



## Logística e Economia Circular Contribuindo com a Sustentabilidade

**Mauro Campello**

FATEC Cotia (mauro.campello@fatec.sp.gov.br)

### Resumo

A presente pesquisa objetiva verificar como a logística e a economia circular contribuem com a sustentabilidade. Analisa-se o processo atual de produção e os impactos ao planeta, pessoas e negócios. São apresentados os conceitos de logística, sua evolução e contribuição para a produção, bem como logística reversa, sustentabilidade e aspectos correlatos à mesma e, também, sobre economia circular, seu conceito e benefícios, e, então, verifica-se como esse novo modelo de produção, juntamente com a logística, contribuem com a melhoria da situação atual e com a sustentabilidade. O modelo tradicional de produção de bens e serviços usa, de modo geral, recursos extraídos da natureza em uma velocidade elevada, sem que haja tempo de sua regeneração. No final do processo de produção e no pós-consumo dos produtos, ocorre um acúmulo de resíduos nem sempre adequadamente descartado, com impactos negativos. Entretanto, muitas vezes, esse resíduo tem valor, quando bem processado, além de poder ser reaproveitado como insumo de outros processos e, em um limite maior, nem existir. Esse é o novo conceito produção, a economia circular, com mudanças significativas, não só na produção, mas em todo o processo, alterando produção, consumo, relacionamento entre os atores da cadeia de suprimentos, além do próprio negócio.

**Palavras-chave:** Economia Circular, Economia Linear, Logística, Sustentabilidade.

### Abstract

*This research aims to determine how logistics and the circular economy contribute to sustainability. It analyzes the current production process and its impacts on the planet, people, and businesses. It presents the concepts of logistics, its evolution, and contribution to production, as well as reverse logistics, sustainability, and related aspects. It also discusses the circular economy, its concept, and benefits. It then examines how this new production model, together with logistics, contributes to improving the current situation and sustainability. The traditional model of producing goods and services generally uses resources extracted from nature at a rapid rate, without allowing time for their regeneration. At the end of the production process and after product consumption, waste accumulates, which is not always properly disposed of, resulting in negative impacts. However, this waste often has value when properly processed and can*



## Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

*be reused as an input for other processes, and, to a greater extent, may not even exist. This is the new concept of production, the circular economy, with significant changes, not only in production, but throughout the entire process, altering production, consumption, relationships between actors in the supply chain, and the business itself.*

**Keywords:** Circular Economy, Linear Economy; Logistics; Sustainability.

### **Resumen**

*Esta investigación busca determinar cómo la logística y la economía circular contribuyen a la sostenibilidad. Analiza el proceso productivo actual y su impacto en el planeta, las personas y las empresas. Presenta los conceptos de logística, su evolución y contribución a la producción, así como la logística inversa, la sostenibilidad y aspectos relacionados. También aborda la economía circular, su concepto y beneficios. A continuación, examina cómo este nuevo modelo productivo, junto con la logística, contribuye a mejorar la situación actual y la sostenibilidad. El modelo tradicional de producción de bienes y servicios generalmente utiliza recursos extraídos de la naturaleza a un ritmo acelerado, sin tiempo para su regeneración. Al final del proceso productivo y tras el consumo del producto, se acumulan residuos, que no siempre se eliminan adecuadamente, lo que genera impactos negativos. Sin embargo, estos residuos suelen tener valor cuando se procesan adecuadamente y pueden reutilizarse como insumo para otros procesos, e incluso, en mayor medida, pueden no existir. Este es el nuevo concepto de producción, la economía circular, con cambios significativos, no solo en la producción, sino en todo el proceso, alterando la producción, el consumo, las relaciones entre los actores de la cadena de suministro y la propia empresa.*

**Palabras clave:** Economía Circular, Economía lineal, Logística, Sostenibilidad.

## **1. INTRODUÇÃO**

Após a 1<sup>a</sup>. Revolução Industrial, o processo de produção vem mudando e evoluindo rapidamente ao longo do tempo com diversas descobertas e invenções logo incorporadas no dia a dia das pessoas envolvidas na produção e empresas, visando maior produtividade, qualidade e resultados, além da satisfação dos clientes. Desde a produção manual (artesanal) até a Indústria 4.0, muitas mudanças aconteceram na busca de melhores resultados e crescimento dos negócios.

Em diversos processos produtivos, as matérias-primas principais são extraídas da natureza em velocidade cada vez mais elevada, não permitindo a recuperação do planeta. Por outro lado, muitos resíduos do processo de produção e do pós-consumo contribuem para impactos ao meio ambiente e ao ser humano, com sérias consequências: poluição do



## Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

ar, solo e água, aquecimento global, problemas de saúde, doenças respiratórias entre outros.

O processo atual de produção de bens ou serviços é baseado na exploração, produção propriamente dita, consumo e descarte final, a chamada economia linear. Com certeza, esse processo tem algumas implicações negativas, como a exploração desenfreada de recursos naturais, além do descarte final, muitas vezes feito de forma indevida, com sérios problemas ao meio ambiente.

O artigo tem como objetivo analisar como logística e a economia circular contribuem com a sustentabilidade, apresentando conceitos diversos, como o processo atual de produção - a economia linear, e um conceito diferente e alternativo, a economia circular, com mudanças em muitos aspectos, principalmente na forma de exploração dos recursos naturais e no descarte, com o objetivo ideal de chegar ao volume zero de resíduos ou bem próximo disso.

Também são feitas considerações sobre logística, sua evolução e contribuição para a produção, bem como sobre a logística reversa, sustentabilidade de forma a entender como a logística e a economia circular podem contribuir para a sustentabilidade.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Será apresentada uma visão geral da produção ao longo do tempo e outros conceitos relevantes para a pesquisa em geral.

A evolução da produção, com os anos, passa por mudanças profundas que buscam o atendimento das necessidades, muitas vezes podendo se questionar o progresso atingido em função de alguns impactos não positivos. Tais mudanças acontecem de forma tão significativa que refletem na forma como a sociedade vive, consome e se relaciona.

Pode-se considerar que até meados de 1760 existia uma sociedade principalmente agrícola com emprego da força física e uma vida praticamente sem tecnologia, comparada à tecnologia atual (Santos, 2020), com produção artesanal. Posteriormente e até meados de 1980, a sociedade se transforma em industrial com uso da força da máquina, o que gerou forte aumento da produção com facilidade de atingir novos mercados. De 1980 até hoje, vive-se uma sociedade digital, com a conectividade e uso intenso de diversas áreas da tecnologia da informação (TI) e da tecnologia da informação e comunicação (TIC), onde tudo acontece e muda de forma muito rápida.

Nesse ambiente, com fortes e rápidas mudanças, são necessárias novas habilidades nas pessoas, além de novos modelos de negócios, como, por exemplo, as relações bancárias feitas por internet ou aplicativos bancários sem necessidade de ir às agências, e também nos governos, em termos de atualização de legislações específicas e fiscalização e controle das ações necessárias, permitindo facilidade para a população ao demandar tais serviços.

## 2.1. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

De acordo com Santos (2020), e de forma resumida, o mundo vivenciou quatro grandes revoluções industriais.

A 1ª. Revolução Industrial ocorreu na Inglaterra na segunda metade do século XVIII e apresentou os seguintes fatos marcantes: uso do carvão mineral, máquina a vapor, ferro e a indústria têxtil. A grande mudança foi a passagem do trabalho artesanal, com baixo volume de produção, para o trabalho mecânico, com altos volumes produzidos. Surgem as primeiras estradas de ferro, com superior capacidade de transporte e maior velocidade, possibilitando mais alcance da produção. A 2ª. Revolução Industrial data de meados do século XIX e seus fatos mais relevantes são: eletricidade, desenvolvimento da química, conceitos de gestão. A massificação da manufatura é presente. Surge o avião, refrigeradores, alimentos enlatados e os primeiros telefones.

Já a 3ª. Revolução Industrial surgiu na segunda metade do século XX e tem como principal matéria-prima a informação, sendo marcada por: computador, avanços diversos em praticamente todas as áreas do conhecimento, manipulação atômica e tecnologia espacial, além da exploração do petróleo. Na 4ª. Revolução Industrial, a marca principal é a forte utilização da TI na indústria.

A 4ª. Revolução Industrial reúne o conceito de fábrica inteligente, agregando diversos aspectos tecnológicos: inteligência artificial (IA), internet das coisas, *big data*, computação em nuvem, impressão 3D, entre outros. É a Indústria 4.0, conceito que une automação e tecnologia da informação, bem como outras inovações tecnológicas desses campos, aplicadas na manufatura, onde ocorre a substituição do homem pela máquina, fato que já vem acontecendo faz tempo, ou seja, um salto tecnológico com intenso uso da automação de modo que robôs desempenhem funções cada vez mais complexas.

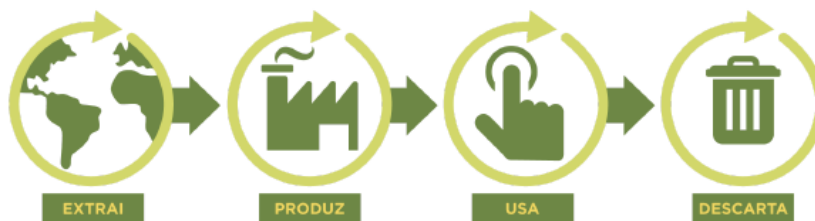
Para alguns autores, seria o caminho para a 5ª. Revolução com a conexão do homem, da máquina e do mundo na era da inteligência artificial, que não é tão nova assim.

## 2.2. A ECONOMIA LINEAR

O avanço da tecnologia e da industrialização provocaram transformações diversas na vida humana como novos materiais, praticidade no dia a dia, com aumento da expectativa de vida. Assim, com o crescimento das necessidades humanas - hoje são mais de 8,0 bilhões de habitantes, com previsão de 9,0 bilhões em 2030, a exploração de recursos naturais é diretamente proporcional ao crescimento da população, trazendo impactos sérios e desgastes ao meio ambiente (Campello, 2020a).

Esse é o modelo da economia linear, baseado na extração, produção, uso e descarte de recursos e materiais, sem levar em conta a capacidade regenerativa do planeta.

O modelo é apresentado na Figura 1.



**Figura 1:** Economia linear.  
**Fonte:** SENAI (2020)

O desenvolvimento tecnológico contribui com a otimização de processos produtivos, acelera a produção em níveis cada vez maiores, contribui com ganhos de capacidade e maior produtividade, mas com maior exploração dos recursos naturais.

Tal exploração contribui para o desgaste de reservas naturais importantes com duas possibilidades bem marcantes: escassez de recursos naturais e indisponibilidade de matérias-primas para a indústria (Campello, 2020b). No primeiro caso, a maior exploração e de forma mais rápida que a capacidade de regeneração provoca desgaste no ecossistema. Já no segundo caso, ocorre impacto nas reservas globais e empresas terão problemas com suprimento de matérias-primas e o resultado, além da indisponibilidade das matérias e volatilidade no custo das *commodities* (Campello, 2020a).

Situação crítica, pois compromete, dentro de certo tempo, a continuidade de muitos negócios com alto impacto social pela perda de empregos (Campello, 2020b).

Podem-se ser destacados quatro riscos nesse processo de economia linear: risco de suprimento pela falta de recursos naturais pela exaustão atual verificada e seus impactos ambientais; risco de competitividade devido à obsolescência programada que afeta a qualidade dos produtos; risco de conflitos pela perda de colaboração na cadeia produtiva; risco de sobrevivência no futuro. Tais riscos citados exigem uma boa gestão por parte das empresas de forma a mitigá-los e na definição de investimentos nos negócios (Campello, 2020a).

### 2.3. LOGÍSTICA: DEFINIÇÕES

À medida que a produção aumentou ao longo dos anos, um conceito também evoluiu: a logística.

A logística tem uma importância e participação intensa no processo produtivo, seja qual for esse processo - bens ou serviços. É uma área que vem se desenvolvendo rapidamente, tanto pela demanda por maior produção, como pela aplicação cada vez maior da TI na logística, comentam Cavalcanti *et al.* (2019). Apesar dos diversos conceitos existentes em relação à logística, aqui serão analisados alguns mais comuns, segundo autores que atribuem diferentes significados para a palavra logística e suas aplicações diversas.

De acordo com Ballou (2006), a logística trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos/serviços, desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que



colocam os produtos em movimento com o propósito de providenciar níveis adequados de satisfação aos clientes a um custo razoável.

Daskin (1995) comenta que logística pode ser definida como o planejamento e operação de sistemas físicos, informacionais e gerenciais necessários para que insumos e produtos vençam condicionantes espaciais e temporais de forma econômica.

Para Christopher (1997), logística está relacionada ao processo de gerenciar a compra, o monitoramento e a armazenagem de materiais, peças e produtos acabados por meio da organização, de forma a maximizar a lucratividade presente e futura com a utilização de um atendimento de baixo custo.

É clara a preocupação com os custos da operação nas visões dos três autores citados, o que é um fator importante na produção - baixo custo - e nos resultados - maximização do lucro, uma vez que custos logísticos têm uma participação significativa no custo total da produção. Outro aspecto importante, segundo um dos autores citados, é o fluxo de informações necessárias no processo, úteis para o controle e apurações devidas dos resultados.

Com base nas definições apresentadas, Christopher (1997) menciona a logística como o processo de gerenciar as operações de modo a aumentar o lucro presente e futuro com baixo custo de atendimento; Daskin (1995) a vê como o planejamento e operação de sistemas, voltados à economia, enquanto Ballou (2006) também destaca os níveis de qualidade exigidos pelos clientes, visualizando a logística de uma forma mais ampla, uma visão empresarial, alcançando um custo razoável no processo.

Desta forma, todas as definições se referem à logística como um planejamento voltado a alcançar um meio de minimizar custos, otimizar processos operacionais, satisfazer clientes e aumentar o lucro dos processos e das operações (Cavalcanti *et al.*, 2019).

## 2.4. LOGÍSTICA REVERSA

Com aplicação cada vez mais intensa da tecnologia na logística e o atendimento de outras necessidades de natureza ambiental, surge a logística reversa. O Ministério do Meio Ambiente cita que o objetivo da logística reversa é o retorno dos bens utilizados no consumo do adquirente no ciclo de negócios, seja no pós-venda e no pós-consumo o que permite economia no processo produtivo das empresas, pois tais resíduos entram novamente na cadeia produtiva, diminuindo o consumo de matérias-primas e a poluição. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº. 13205, de 02/08/2010, caracteriza a logística reversa como uma cadeia de ações que visa a coleta e direcionamento adequado de resíduos sólidos das empresas para reaproveitamento no ciclo produtivo das mesmas, ou em caso de não ser material reaproveitável, a destinação ambiental correta (Campello, 2020b).

Segundo Leite (2009), a logística reversa é a área da logística empresarial que planeja, opera e controla os fluxos, as informações logísticas correspondentes, o retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através dos

canais de distribuição reversos, com agregação de valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

A logística reversa envolve um processo de planejamento, implantação e controle de eficiência das matérias-primas utilizadas na produção que acontece desde o ponto de origem, o consumo e o descarte de forma que, ao fim do ciclo de consumo pelo cliente, seja alcançada a recuperação de valor e se utilize um descarte correto, com menor impacto ambiental possível (Campello, 2020a).

Para Fleischmann *et al.* (1997), a logística reversa é o processo de organização, efetivação e controle eficiente e eficaz do fluxo de entradas e guarda de materiais, inclusive os menos importantes, processo distinto no sentido comum da cadeia de abastecimento, com a finalidade de reaver valor ou descartar materiais de forma correta.

Stock (1998) cita que a logística reversa trabalha a reciclagem via retorno de materiais anteriormente consumidos, troca de produtos, reutilização de produtos, distribuição ordenada de resíduos e remanufatura de bens retornados.

Já Rogers e Tibben-lembeke (1999), citam a logística reversa como o processo de organização, execução e gestão de produtos acabados, além das respectivas tratativas de movimentações desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com a finalidade de agregar valor ou adequar a sua correta destinação.

Assim pode-se notar o grande avanço e aprimoramento da logística reversa com o passar dos anos, fruto de pesquisas e desenvolvimento contínuos.

As principais razões que levam as empresas aderirem ao processo de logística reversa são: legislação ambiental; benefícios econômicos gerados pela reutilização; conscientização ambiental partindo dos consumidores; razões competitivas no mercado; proteção da margem de lucro; recaptura de valores e ativos (Peña *et al.*, 2017).

## 2.5. SUSTENTABILIDADE

Observando-se os diversos avanços tecnológicos e científicos que ocorreram ao longo dos anos, percebe-se que a espécie humana também passou por profunda evolução. O crescimento acelerado da população e a intensa utilização da tecnologia na produção geraram uma exploração de recursos naturais de forma inconsciente e com maior velocidade, ocasionando o desequilíbrio ambiental capaz de colocar em risco o ecossistema, isto é, o sistema formado pela interrelação dos seres vivos com o ambiente (Peña *et al.*, 2017).

Para alguns autores e pesquisadores, o ecossistema terrestre é incapaz de sustentar o nível de atividade econômica e de consumo de matéria-prima nos níveis atuais (Campello, 2020b).

Com impactos diversos e cada vez maiores pelo homem ao meio ambiente, surgiram movimentos e conceitos relativos à preservação do planeta, sendo a sustentabilidade uma ferramenta que pode auxiliar na busca e solução dessa situação preocupante em várias partes do mundo, mesmo sendo compreendida e interpretada de diferentes percepções por alguns países, fato que pode comprometer seu real significado.

Muitos autores a definem como uma transformação social e ecológica, porém, para outros, é representa desenvolvimento, crescimento de maneira renovada, diferente da que acontece atualmente.

O termo sustentabilidade assumiu maior relevância a partir da década de 70, na Conferência sobre o Ambiente Humano das Nações Unidas (que aconteceu em Estocolmo), onde ficou clara e explícita, em nível mundial, a preocupação com as sérias questões ambientais globais.

O Relatório Brundtland - *Our Common Future* - preparado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (em 1987), deixa claro o conceito de desenvolvimento sustentável: **“é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades e aspirações”**.

Mas podem ser destacados outros conceitos sobre sustentabilidade. Por exemplo, Bellen, (2002), cita sustentabilidade como a utilização dos serviços da natureza dentro do princípio de manutenção do capital natural. Isso significa a utilização dos recursos naturais de acordo com a sua capacidade de renovação dentro do sistema como um todo. Tais definições apresentam em comum a preocupação com o futuro, não só das gerações, mas de todo o sistema envolvido (Campello, 2020b).

Chaves e Campello (2016) comentam que, em função da evolução do mundo em relação às questões estratégicas relacionadas aos aspectos econômicos, ambientais e sociais, surgiu um conceito na década de 90, mundialmente conhecido como *The Triple Bottom Line* (Elkington, 1997), também chamado de Tripé da Sustentabilidade ou 3 P's: *People, Profit and Planet* (pessoas, lucro e planeta, em português), envolvendo os aspectos: social, econômico e ambiental, sendo a sustentabilidade a união dos três aspectos. O conceito é apresentado na Figura 2.



**Figura 2:** Tripé da sustentabilidade.  
**Fonte:** Google (2025)



## 2.6. NECESSIDADE DE UMA NOVA ECONOMIA

Considerando os diversos aspectos apresentados, pode-se considerar que alguma coisa tem que mudar, ou seja, uma nova forma de produção que considere todas as situações críticas presentes na economia linear, já que esse sistema não permite o tempo necessário de regeneração dos recursos naturais, além dos impactos relativos ao aquecimento global pela forte emissão de gases do efeito estufa (GEE), com fortes impactos nas mudanças climáticas. Convém ressaltar que, segundo as Organização das Nações Unidas, as mudanças climáticas são transformações a longo prazo nos padrões de temperatura e clima e as atividades humanas têm sido o principal impulsionador das mudanças climáticas, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás.

A história mostra que no passado os impactos ao meio ambiente eram causados por fenômenos naturais, mas hoje, as atividades humanas são responsáveis por tais impactos, com maior intensidade nos últimos 50 anos (Campello, 2020a), mesmo com a definição, na 21ª. Conferência do Clima (COP 21, do inglês *Conference of the Parties*), que aconteceu em 2015, em Paris, de um acordo global com 195 países para redução das emissões de GEE, visando limitar o aumento da temperatura pelo aumento da eficiência energética dos processos, maior uso de energias renováveis e redução do desmatamento, citado por Campello (2020a), fato também suportado pelo SENAI (2020), sobre três pontos relevantes: compromissos nacionais - energia sustentável, eficiência energética, reduzir desmatamento; uma nova economia - recuperação e reuso de itens, aumento da vida útil, compartilhamento de serviços, novo *design*; outras medidas - aumento da escala dos renováveis e da eficiência energética, reflorestamento, agricultura inteligente.

De acordo com Luz (2017), considerando a Circle Economy, uma instituição holandesa, somente 9% do material utilizado na produção industrial retornava ao processo produtivo ou ao meio ambiente de forma devida. Enquanto o restante ia para aterros sanitários, na melhor das hipóteses, sendo que, na maioria das vezes, o material era descartado na natureza sem nenhum tratamento adequado, causando poluição nas cidades, rios e mares, com danos consideráveis. Esse novo modelo de economia é chamado de economia circular. A Figura 3 apresenta o modelo.



**Figura 3:** Economia circular.  
Fonte: SENAI (2020)

Os três processos apresentados na Figura 3, fabricação, consumo e uso, reciclagem, se bem planejados e implementados, criam condições de reduzir ou evitar descartes de resíduos no meio ambiente, além de apresentar aspectos relativos à economia circular. Segundo Passenier (2017), a economia circular defende que os resíduos (em geral) devam ser tratados como um **recurso valioso** e não com aquele sem qualquer valor; a coleta, a triagem e a reciclagem de produtos e materiais descartados passam a ser atividades rotineiras, gerando uma mudança de atitude; os produtos e materiais devem ser concebidos visando uma possível reutilização e não apenas o descarte; a transformação dos produtos em novas matérias-primas ou outros produtos de melhor qualidade se tornam uma atividade rotineira (Campello, 2020b).

## 2.7. TRANSIÇÃO PARA A ECONOMIA CIRCULAR

O conceito principal da economia circular é não gerar lixo ou reduzi-lo ao máximo. Assim, são necessários passos relevantes: desacelerar a extração de recursos naturais, reduzir de forma significativa as perdas no processo produtivo, aperfeiçoar o uso de materiais e circular cada vez mais e melhor. Sendo o objetivo do crescimento econômico o atendimento das necessidades da sociedade, no modelo linear, esse crescimento demanda mais material, mais recursos naturais, gerando mais resíduos. Já na economia circular, o crescimento econômico é desconectado da exploração de recursos naturais, pensando em novos ciclos de materiais e novos modelos de negócios com inovação.

Freitas *et al.* (2017) citam três princípios-base da economia circular:

1. Preservação e aumento do capital natural por meio do controle de estoques finitos e do equilíbrio dos fluxos de recursos renováveis. Capital natural é o valor inerente dos bens retirados da natureza para utilização na produção - é o valor do que é retirado da natureza. Para a manutenção deste capital é necessário reduzir a extração de recursos, promover o uso de recursos renováveis e conseguir a reinserção de insumos de volta à natureza;
2. Melhorar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, no ciclo técnico ou no ciclo biológico. Isso significa a recuperação de produtos e, caso sejam descartados, que sejam reinseridos na cadeia produtiva de forma a contribuir para a economia, gerando valor. O uso de materiais biológicos é estendido ao máximo, bem como acontece a economia compartilhada, que amplia a utilização dos produtos por vários usuários;
3. Aumentar a eficácia do sistema revelando as externalidades negativas geradas e excluindo-as dos projetos. Há que ser considerados os impactos socioambientais existentes ao longo do ciclo de vida dos materiais e produtos para redução dos danos ao meio ambiente: uso da terra, água, poluição sonora, liberação de substâncias tóxicas e mudanças climáticas.



## Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Na transição para a economia circular, a inovação é um fator essencial e decisivo, seja na escolha dos materiais, bem como no *design* dos produtos.

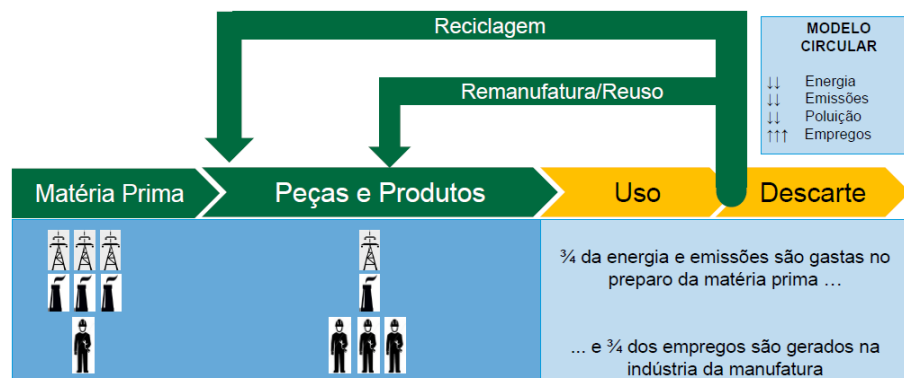
São quatro modelos de negócios responsáveis por impulsionar a economia circular, segundo Campello (2020b), a seguir citados:

1. Utilização de renováveis: materiais renováveis, combustíveis renováveis; por exemplo, o plástico da cana de açúcar é renovável e reciclável; carro movido a etanol; embalagens de fécula de mandioca são comestíveis e compostáveis;
2. Uso de resíduos como recursos: devolução de produtos usados por consumidores; transformar o lixo sem valor em algo que traz valor no processo; casca de arroz gerada no cultivo como geração de sílica verde usada no desempenho dos pneus sem extração na natureza; trigo do resíduo do pão para fabricação de cerveja;
3. Compartilhamento: prolongar a vida útil de produtos por reparos, modernização, revenda e uso compartilhado; implicações no projeto e no *design* para que permitam consertos; copos e garrafas reutilizáveis nos restaurantes e bares;
4. Durabilidade e modularidade: aumento da taxa de utilização de produtos por vários usuários com atendimento de mais pessoas sem aumento da produção; compartilhamento; bicicletas, patinetes, salas para reuniões (*coworking*) e carros por aplicativo.

A necessidade de mudança para a economia circular decorre da constatação de que a velocidade da produção e a exploração dos recursos naturais serem superiores à capacidade da Terra se regenerar, bem como reduzir o aumento de temperatura, com o uso de tecnologias eficientes ou pela utilização de energia renovável, sem descartar uma mudança forte do processo de desenvolvimento de novos modelos de produção e de negócios, mas de forma rápida e intensa, para uma forma de crescimento regenerativo em equilíbrio com o meio ambiente.

Está em tramitação no Congresso Nacional a Política Nacional de Economia Circular, priorizando a redução de resíduos, reaproveitamento de materiais, regeneração do meio ambiente e maior eficiência no uso dos recursos na produção. Espera-se, nesse caso, que a regulamentação da referida lei não leve cerca de 12 anos, como no caso da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A 5ª. Revolução Industrial, segundo alguns autores, envolveria os aspectos da 4ª. Revolução Industrial somados com os conceitos da economia circular, conforme Figura 4, onde se observa a introdução das condições da economia circular mudando o paradoxo atual da atual economia linear (Campello, 2020a).



**Figura 4:** A 5ª. Revolução Industrial e a economia circular.

**Fonte:** Santos (2020)

### 3. MÉTODO

Nesta pesquisa foi utilizado o método indutivo, por meio do qual parte-se de dados particulares para alcançar uma verdade geral ou universal (Gil, 2010).

Quanto à natureza, é uma pesquisa básica, cuja principal finalidade é o desenvolvimento de teorias e o aumento do conhecimento, não considerando a imediata aplicação prática dos resultados, segundo Gil (2010).

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, também de acordo com Gil (2010), e, em relação aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, já que “visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses” (Gil, 2010, p. 27).

Já, em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa é bibliográfica, sendo desenvolvida com base em material já elaborado, constituído em sua maioria de livros e artigos científicos, dissertações e teses sobre os temas pesquisados (Gil, 2010).

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

É fato que os recursos necessários na produção não são infinitos e são grandes os riscos de colapso na atual economia linear, pois o aumento da produção gera mais extração no meio ambiente, gera mais lixo da produção e sem recursos naturais não há produção.

No modelo de economia circular os fluxos de materiais são contínuos e os resíduos são transformados em matéria-prima; o sistema é regenerativo, ou seja, nada se perde e tudo se transforma, como na natureza: ou seja, o lixo é abolido ou minimizado.

A produção de bens e serviços gera uma quantidade significativa de resíduos sólidos e a gestão de tais resíduos é um grande desafio para os governos, principalmente nos centros urbanos.

De acordo com Abramovay, Speranza e Pettitgand (2013), as cidades em todo o mundo geravam em torno de 1,3 bilhão de toneladas de resíduos sólidos por ano, sendo estimado que tal quantidade duplicará nos próximos 20 anos em países de baixa renda.

Em termos globais, o custo da gestão de resíduos sólidos supera a cifra de US\$ 200 bilhões, ou seja, um ônus financeiro significativo para governos municipais que nem sempre possuem recursos suficientes para uma coleta e destinação adequada de tais resíduos (Hoornweg; Bhada-Tata, 2012).

A economia circular tem o potencial de reverter tal situação, bem como transformar o passivo ambiental em ativos reais de diversas formas. Com a reciclagem e a reutilização de materiais descartados, por exemplo, poderiam ser economizados mais de US\$ 1 trilhão por ano (ISWA; UNEP, 2015), sendo necessário desenvolver modelos que possibilitem dar escala para as atividades de reciclagem e reutilização de resíduos dos processos produtivos em diversos níveis. Mesmo que os diversos tipos de resíduos sólidos possam, em sua maioria, ser coletados e reciclados, o percentual de reciclagem em países em desenvolvimento é muito baixo, fazendo com que os resíduos restantes acabam sendo aterrados, incinerados ou, simplesmente, não coletados, nesse caso são abandonados no meio ambiente, o que contribui para impactos em saúde pública, alagamentos, poluição do ar, de lençóis freáticos, da água dos rios e dos oceanos.

Outro impacto negativo da não reciclagem é relativo às emissões significativas e desnecessárias de GEE. Para muitos tipos de materiais, as emissões relacionadas à reciclagem são significativamente menores do que para a produção, minimizando o uso de matérias-primas virgens (ISWA; UNEP, 2015).

A não reciclagem também acarreta a perda de oportunidades financeiras de mais de US\$ 30 bilhões por ano, de acordo com UN-HABITAT (2010). Considerando que a separação e a reciclagem de resíduos sólidos nos países em desenvolvimento tendem a envolver e beneficiar grupos de baixa renda, com geração de renda e aumento da autoestima desses grupos. Tal desperdício de oportunidades se torna muito condenável e cruel.

O valor dos materiais recicláveis que são desperdiçados no Brasil é superior a US\$ 3 bilhões por ano (IPEA, 2010), lembrando que a gestão de resíduos é um dos maiores desafios enfrentados por governos municipais (ISWA; UNEP, 2015).

A Lei nº. 12305, de 2 de agosto de 2010, criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que visa buscar soluções para o desafio da geração e eliminação de resíduos sólidos no Brasil. Essa legislação cria o conceito de responsabilidades compartilhadas para a coleta e destinação adequada de resíduos sólidos gerados por uma gama de setores industriais e comerciais.

A lei define uma série de obrigações a fabricantes, importadores, revendedores e distribuidores de sete setores industriais: pneus, óleos lubrificantes, baterias, agrotóxicos, lâmpadas fluorescentes e produtos elétricos e eletrônicos, assim como embalagens em geral (incluindo diferentes setores), obrigações para as quais a economia circular pode contribuir para solução.



## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É bom e relevante destacar alguns aspectos que não se referem à energia circular, entre eles:

1. Energia circular refere-se apenas às práticas de reciclagem, atributos sustentáveis e valorização de resíduos; não, a economia circular promove o redesenho dos produtos com na modularidade e sua durabilidade;
2. Economia circular é a solução dos problemas da economia linear; não, a economia circular muda o sistema e evita os problemas;
3. Economia circular está relacionada à produção mais limpa e eficiência de processo; não, a economia circular vai muito além, gerando efetividade com novos modelos de negócio e inovação. Talvez o melhor termo fosse **economia de circularidade**, pois economia circular não é só reciclagem; é muito mais que isso.

A logística, sendo importante suporte para a produção de produtos ou serviços, contribui para a sustentabilidade com a minimização do impacto ambiental das operações, desde a produção até a entrega final, uma vez que a produção gera diversos resíduos, seja durante a produção em si, como no pós-consumo. Isso inclui não apenas o transporte de produtos, mas também o armazenamento, a embalagem, com utilização de materiais recicláveis e gerenciamento de resíduos, ou seja, a prática de realizar atividades logísticas de forma sustentável, considerando o ciclo de vida completo dos produtos e materiais envolvidos. É fato que o processo de produção vem evoluindo ao longo do tempo, principalmente pela maior aplicação de tecnologia, como internet das coisas (IoT), inteligência artificial (IA), *big data*, entre outras. Dessa forma, a logística também vem evoluindo, não só para dar o devido e necessário suporte à produção, como também para eliminar ou mitigar os aspectos negativos ao meio ambiente provocados pela produção, surgindo, então, a logística verde (LV), contribuindo conjuntamente com outras práticas, como a economia circular, com a redução dos impactos da produção ao meio ambiente.

Destaca-se que a aplicação dos conceitos sobre logística verde são importantes e contribuem significativamente com e para a sustentabilidade.

Deve ocorrer a mensuração dos aspectos e impactos das atividades logísticas sobre a sociedade e o meio ambiente, na busca de conter o aumento de emissão de resíduos no meio ambiente, bem como o armazenamento desprotegido de materiais, seu mau uso e/ou não reaproveitamento. Estudos de redução de desperdícios, diminuição dos processos produtivos que não agregam valor, controle da emissão de gases poluentes pela frota de veículos. O uso de embalagens sustentáveis, com opção por embalagens feitas de materiais recicláveis, biodegradáveis ou de origem renovável. Além disso, procurar minimizar o uso de embalagens desnecessárias e usar embalagens reutilizáveis sempre que possível.

Modernizar a frota de veículos, investindo em carros elétricos ou que utilizem combustível não de origem fóssil, bem como planejar rotas mais eficazes, agrupando entregas para dias específicos é outra contribuição da logística para a sustentabilidade. Assim, a economia circular faz sentido com a sustentabilidade, pois com



## Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

base nos metabolismos da natureza, estimulará desenvolvimento e crescimento, em vez de destruição e desvalorização. Uma mudança nas “regras do jogo”, quebrando paradigmas dominantes desde a 1ª. Revolução Industrial, ou seja, trata-se de outra forma de projetar, produzir, consumir e preservar.

A sustentabilidade está diretamente relacionada com a economia circular, uma vez que considera os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Como a economia circular minimiza resíduos, protegendo o meio ambiente, destaca-se outra forma de contribuir com a sustentabilidade.

O conceito e as práticas de economia circular ainda são relativamente novos no Brasil, mas algumas empresas procuram implantá-los em suas políticas de produção e relacionamento com clientes e fornecedores, destacando: Grupo Boticário (com o programa de logística reversa “Recicle o Boti”), Ambev (uso de garrafas retornáveis, veículos elétricos e parcerias com cooperativas de catadores), Braskem (desenvolvimento de resinas plásticas de origem renovável e programas de reciclagem mecânica e química para transformação do lixo plástico em novas matérias-primas), Klabin (aproveitamento total dos recursos florestais e utilização dos resíduos de madeira e celulose na geração de energia ou produção de novos materiais, como adubos orgânicos) e C&A (práticas circulares com reaproveitamento de subprodutos ou reciclagem de roupas e tecidos).

Peña *et al.* (2017) citam a Natura, que, desde o início de sua trajetória, almeja tornar-se uma das maiores empresas sustentáveis do planeta, realizando investimentos em pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias que possam tornar este sonho cada vez mais real. A empresa tem um processo de logística reversa das embalagens de seus produtos pós-consumo, apesar de que ainda assim não consegue reciclar 100% em seu processo. Entretanto, existem diversas vantagens da logística reversa das embalagens, dentre elas, a economia na extração de recursos naturais, a diminuição de resíduos e do impacto ambiental, a economia na produção de novas embalagens, além de ganhar uma imagem positiva perante o mercado.

A inovação é fator relevante para a implantação de processos produtivos com base na economia circular, seja no desenvolvimento de novos produtos, tanto no projeto e desenvolvimento de materiais, no *design* de produtos, nas novas relações dos elementos da cadeia de suprimentos e nos modelos de negócio.

Observa-se que a logística reversa, parte da logística empresarial, já incorpora conceitos significativos da economia circular, uma vez que se preocupa com o não descarte dos resíduos da produção ou a minimização dos mesmos e em condições corretas, fator positivo para a sustentabilidade.

Um aspecto importante a ser considerado no desenvolvimento da economia circular no Brasil é a educação, ou seja, a atitude das pessoas em geral com o consumo e o processo de descarte dos produtos consumidos, bem como a educação propriamente dita das crianças, futuros consumidores, funcionários de empresas ou mesmo empreendedores que precisam ter uma nova visão do processo produtivo, do consumo consciente, da forma correta de descarte e do planeta em relação à sua preservação (Campello, 2020a).



## Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Se a sustentabilidade o século XXI envolve uma mudança no modelo de negócios com estratégia e inovação, essa mudança é a economia circular.

Outro aspecto relevante é a falta de infraestrutura de muitos governos municipais para o tratamento, tanto do lixo orgânico e hospitalar, bem como dos resíduos recicláveis, o que faz que sejam direcionados para lixões, gerando problemas críticos para o ambiente e a saúde da população. Neste caso, a logística reversa é uma ferramenta que minimiza essa situação, com forte contribuição para a sustentabilidade.

Assim, pode-se perceber uma relação direta entre a economia circular e sua contribuição para a sustentabilidade.

Mas um grande benefício do modelo de economia circular é o impulso aos negócios, tanto os atuais e novos, gerando emprego e protegendo o meio ambiente, ou seja, outra condição que contribui para a sustentabilidade.

Esta pesquisa pode servir como base para futuros estudos sobre o desenvolvimento da logística verde e seus benefícios, tanto para a produção, quanto para a sustentabilidade, integrando com a economia circular e logística reversa, com melhores resultados e maior preservação do planeta.

### REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R.; J. SPERANZA, J.; PETITGAND, E. C. **Lixo zero**: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera. [livro eletrônico]; São Paulo, Planeta Sustentável/Instituto Ethos, 2013. Disponível em: [www3.ethos.org.br/wp-content/uploads/2013/09/Residuos-Lixo-Zero.pdf](http://www3.ethos.org.br/wp-content/uploads/2013/09/Residuos-Lixo-Zero.pdf). Acesso em: 12 dez. 2024.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. Tese (Doutorado) - UFSC, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. 2002. Disponível em: [repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84033](http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84033). Acesso em: 30 abr. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02/08/2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 08 abr. 2025.

CAMPELLO, M. **Economia circular, sustentabilidade e logística**: uma combinação para melhorar o planeta, as pessoas e os negócios. São Paulo: CONVIBRA 2020. Congresso virtual. Anais...São Paulo, 2020a.

CAMPELLO, M. **Economia circular e as mudanças na produção, nos negócios, nas relações e no consumo**. Bragança Paulista: XI FATECLOG – FATEC CENTRO PAULA SOUZA 2020. Anais...Bragança Paulista, 2020b.



## Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

CAVALCANTI, H. S.; GOMES, J. S. O.; LOPES, K. K. J.; SOUZA, N. A.; CAMPELLO, M. **Uma breve análise sobre a evolução da logística**. Resende: XVI SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - AEDB 2019. Anais...Resende, 2019.

CHAVES, S.; CAMPELLO, M. **A qualidade e a evolução das normas série ISO 9000**. Resende: XIII SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - AEDB 2016. Anais...Resende, 2016.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimento**: estratégia para redução de custos e melhoria dos serviços. São Paulo: Pioneira, 1997.

CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987. **Our Common Future**. Disponível em: [sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf). Acesso em: 29 jul. 2025.

DASKIN, M. S. **Rede e localização discreta**: modelos, algoritmos e aplicações. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1995.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks**: The triple bottom line of 21st century business. Capstone: Oxford. 1997. Disponível em: [https://www.academia.edu/42948589/Cannibals\\_with\\_Forks](https://www.academia.edu/42948589/Cannibals_with_Forks). Acesso em 01 jul. 2025.

FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M; DEKKER, R; VAN DER LAAN, E; VAN NUNEN, J. A. E. E.; VAN WASSENHOVE, L. N. **Quantitative models for reverse logistics**. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221797002300>. Acesso em: 30 jun. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. **What a waste**: a global review of solid waste management. World Bank, n. 15, mar. 2012. Washington, DC. Disponível em: [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388](https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388). Acesso em: 21 abr. 2025.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos**. Maio/2010. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7968>. Acesso em: 28 abr. 2022.

ISWA - International Solid Waste Association; UNEP - United Nations Environment Programme. **Global waste management outlook**. 2024. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>. Acesso em: 01 mai. 2024.

LEITE, P. R. **Logística reversa, meio ambiente e competitividade**. Rio de Janeiro: Prentice Hall: 2009.



## Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

LUZ, B. **As escolhas, o aprendizado e o processo de transição**. Economia circular Holanda - Brasil: da teoria à prática. Cap. 5; org. Beatriz Luz; 1.ed. Rio de Janeiro: SENAI, 2017.

PEÑA, B. K.; AZEVEDO, E.; REIS, G. O.; MORI, H.; LIMA, I. X.; MELEIRO, M. V.; CAMPELLO, M. **Logística reversa da empresa Natura Cosméticos S/A**. Resende: XIV SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - AEDB 2017. Anais...Resende, 2017.

SANTOS, L. **Economia circular**. Módulo do curso *online* DESENVOLVIMENTO SUTENTÁVEL EM FOCO turma 23. [curso *online*]; duração 9 horas. Barueri: abr.2020.

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Economia circular**. [curso *online*]; duração 20 horas. São Paulo: abr./mai. 2020.

UN-HABITAT. **Solid waste management in the world's cities: water & sanitation in the world's cities**. 2010. Disponível em: <https://unhabitat.org/solid-waste-management-in-the-worlds-cities-water-and-sanitation-in-the-worlds-cities-2010-2>. Acesso em: 22 mar. 2025.

"Os conteúdos expressos no trabalho, sua revisão ortográfica e adequação às normas da ABNT são de inteira responsabilidade do autor, que também declara que na preparação do trabalho não foi utilizada qualquer ferramenta de Inteligência Artificial (IA) generativa ou tecnologias assistidas por IA no processo de redação".