 UN Environment Assembly of UNEP, Innovative pathways to achieve sustainable consumption and production (2019)
- 144 World Trade Organization (WTO) and UNEP, Making trade work for the environment, prosperity and resilience (2018)
- 145 Organisation for Economic Co-operation and Development and the Resource Efficiency & Circular Economy Project, International trade and the transition to a circular economy – policy highlights (2018)
- 146 European Investment Bank, The EIB in the circular economy
- 147 European Commission, Sustainable finance
- 148 Organisation for Economic Co-operation and Development and the Resource Efficiency & Circular Economy Project, International trade and the transition to a circular economy – policy highlights (2018)
- 149 World Economic Forum, Platform for accelerating the circular economy
- 150 European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee of the regions: united in delivering the Energy Union and Climate Action – setting the foundations for a successful clean energy transition (2019)
- 151 Netherlands Organisation for Applied Scientific Research,

- Effecten van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie en de Transitieagenda's op de emissie van broeikasgassen (2018); The Ministry of Infrastructure and the Environment and the Ministry of Economic Affairs, A circular economy in the Netherlands by 2050 (2016)
- 152 Organisation for Economic Co-operation and Development, General government spending (2018)
- 153 Ellen MacArthur Foundation, Toronto: circular economy procurement implementation plan and framework (2019)
- 154 City of Winnipeg, 2018 City asset management plan (2018)
- 155 De Groene Zaak, Governments going circular (2015)
- 156 World Economic Forum, Sweden is paying people to fix their belongings instead of throwing them away (27 de outubro de 2016)
- 157 Scottish Government, Climate change plan: third report on proposals and policies 2018-2032 (RPP3) (2018)
- 158 The Telegraph, France to ban unsold clothes and electronics from being destroyed in 'world first' (4 de junho de 2019)
- 159 Houdini, Planetary Boundaries Assessment (2019)
- 160 Quartz, Adidas's zero-waste sneaker is a simple idea that took years to execute (2019)
- 161 Oliver Wyman, Supporting the circular economy transition: the role of the financial sector in the Netherlands (2017)
- 162 Unilever, Our five point plastics plan in the UK and Ireland (2019)
- 163 Coca-Cola, A world without waste: Coca-Cola announces ambitious sustainable packaging goal (2018)
- 164 Patagonia, Don't buy this jacket, black Friday and the New York Times (2011)
- 165 Ellen MacArthur Foundation, The jeans redesign: guideline (2019)
- 166 ING, Financing the circular economy (2015)
- 167 Intesa SanPaolo, From Intesa Sanpaolo and the EIB 1 billion euro for Midcaps and the Circular Economy (2019)
- 168 ING, Financing the circular economy (2015)
- 169 CDC Investment Works - ESG Toolkit, Resource efficiency and the circular economy (2018)
- 170 Oliver Wyman, Supporting the circular economy transition: the role of the financial sector in the Netherlands (2017)
- 171 ING, Financing the circular economy (2015)
- 172 Oliver Wyman, Supporting the circular economy transition: the role of the financial sector in the Netherlands (2017)
- 173 Circular Capital, Our approach.
- 174 Arizona State University, Economic Impact Opportunity of Circular Economy in Phoenix



© COPYRIGHT 2019 ELLEN MACARTHUR FOUNDATION

[www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org)

Nº do registro de organização sem fins lucrativos: 1130306

Nº do registro de OSCR: SC043120

Nº da empresa: 6897785