

Max Filipe Silva Gonçalves

# Logística reversa aplicada em resíduos sólidos



Editora  
**Mackenzie**

# **Logística reversa aplicada em resíduos sólidos**

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

*Reitor:* Marco Tullio de Castro Vasconcelos

EDITORIA MACKENZIE

*Coordenador:* John Sydenstricker-Neto

*Conselho Editorial*

Carlos Guilherme Santos Serôa da Mota

Elizeu Coutinho de Macedo

Helena Bonito Couto Pereira

João Baptista

Jônatas Abdias de Macedo

José Francisco Siqueira Neto

José Paulo Fernandes Júnior

Karl Heinz Kienitz

Luciano Silva

Marcel Mendes

Vladimir Fernandes Maciel

COLEÇÃO CONEXÃO INICIAL

*Diretora:* Maria Lucia Marcondes Carvalho Vasconcelos

Max Filipe Silva Gonçalves

# **Logística reversa aplicada em resíduos sólidos**



© 2021 Max Filipe Silva Gonçalves

Todos os direitos reservados à Editora Mackenzie.  
Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer meio ou forma  
sem a prévia autorização da Editora Mackenzie.

Coordenação editorial: Jéssica Dametta  
Preparação de texto: Jéssica Dametta  
Revisão: Júlia Lins Reis  
Capa e diagramação: Pedro Videira Pancheri  
Projeto gráfico: Ana Claudia de Mauro

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G635L Gonçalves, Max Filipe Silva.  
Logística reversa aplicada em resíduos sólidos / Max Filipe Silva Gonçalves  
– São Paulo : Editora Mackenzie, 2021.  
106 p. : il. ; 23 cm. – (Coleção Conexão Inicial).  
  
Inclui bibliografia comentada, glossário e índice.  
ISBN 978-65-5545-258-7  
  
1.1. Logística. 2. Logística reversa. 3. Resíduos sólidos - Destinação. 4.  
Desenvolvimento econômico. I. Título.  
II. Série.

CDD 658.5

Bibliotecária Responsável: Jaqueline Bay Inacio Duarte- CRB 8/9509

EDITORA MACKENZIE  
Rua da Consolação, 930  
Edifício João Calvino, 6º andar  
São Paulo – SP – CEP 01302-907  
Tel.: (5511) 2114-8774 (*editorial*)  
editora@mackenzie.br  
www.mackenzie.br/editora

Editora afiliada:



---

# Sumário

---

Prefácio .....	7
Introdução .....	11
Impulsionadores da logística reversa .....	21
Direcionador econômico	21
Direcionador legal	22
Direcionador socioambiental	22
Logística reversa e economia circular .....	25
Rede de logística reversa .....	33
Logística reversa como instrumento de gestão .....	39
Indicadores	40
Métodos quantitativos aplicados à logística reversa .....	45
Programação linear	45
Modelo de transporte	47
Modelo de localização	48
Precificação de fretes	51
Rotas	52
Capacidade	53
Previsão de demanda	55

Nível de serviço	59
<b>Tecnologias para tratamento de resíduos</b> .....	<b>63</b>
Reciclagem	66
Compostagem	67
Digestores	68
Aterro sanitário	69
Incineração	70
<b>Aplicação da logística reversa em resíduos sólidos</b> .....	<b>75</b>
Exercício de capacidade	75
Exercício de localização do centro de gravidade	76
Exercício de previsão de demanda	77
Exercício de planejamento de demanda	79
<b>Questões</b> .....	<b>81</b>
<b>Questões para discussão</b> .....	<b>83</b>
<b>Gabarito</b> .....	<b>85</b>
<b>Referências</b> .....	<b>95</b>
<b>Bibliografia comentada</b> .....	<b>101</b>
<b>Glossário</b> .....	<b>103</b>
<b>Índice</b> .....	<b>105</b>

---

## Introdução

---

A definição de logística reversa (LR) tem sido abordada por diversos autores ao longo dos anos e, ainda que os conceitos sejam tratados de maneiras diferentes, convergem para o mesmo sentido. Embora esteja presente há muito tempo, é difícil datar o surgimento do termo com precisão. O conceito é relativamente novo quando observado do ponto de vista acadêmico e o seu surgimento na literatura ocorreu nos anos 1970, mesmo assim é bastante incorporado às questões de reciclagem de resíduos sólidos.

Faremos a seguir uma breve linha do tempo para compreender a evolução dos conceitos e suas abordagens. Cada autor citado aqui nos trará uma diferente contribuição de acordo com as percepções que tiveram. O desafio atual é identificar as nuances desse conceito e, principalmente, estruturar a sua abrangência para hoje.

A LR foi definida por Pohlen e Farris (1992) como o movimento de mercadorias do consumidor para o produtor por meio de um canal de distribuição. Kopicki, Berg e Legg (1993) afirmaram que a LR é um termo amplo, referente ao gerenciamento da logística relativa ao fluxo de distribuição oposto ao tradicional. Inclui a distribuição reversa, que permite o fluxo da carga e de informação na direção oposta à aplicada normalmente nas atividades logísticas. Posteriormente, surgiu uma definição mais ampla da LR afirmando ser o processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo de entrada e armazenagem de materiais secundários e informações relacionadas opostas à direção tradicional da cadeia de suprimentos, com o propósito de recuperar valor ou descartar corretamente materiais (FLEISCHMANN *et al.*, 1997).



Stock (1998) afirmou que o papel da logística consiste no retorno de produtos, redução de recursos, reciclagem, substituição de materiais, reutilização, disposição de resíduos, reforma, reparo e manufatura. Dornier *et al.* (2000) definiram LR como gestão de fluxos entre funções de negócio, englobando maior amplitude deles do que no passado. Além de fluxos diretos tradicionalmente considerados, a logística engloba, entre outros, os fluxos de retorno de peças a serem reparadas, de embalagens e seus acessórios, de produtos vendidos devolvidos e de produtos usados/consumidos a serem reciclados.

Bowersox e Closs (2001) apresentaram a ideia de apoio ao ciclo de vida como um dos objetivos operacionais da LR, referindo-se ao seu prolongamento além do fluxo direto dos materiais e à necessidade de considerar os fluxos reversos de produtos em geral. Para Tibben-Lembke e Rogers (2002), a LR é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e de baixo custo de matérias-primas, estoque em processo, produto acabado e informações relacionadas, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recuperação de valor ou descarte apropriado para coleta e tratamento de lixo. Lacerda (2003) apresentou uma definição complementar, em que define LR como o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoques em processo e produtos acabados do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar o valor ou realizar um descarte adequado.

Segundo Leite (2003), a LR pode ser entendida como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo das informações logísticas correspondentes ao retorno de bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos.

A respeito das dimensões do contexto da LR, Fleischmann *et al.* (1997) indicaram que as situações em que ocorrem reaproveitamentos são diversas e podem ser classificadas de acordo com alguns critérios, incluindo: motivos do reuso, tipos de itens recuperados, formas de reuso e agentes

envolvidos. Analisando o trabalho de Leite (2003), pode-se adicionar um quinto aspecto ao contexto dos estudos de LR: a relação entre os fluxos reversos diretos, ou melhor, a relação entre as direções dos fluxos. Cada um desses aspectos tem implicações importantes para os tipos de problemas de planejamento a serem estudados e para a formulação de modelos adequados.

De Brito (2003) propôs um conceito sobre LR apresentando seus direcionadores. Foram abordadas a importância de empresas e instituições na condução da logística reversa, assim como as razões pelas quais os produtos são retornados. De Brito e Dekker (2002) especificaram quais os tipos de itens a serem recuperados e suas características, as opções de recuperação, ou formas de reutilização, e os atores envolvidos.

Para facilitar o entendimento da aplicação deste livro, é necessário destacar que a LR pode ser aplicada em duas situações diferentes.

A primeira possibilidade é o caso de um produto que ainda não foi consumido e precisa retornar à sua origem, processo denominado logística reversa de pós-venda. Por exemplo: um cidadão compra um tênis pelo canal de venda internet. Após escolher a marca, o modelo, a cor e a numeração, ele avança para pagamento e endereço de entrega. Aprovado o pagamento, inicia-se o processo de logística direta, ou seja, o produto sai do fornecedor para envio ao consumidor. Este recebe, abre a embalagem e experimenta o produto, porém a numeração do tênis adquirido pelo *site* não ficou adequada por algum motivo (a forma da marca é diferente, o usuário não soube escolher de modo adequado etc.). A partir de então, pode ser iniciado o processo de LR, ou seja, o produto sairá do consumidor (sem uso) e partirá para o ponto de origem, o fornecedor.

Esse primeiro cenário desenhado representa uma situação muito comum no Brasil e que acarreta custos para as empresas que utilizam o canal de internet para realizar suas vendas. Apesar de economizar na disponibilização de lojas físicas, esse poderia ser citado como um dos gargalos desse segmento.

Esse primeiro tipo de aplicação da LR não será abordado neste livro.

O segundo tipo de LR pode ser sintetizado como o processo de aplicar as atividades a partir do momento em que um produto é descartado. Denominado pós-consumo, esse segundo tipo está alinhado com o ciclo de vida de um produto.

Há questionamentos sobre o tempo útil de um produto, visto que existe possibilidades de uso para ele mesmo após seu término. Entretanto, é importante compreender que a finalidade para a qual ele foi destinado caracteriza seu tempo de vida útil. Para exemplificar esse tipo de logística, o caso da embalagem poderia ser usado. Um biscoito (que veio dentro de uma embalagem) foi adquirido por uma pessoa no mercado. O biscoito foi consumido e sobrou a embalagem. A finalidade para a qual ela foi destinada já foi cumprida. No entanto, o que fazer com essa embalagem? Ela se tornou um resíduo, sendo necessário o uso da LR. Nesse tipo de LR, podem ser enquadrados o óleo de cozinha, o pneu do carro que foi trocado, a panela que não pode mais ser usada, o celular que não funciona mais, entre outros casos.

Quando um iogurte não é consumido e alcança o prazo de validade, ele se enquadra no tipo de LR de pós-consumo, visto que não tem mais finalidade para o usuário final. O mesmo pode acontecer com o queijo (que também possui um curto prazo de validade), o macarrão ou qualquer item relacionado ao ramo alimentício, gerando um grande desafio para gestores e empresas. Nesse sentido entra a grande necessidade de planejar com base em demanda para evitar/minimizar sobras e desperdícios.

Ao comparar os dois tipos de LR, entende-se que ambos acarretam custos, seja às empresas, à sociedade, ao governo ou ao meio ambiente. Quanto ao impacto social, econômico e ambiental, existe uma demanda maior a ser tratada no caso de pós-consumo. No entanto, neste livro, será considerada a LR aplicada a ele.

Com o aumento da população brasileira, ocorre também um crescimento do consumo de alimentos (INSTITUTO BRASILEIRO DE

GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016). Consequentemente, o aumento do consumo de itens da cesta básica eleva a geração de resíduos sólidos e líquidos. Porém, 1,3 bilhão de toneladas de comida são desperdiçadas diariamente (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2018). O aumento da geração de resíduos afeta o cotidiano de milhões de pessoas (DOVI *et al.*, 2009).

Em 2011, estima-se que no Brasil foram geradas cerca de 198 mil toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos (RSU), o que equivale a aproximadamente 62 milhões de toneladas no ano. Do total de resíduos gerados, cerca de 90% são coletados, o que equivale a aproximadamente 180 mil toneladas por dia. Dos resíduos coletados em 2011, 58% foram destinados a aterros sanitários, 24%, a aterros controlados e 17%, a lixões. Isso significa que cerca de 75 mil toneladas diárias ainda têm destinação inadequada, sendo encaminhadas para lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações. Apesar das determinações legais e dos esforços empreendidos, essa destinação inadequada de RSU está presente em todos os estados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2019).

A prática da destinação adequada desses resíduos é recente no Brasil, visto que a necessidade de direcioná-los para locais apropriados está referenciada na legislação de 2010, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010. Um dos principais desafios da PNRS é desabilitar o descarte em lixões (descarte a céu aberto) e em aterros controlados e recuperar as áreas degradadas por práticas inadequadas de descarte. Diversos resíduos são descartados inadequadamente, acarretando aumento da poluição e degradação ambiental.

Os resíduos, por sua vez, podem se tornar matéria-prima de um novo processo de fabricação (MOTA *et al.*, 2009). Isso quer dizer que, mesmo após descartado, um resíduo pode ser reaproveitado como fonte de energia, insumo ou matéria-prima de outro processo.

Nesse contexto, é possível citar diversos resíduos que a sociedade gera diariamente. Portanto, é necessário privilegiar destinações que minimizem o impacto ambiental e a extração de recursos naturais. Tais alternativas estão alinhadas com o desenvolvimento sustentável. É possível identificar opções economicamente viáveis ou atraentes pelo aspecto tecnológico.

Nesse ponto, cabe ressaltar a importância desta obra, que se propõe a discutir a LR de modo técnico, social, econômico e ambiental. Além dessas discussões em diferentes aspectos, serão abordados também métodos para otimização da LR.

Este livro está alinhado com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) – chefes de Estado e de Governo e altos representantes reunidos na sede das Nações Unidas em Nova York de 25 a 27 de setembro de 2015. O objetivo 12, por exemplo, prevê:

Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis; Implementar o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países tomando medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento; Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais; Até 2030, reduzir pela metade o desperdício de alimentos per capita mundial, nos níveis de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita; Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente; Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e

reuso; Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios; Promover práticas de compras públicas sustentáveis, de acordo com as políticas e prioridades nacionais; Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e conscientização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza; Apoiar países em desenvolvimento a fortalecer suas capacidades científicas e tecnológicas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo; Desenvolver e implementar ferramentas para monitorar os impactos do desenvolvimento sustentável para o turismo sustentável, que gera empregos, promove a cultura e os produtos locais; Racionalizar subsídios ineficientes aos combustíveis fósseis, que encorajam o consumo exagerado, eliminando as distorções de mercado, de acordo com as circunstâncias nacionais, inclusive por meio da reestruturação fiscal e a eliminação gradual desses subsídios prejudiciais, caso existam, para refletir os seus impactos ambientais, tendo plenamente em conta as necessidades específicas e condições dos países em desenvolvimento e minimizando os possíveis impactos adversos sobre o seu desenvolvimento de uma forma que proteja os pobres e as comunidades afetadas (ONU, 2021).

No aspecto legal, a PNRS é vista como um marco regulatório para o setor de resíduos no Brasil, já que contribui para a solução de problemas ambientais, sociais e econômicos. Ela traz princípios, diretrizes e metas a serem cumpridas pelos diversos atores que participam do ciclo de vida do produto. Ao buscar uma melhor qualidade no tratamento dos resíduos, estimular a segregação e a correta destinação, priorizar a reciclagem de embalagens e gerar condições favoráveis para a criação de consórcios intermunicipais, a PNRS traz questões de cunho sustentável ao processo de resíduos e influencia diretamente o desenvolvimento de novas oportunidades.

Pela ótica da sustentabilidade, é possível discriminar alguns aspectos interessantes, mas que ainda não foram inculcados na cultura brasileira, o que afeta também o aspecto social. Apesar de o Ministério do Meio Ambiente (MMA) sugerir cinco, a seguir serão descritos sete “Rs” como potenciais meios para estabelecer uma relação mais harmônica entre o ser humano e o meio ambiente:

### **1. Repensar**

O consumo excessivo, incentivado pelo modelo capitalista, é uma das principais causas de degradação ambiental. Sendo assim, antes de comprar qualquer produto, é importante refletir sobre a necessidade.

### **2. Reduzir**

A redução do consumo acarreta a redução do lixo gerado. Comprar somente o necessário evita desperdícios. Usar a água e a energia de forma racional, por exemplo, pode contribuir de modo significativo para o meio ambiente, apesar de não gerar resíduo diretamente. Substituir sacolas e copos plásticos por sacolas reutilizáveis e canecas são práticas que impactam diretamente a redução de geração de resíduos. Usar corretamente produtos com maior durabilidade e com embalagens na medida certa reduz o consumo de energia e de água e a quantidade de lixo.

### **3. Reparar**

Muitas vezes, consertar um produto quebrado pode trazer um custo menor do que comprar um novo. Além de ser sustentável, gera economia.

### **4. Reutilizar**

A utilização de um produto ou embalagem para outra finalidade evita o descarte e ocasiona uma reutilização que, apesar de não ser a função original, ainda pode ser eficiente. Uma garrafa de água para horta, por exemplo,

ou um pneu inservível sendo reutilizado de outra maneira se enquadrariam nesse termo “reutilizar”.

## **5. Reciclar**

Na impossibilidade de reutilização, o passo seguinte deve ser a reciclagem, possibilitando que seu lixo se transforme novamente em matéria-prima. Os resíduos recicláveis (papel, metal, plástico, vidro) podem ser entregues à coleta seletiva ou às cooperativas de catadores viabilizando sua reciclagem. Essa técnica economiza energia e diminui a exploração dos recursos naturais, além de contribuir para a geração de emprego. Para resíduos orgânicos, a compostagem pode ser uma alternativa para geração de energia ou adubos em hortas, jardins e pomares.

## **6. Respeitar**

O respeito ao meio ambiente e ao próximo são premissas básicas que fazem com que um cidadão mude o seu comportamento e, conseqüentemente, sua cultura.

## **7. Responsabilizar-se**

Quando o indivíduo se responsabiliza pelos seus impactos, bons e ruins, e toma as medidas necessárias em relação a eles, é sinal de que há uma responsabilidade incutida em seu caráter. No entanto, o passo seguinte é abraçar uma causa e ser responsável pela sua rua, seu bairro, sua cidade e/ou envolver-se em projetos que prezem pela preservação do meio ambiente, vislumbrando um futuro melhor.

Ainda no aspecto social, vale ressaltar que a atividade de coleta de resíduos recicláveis no Brasil sustenta milhares de famílias que vivem com menos de um salário-mínimo. Existem organizações não governamentais (ONGs) que trabalham de modo impactante nessa área, além da Associação Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis (Ancat), que



defende a economia circular (geração de renda para todos os elos envolvidos na cadeia de suprimentos), e do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MCR), que luta pelo reconhecimento das atividades dessa classe.

A rotina dos catadores, geralmente pessoas sem emprego, é buscar seu sustento do lixo, revirando sacolas, disputando espaços com animais carnicheiros e correndo risco de contaminação e de acidentes provocados por materiais cortantes misturados ao lixo. Esses são elos fundamentais para o funcionamento da LR. Cooperativas, às vezes sem incentivo público, tentam regular a função e proporcionar melhores condições, mas existe uma grande população nessa situação, e não é possível absorver toda a oferta desse tipo de mão de obra.

Discussões como essa são extremamente necessárias e pertinentes aos dias atuais. Nesse sentido, este livro abordará o que motiva a realização da LR, a estruturação da sua rede e o gerenciamento de resíduos sólidos associado a ela. Para enriquecer a abordagem do tema, serão apresentados métodos quantitativos para o processo de LR e métodos que podem ser aplicados em tratamentos de resíduos. Por fim, serão citadas algumas aplicações da LR em resíduos sólidos.

---

## LOGÍSTICA REVERSA APLICADA EM RESÍDUOS SÓLIDOS

---

DIANTE DA NECESSIDADE DE ASSEGURAR UM BOM DESEMPENHO DAS indústrias e, ao mesmo tempo, preservar o meio ambiente, a logística reversa apresenta-se como um desafio que nos instiga a aprender mais e cujos resultados podem ser surpreendentes. Este livro é destinado a todos aqueles que desejam se capacitar e atuar em qualquer elo da rede de logística reversa de resíduos sólidos e ser protagonistas na proposta de reinserção de produtos na cadeia logística, minimizando a extração dos recursos naturais e promovendo, assim, novos modelos de negócios. A partir da leitura deste livro, esperamos que estudantes, professores e profissionais da área aceitem o desafio de (re)desenhar uma rede de logística, produzir e comercializar produtos para garantir o uso e a recuperação inteligente dos recursos naturais, e conheçam os aspectos legais, econômicos e socioambientais envolvidos nesse processo.

