

# LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS PET NO BRASIL

## REVERSE LOGISTICS OF PET PACKAGING IN

**Tatiene Martins Coelho Trevisanuto**  
tatienecoelho@hotmail.com

### RESUMO

Este artigo tem como proposta a descrição do panorama brasileiro de logística reversa de embalagens PET no Brasil. A relevância do estudo consiste no levantamento de informações sobre os desafios e oportunidades do setor. Em nível mundial, o Brasil é um dos maiores consumidores de PET em garrafa e os baixos custos industriais da embalagem pós-consumo, aliado à falta de estrutura do canal reverso, proporcionam um aumento significativo deste resíduo no meio ambiente. Foi realizada uma pesquisa exploratória que consistiu no levantamento das informações junto a associações referentes ao setor de PET no Brasil. Os resultados demonstram os desafios e oportunidades para retorno de embalagens PET pós-consumo no Brasil e descrevem a necessidade de conscientizar os envolvidos direta e indiretamente, de estruturar as cadeias reversas pós-consumo, de reduzir o consumo a fim de diminuir os resíduos gerados, e de envolver os setores industriais para a busca de tecnologias mais limpas junto à cadeia produtiva do PET.

**Palavras-chave:** Logística Reversa, Embalagens PET, Pós-consumo.

### ABSTRACT

This paper aims to describe the Brazilian scenario of reverse logistics of PET packaging in Brazil. The relevance of the study is to gather information on the challenges and opportunities of the sector. Globally, Brazil is one of the largest consumers of bottle PET and the low industrial costs of post-consumer packaging coupled with the lack of reverse channel structure provide a significant increase in this waste in the environment. An exploratory research was carried out, which consisted of gathering information from associations related to the PET sector in Brazil. The results show the challenges and opportunities for return of post-consumer PET packaging in Brazil and describe the need to raise awareness directly and indirectly; to structure post-consumer reverse chains; to reduce consumption in order to reduce waste generated and to involve industrial sectors in the search for cleaner technologies in the PET production chain.

**Key-words:** Reverse logistic, PET packaging, Post consumer.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da Revolução Industrial começaram a surgir os problemas ambientais, e o poder econômico e a garantia dos lucros empresariais foram fatores determinantes dessa época.

Para Lacerda et al. (2002), as sociedades contemporâneas estão vivenciando profundas alterações em suas estruturas sociais e econômicas, face à velocidade com que acontecem as mudanças de caráter tecnológico, nos mais diferentes setores da economia. Essas alterações vêm induzindo à formatação de instituições organizadas com base na articulação de atores de instâncias do governo, das empresas, das universidades, dos institutos de pesquisa, entre outros, em um desenho institucional que vem se disseminando principalmente nas áreas da ciência, tecnologia e inovação. Esse desenho se relaciona à concepção de modelos sistêmicos de inovação, sendo que a competência da relação ambiental deve ser exercitada numa relação tri-partidária, quanto às responsabilidades assumidas por um sistema de gerenciamento ambiental que gere uma economia de recursos, recuperação de insumos e diminuição dos desperdícios, agregando maior valor do processo na cadeia integrada.

A ênfase está no ciclo de vida dos produtos, em que através de processos inversos buscam-se a geração de novos produtos, com o reaproveitamento dos já existentes. Os produtos representam um tipo de resíduo que será reciclado, reutilizado ou disposto.

A indústria moderna redesenhou seu planejamento estratégico empresarial com a base na minimização e prevenção dos impactos ambientais negativos sobre o meio-ambiente, introduzindo práticas de prevenção à poluição e a aplicabilidade de tecnologias mais limpas, trabalhando com a minimização da geração de resíduos na fonte, utilizando embalagens mais eficientes, melhor aproveitamento da energia e, conseqüentemente, menos geração de gases poluentes.

Para o Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE (2019), o sistema de gestão ambiental promove um retorno de investimento às empresas, em médio prazo, agregando outras receitas provenientes de mudanças não tão complexas definidas por estratégias em nível de gestão ambiental. Outra forma de gestão empresarial está na implantação da Equipe de Qualidade Ambiental (EQA) com a qual as empresas pretendem aumentar a qualidade dos serviços prestados com a minimização do desperdício e dos custos, garantindo a competitividade no mercado em que atuam, com o envolvimento da diretoria, dos funcionários e da comunidade, na conscientização de redução e reciclagem de resíduos.

Com a introdução da ISO 9000, o conceito de defeitos e retrabalho foram incorporados nas empresas, ampliando esse conceito, associando-o à poluição, e o retrabalho ao tratamento e disposição final dos resíduos. Hoje, essa ampliação ganhou novas vertentes; com a instalação da ISO 14000, as empresas passaram a exercer a percepção da gestão ambiental de agregação de custos para o fator de competitividade.

O objetivo geral desta pesquisa consiste em apresentar a cadeia industrial das Garrafas PET (Politereftalato de Etila), destacando os processos envolvidos na recuperação de valor do produto, por meio da aplicação da Logística Reversa.

A relevância do estudo consiste no levantamento de informações sobre os desafios e oportunidades do setor. Em nível mundial, o Brasil é um dos maiores consumidores de PET em garrafa e os baixos custos industriais da embalagem pós-consumo, aliado à falta de estrutura do canal reverso, proporcionam um aumento significativo deste resíduo no meio ambiente. Após o consumo desses produtos, de acordo com o 10º Censo da reciclagem do PET no Brasil (ABIPET, 2016), com dados do ano de 2015 aproximadamente 51% dessas embalagens são destinadas de forma adequada para reciclagem; os outros 49% são dispostos de forma inadequada em aterros sanitários ou lixões, rios, mares, entre outros. Para Leite (2017), o índice de reciclagem das garrafas de PET é afetado por fatores logísticos como: dispersão geográfica das garrafas pós-consumo, pela relação peso/volume ocupado e por se tratar de um canal reverso de ciclo aberto.

No contexto globalizado e altamente competitivo da atualidade, torna-se imperativa a necessidade de inovar, levando-se em consideração os aspectos ambientais envolvidos. O fator ambiental passa, assim, a ser determinante no desenvolvimento de novas tecnologias e na melhoria das existentes, influenciando na competitividade industrial de empresas e de países, em sua luta pela sobrevivência e superação de concorrente (KNUTH, 2001).

Segundo Leite (2017), cada vez mais rigorosas quanto ao descarte de embalagens e inservíveis, as leis fazem com que as empresas tenham de desenvolver estratégias reversas que deem destinação adequada para embalagens.

Neste artigo, pretende-se, apresentar o modelo reverso a ser aplicado na cadeia de reciclagem de garrafas PET (Politereftalato de etila) como uma ferramenta de melhoria contínua, que atenda aos propósitos do Desenvolvimento Sustentável de forma a propiciar uma política que atue nas causas da degradação ambiental.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Para a elaboração deste artigo, os métodos e procedimentos técnicos utilizados tiveram como apoio uma pesquisa bibliográfica, que envolveu fontes impressas e eletrônicas, como livros, revistas, artigos nacionais e internacionais, disponíveis ou não na internet (Gil, 2019). Ela foi voltada para os temas referentes à problemática de resíduos sólidos, logística reversa,

análise do ciclo de vida do produto e a caracterização das embalagens PET, com o intuito de consolidar conceitos e caracterizar o panorama atual do setor de embalagens PET no Brasil.

Além disso, foi também utilizada a pesquisa exploratória que, de acordo com Gil (2019), normalmente envolve o levantamento bibliográfico e documental, contendo experiências práticas relacionadas ao problema e análise de exemplos que estimulem a compreensão do tema estudado.

A cadeia de reciclagem de garrafas PET será estudada conforme recomendações de Brito e Dekker (2002), que divide em três etapas fundamentais para se analisar a estrutura das cadeias reversas de pós-consumo: (1) por quê: razões; (2) o quê: características do produto; (3) o processo de recuperação. Em atendimento às questões propostas pelos autores, reforça-se aqui, a validade e a relevância da execução de uma pesquisa exploratória.

Sendo assim, para o desenvolvimento desta pesquisa e considerando os objetivos propostos, inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica a respeito dos temas referentes a problemática de resíduos sólidos, logística reversa, análise do ciclo de vida do produto e a caracterização das embalagens PET, com o intuito de consolidar conceitos e caracterizar o panorama atual do setor de embalagens PET no Brasil.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Dentro do contexto abordado anteriormente, este item enfocará os temas e conceitos que serão citados e discutidos ao longo desta pesquisa.

#### **3.1 A problemática dos resíduos sólidos**

Os países, que norteiam seu modelo de desenvolvimento para o enfoque unicamente econômico, buscam de forma desenfreada o crescimento e a intensificação de suas atividades econômicas. Como consequência, contribuem para o acelerado processo de urbanização e para transformações contínuas da natureza. Além disso, causam enormes desequilíbrios, pois, se de um lado produziram avanços tecnológicos, por outro, contribuíram para o aumento da miséria, da degradação ambiental e da poluição (CAVALCANTI, 2012).

No contexto internacional, segundo Mahmood e Victor (2001), existem muitas variáveis envolvidas no gerenciamento dos resíduos sólidos que dificultam a tomada de decisões para a implantação de políticas direcionadas aos resíduos sólidos.

Um dos problemas evidentes no Brasil diz respeito ao manejo de resíduos sólidos urbanos, principalmente quando se trata dos impactos ambientais e da preservação dos recursos naturais. Os impactos causados no meio ambiente pela produção desenfreada de resíduos sólidos têm levado o governo e a sociedade a promoverem estudos direcionados às alternativas que visam a minimizar a degradação da natureza e aumentar o bem estar da sociedade como um todo.

A humanidade processa e utiliza materiais da natureza, mas uma parte deles não é aproveitada e são rejeitados como lixo, insumo, resíduo ou rejeito. A definição de “lixo” é tida como um material inservível e não aproveitável, porém, com o crescimento da indústria de reciclagem, este conceito é considerado relativo, pois um resíduo poderá ser inútil em certos casos e ao mesmo tempo considerado aproveitável em outros devido a sua nova aplicabilidade após a reciclagem.

A Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos (Abetre) relata que a população brasileira apresentou um crescimento de 0,75% entre 2016 e 2017, enquanto a geração per capita de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) apresentou aumento de 0,48%. A geração total de resíduos aumentou 1% no mesmo período, atingindo um total de 214.868 toneladas diárias de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) no país (ABRELPE, 2018).

Segundo Scholz (2002), a destinação final e o tratamento dos resíduos podem ser realizados através dos seguintes métodos: aterros sanitários (disposição no solo de resíduos domiciliares); reciclagem energética (incineração ou queima de resíduos perigosos com reaproveitamento e transformação da energia gerada); reciclagem orgânica (compostagem da matéria orgânica); reciclagem industrial (reaproveitamento e transformação dos materiais recicláveis) e esterilização à vapor e desinfecção por microondas (tratamento dos resíduos patogênicos, sépticos e hospitalares).

As atividades de gerenciamento dos resíduos sólidos, conforme Cunha e Caixeta Filho (2002), pode ser agrupada em seis elementos funcionais: geração, acondicionamento, coleta, estação de transferência/transbordo e/ou processamento e recuperação e/ou disposição final.

Os pesquisadores Melnyk, Sroufe e Calantone (2003) avaliaram os impactos gerados por empresas em sistemas ambientais. Os resultados obtidos demonstraram que os pontos críticos estavam relacionados à gerência e à redução de resíduos e que a certificação traz benefícios para a empresa (redução de resíduos no desenho e no processo de seleção de

equipamento, qualidade melhorada com custos reduzidos) e ao meio ambiente que deixará de receber as agressões dos impactos industriais.

Segundo Machado et al. (2006), para que se consiga o desenvolvimento sustentável é necessário unir esforços de toda a sociedade, sem exclusão de qualquer de seus segmentos, caracterizando a importância do estudo da implementação e do desenvolvimento de cooperativas de coleta de materiais recicláveis nas cidades, como um todo e especificadamente, nas indústrias.

Mesmo com a criação de medidas e procedimentos que visam reduzir o uso indiscriminado de produtos e de ações que venham prejudicar o meio-ambiente, a dificuldade de disposição do lixo urbano continua sendo um dos mais graves problemas ambientais.

### 3.2 Análise do Ciclo de Vida

A análise do ciclo de vida (ACV) é uma ferramenta que avalia os danos ambientais referentes ao ciclo de vida de qualquer atividade, ou seja, desde a extração da matéria-prima até o momento em que estas, em forma de materiais ou produtos, retornam para a terra (CURRAN, 1996). A Associação Brasileira de Embalagem – ABRE (2006) acrescenta que a ACV, além de identificar os aspectos e impactos ambientais do ciclo de vida dos produtos, auxilia na definição de diretrizes para a melhoria ambiental e econômica dos projetos.

Manzini e Vezzoli (2005) definem a vida de um produto como o conjunto de atividades e processos, cada um deles absorvendo certa quantidade de matéria e de energia, operando uma série de transformação e liberando emissões de natureza diversas.

A análise das etapas deve-se iniciar desde a concepção do produto, visando os benefícios ambientais, ou seja, através da escolha das matérias-primas, novas tecnologias e processos, bem como a organização da logística, inclusive considerando a disposição e retorno dos bens pós-consumo no meio-ambiente. Tais processos se agrupam nas diversas fases do ciclo de vida de um produto (MANZINI E VEZZOLI, 2005):

- a) Pré-Produção:** fase em que são introduzidos os materiais, isto é, as matérias-primas semi-elaboradas, utilizadas para a produção dos componentes.
- b) Produção:** fase em que os materiais são elaborados para o uso, envolvendo a transformação dos materiais, a montagem e o acabamento.
- c) Distribuição:** fase que envolve a embalagem, o transporte e a armazenagem.
- d) Uso:** fase de atendimento da finalidade do produto, para que ele foi produzido, atendendo as necessidades de seus usuários.

e) **Descarte:** é o momento da “eliminação” do produto. Nesta fase, abre-se uma série de opções sobre o destino final. A logística reversa trata dos produtos no final do ciclo produtivo.

Todas as etapas da vida do produto interagem com o meio provocando impactos ambientais, devido à extração de recursos naturais e a geração de resíduos e rejeitos.

É uma mudança que, no Brasil, já está afetando as exportações de produtos por parte das empresas e sinaliza novos padrões de consumo e de realização do comércio e trocas econômicas internacionais (TACHIZAWA, 2015).

É importante considerar todos os estágios do ciclo de vida dos produtos e conhecer como estes podem afetar o meio ambiente nos diferentes estágios. Deve-se garantir que qualquer melhoria efetuada num determinado estágio do processo fabril ou na estrutura do produto não venha, mesmo que involuntariamente, gerar impacto ambiental em outros estágios.

### 3.3 A garrafa de politereftalato de etila (PET)

A primeira amostra de PET foi desenvolvida pelos ingleses Whinfield e Dickson, em 1941. As pesquisas que levaram à produção em larga escala do poliéster começaram somente após a Segunda Grande Guerra, nos anos 50, em laboratórios dos EUA e Europa. Baseavam-se, quase totalmente, nas aplicações têxteis. Em 1962, surgiu o primeiro poliéster pneumático. No início dos anos 70, o PET começou a ser utilizado pela indústria de embalagens (ABIPET, 2016).

O Poli (Tereftalato de Etileno), ou, simplesmente PET, é um polímero termoplástico da família dos poliésteres. Embora seja muito conhecido hoje por meio das garrafas plásticas, o material iniciou sua trajetória na indústria têxtil (ABIPET, 2016).

A utilização da garrafa PET concentra-se na embalagem de produtos alimentícios, por ser um material que contém características de transparência, impermeabilidade e leveza (Figura 01). Segundo dados da Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET – ABIPET (2016), a utilização desta embalagem para produtos alimentícios responde por aproximadamente 90% do mercado.

**Figura 1** – Garrafa PET



**Fonte:** ABIPET - 2016

O Brasil consumiu 514 mil toneladas de resina PET na fabricação de embalagens em 2011. Deste total consumido, aproximadamente 59% das embalagens pós-consumo foram efetivamente recicladas em 2012, ou seja, apenas 331 mil toneladas das 514 mil produzidas. Atualmente, o maior mercado para o PET pós-consumo no Brasil é a produção de fibra de poliéster para indústria têxtil (multifilamento), em que é será aplicada na fabricação de fios de costura, forrações, tapetes e carpetes, mantas de TNT (tecido não tecido), entre outras. Em 2011, o Brasil alcançou novamente o segundo lugar na reciclagem do PET, perdendo apenas para o Japão que reciclou 77,9% (CEMPRE, 2019).

Segundo Gonçalves-Dias e Teodósio (2006), embora pareça que a tendência de crescimento do mercado de embalagens de refrigerantes esteja chegando ao limite, o crescimento de PET no país aumenta mais rapidamente que a produção, puxado pela utilização do polímero em novos segmentos alimentícios; ou seja, a tendência de produção do polímero é crescente, entretanto o fluxo inverso e as instalações de reciclagem precisam ser estruturados. Os autores ainda comentam que o Brasil é um dos maiores consumidores de PET em garrafa.

Diante do exposto, um desafio se faz presente em relação a processos que estudem e criem condições para o recolhimento desse produto do mercado por parte do seu produto; como também, em relação às ações mais efetivas de reciclagem por parte dos consumidores do produto, metas estas, presentes nesta pesquisa.

### 3.4 Reciclagem

O retorno da matéria-prima ao ciclo de produção é denominado de reciclagem. O vocábulo surgiu na década de 1970, quando as preocupações ambientais passaram a ser tratadas com o maior rigor e importância estratégica. As indústrias recicladoras são também chamadas secundárias, por processarem matéria-prima de recuperação.

Grimberg e Blauth (1998) descrevem que reciclar significa trazer de volta ao ciclo produtivo materiais descartados como lixo, utilizando-os na produção de novos objetos. Compete à reciclagem a separação dos resíduos que serão classificados em: descartados (aqueles que não poderão ser utilizados) e em rejeitos, podendo ser aproveitados, requerendo o papel fundamental da reciclagem. Existe muito equívoco quanto à conceituação de lixo, sendo que essa diversidade de conceitos pode variar conforme época ou lugar, dependendo dos fatores jurídicos, econômicos, ambientais, sociais e tecnológicos.

Para Calderoni (2003), a definição e conceituação dos termos “lixo”, “resíduo” e “reciclagem” diferem conforme a situação em que sejam aplicadas. Seu uso na linguagem corrente, com efeito, distingue-se de outras acepções adotadas consoantes a visão institucional ou de acordo com seu significado econômico.

Na linguagem corrente, o termo resíduo é tido praticamente como sinônimo de lixo. Lixo é todo material inútil, designa todo material descartado, posto em lugar público. É o objeto ou substância que se considera inútil ou cuja existência em dado meio é tida como nociva. Resíduo é a palavra adotada, muitas vezes, para significar sobra no processo produtivo, geralmente industrial.

Conforme Manzini e Vezzoli (2005), a reciclagem envolve dois processos distintos: reciclagem em anel fechado, que é um sistema em que materiais recuperados são utilizados em lugar de materiais virgens, sendo utilizados na confecção dos mesmos produtos ou componentes que foram derivados e a reciclagem em anel aberto, nesse caso os materiais são encaminhados para um sistema, sendo o produto diferente do de origem.

A garrafa PET é um resíduo pós-consumo e sua disposição não é regulamentado por nenhum tipo de legislação no Brasil, ou seja, as ações existentes no que diz respeito ao retorno desses produtos para um novo ciclo produtivo estão relacionados à iniciativa de catadores de materiais recicláveis que encaminham esses materiais para sucateiros, que por sua vez encaminham para empresas de reciclagem.

Segundo a associação Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2019), a reciclagem das embalagens PET está em franca ascensão no Brasil. O material tem como

características a leveza, a resistência e a transparência, ideais para satisfazer a demanda do consumo doméstico. A evolução do mercado e os avanços tecnológicos têm impulsionado novas aplicações para o PET reciclado, das cordas e fios de costura, aos carpetes, bandejas de ovos e frutas e até mesmo novas garrafas para produtos não alimentícios, já que esta aplicação ainda não é permitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Sua reciclagem, além de desviar lixo plástico dos aterros, utiliza apenas 0,3% da energia total necessária para a produção da resina virgem. E têm a vantagem de poder ser reciclado várias vezes sem prejudicar a qualidade do produto final.

A reciclagem das garrafas PET, após a sua coleta consiste em recuperar, revalorizar e transformar o material. De acordo com a associação Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2019), as etapas consistem em:

**Recuperação:** Nesta fase, as embalagens que seriam atiradas no lixo comum ganham o status de matéria-prima. As embalagens recuperadas serão separadas por cor e prensadas. A separação por cor é necessária para que os produtos que resultarão do processo tenham uniformidade de cor, facilitando assim, sua aplicação no mercado. A prensagem, por outro lado, é importante para que o transporte das embalagens seja viabilizado, uma vez que o PET é muito leve.

**Revalorização:** As garrafas são moídas (*flake*), ganhando valor no mercado. O produto que resulta desta fase é o flocos da garrafa. Pode ser produzido de maneiras diferentes e, os flocos mais refinados, podem ser utilizados diretamente como matéria-prima para a fabricação dos diversos produtos que o PET reciclado dá origem na etapa de transformação. No entanto, há possibilidade de valorizar ainda mais o produto, produzindo os *pellets*. Desta forma o produto fica muito mais condensado, otimizando o transporte e o desempenho na transformação.

**Transformação:** Fase em que os flocos, ou o granulado, serão transformados num novo produto, fechando o ciclo.

Para que o material a ser reciclado seja considerado uma boa matéria-prima, a seleção e pré-processamento da sucata são muito importantes.

### 3.5 A logística reversa no setor industrial

De forma a facilitar a apresentação deste assunto, o item será subdividido em dois: logística e logística reversa.

### 3.6 A logística

Durante muitos séculos, a *logística* esteve associada apenas à atividade militar; entretanto, após a Segunda Guerra Mundial, contando com uma tecnologia mais avançada, a logística acabou por abranger outros ramos da administração militar, incorporando-a aos civis.

Segundo Faria e Costa (2005), a logística, operando com a diversidade, seja de línguas, culturas, legislações e fatores climáticos ou base de mercado, quando bem gerenciada, pode tornar-se um recurso estratégico para obter vantagem competitiva, tanto pela possibilidade de oferecer um melhor nível de serviço ao cliente, quanto pela redução dos custos logísticos e melhoria na rentabilidade da empresa, e deve revestir-se de muitos requisitos para surtir o efeito desejado.

De acordo com Ballou (2009) a logística consiste na junção de quatro atividades básicas: aquisição, movimentação, armazenagem e entrega de produtos. Para que estas atividades funcionem é necessário um planejamento logístico, bem como a interação de processos (Ballou, 2009).

Bowersox e Closs (2010, p. 20), defendem que a responsabilidade da logística está relacionada com a:

Disponibilidade de matérias-primas, produtos semiacabados e estoques de produtos acabados, no local onde são requisitados, ao menor custo possível. É por meio do processo logístico que os materiais fluem pelos sistemas de produção de uma nação industrial e os produtos são distribuídos para os consumidores pelos canais de marketing.

Christopher (2011) exprime o conceito de logística como sendo o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e o fluxo de informações correlatas) através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo.

A logística, ou sistema logístico, envolve a integração de informação, aquisição de matéria-prima, transporte, estoque, armazenagem, manufatura, manuseio de materiais, embalagem e comercialização, que agrega valor quando o estoque é corretamente situado para facilitar o atendimento.

### 3.7 Logística reversa

As atividades da logística aumentaram com a mudança do perfil do cliente, que exige a entrega dos produtos num menor espaço de tempo, com total segurança e qualidade. Para este

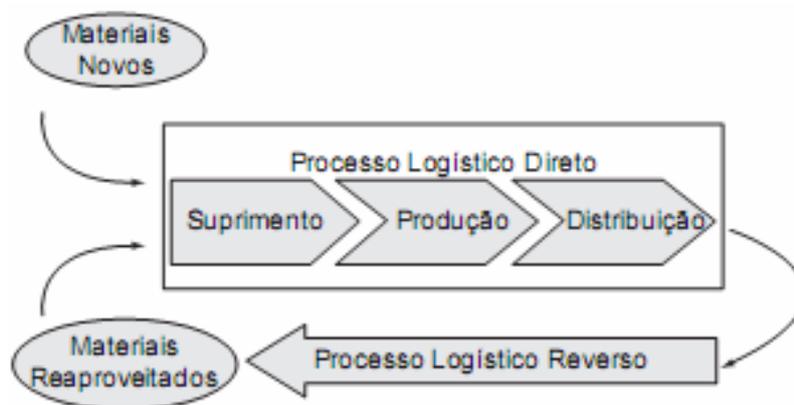
novo formato de cliente, o fornecedor não se preocupa apenas em garantir o produto ao cliente, mas também, em estar pronto para um regresso imediato, caso este seja necessário.

Chaves e Batalha (2006) esclarecem que, nos anos 80, o conceito de logística reversa ainda estava limitado a um movimento contrário ao fluxo direto de produtos na cadeia de suprimentos. E na década de 90 novas abordagens foram introduzidas e o conceito evoluiu impulsionado pelo aumento da preocupação com questões ambientais, implicando em ações legais dos órgãos fiscalizadores. Além disso, a partir deste período, as empresas de processamento e distribuição passaram a ver a logística reversa como uma fonte importante de redução de perdas. Desta forma, as atividades de logística reversa passaram a ser utilizadas em maior intensidade nos Estados Unidos e Europa, países onde os conceitos e ferramentas clássicas de logística já eram mais disseminados.

Nesse sentido, Leite (2017) conceitua a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio de canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

De acordo com Lacerda (2002), o processo de logística reversa gera materiais reaproveitados que retornam ao processo tradicional de suprimento, conforme Figura 3.

**Figura 3** – Processo Logístico Direto e Reverso



**Fonte:** Lacerda, 2002.

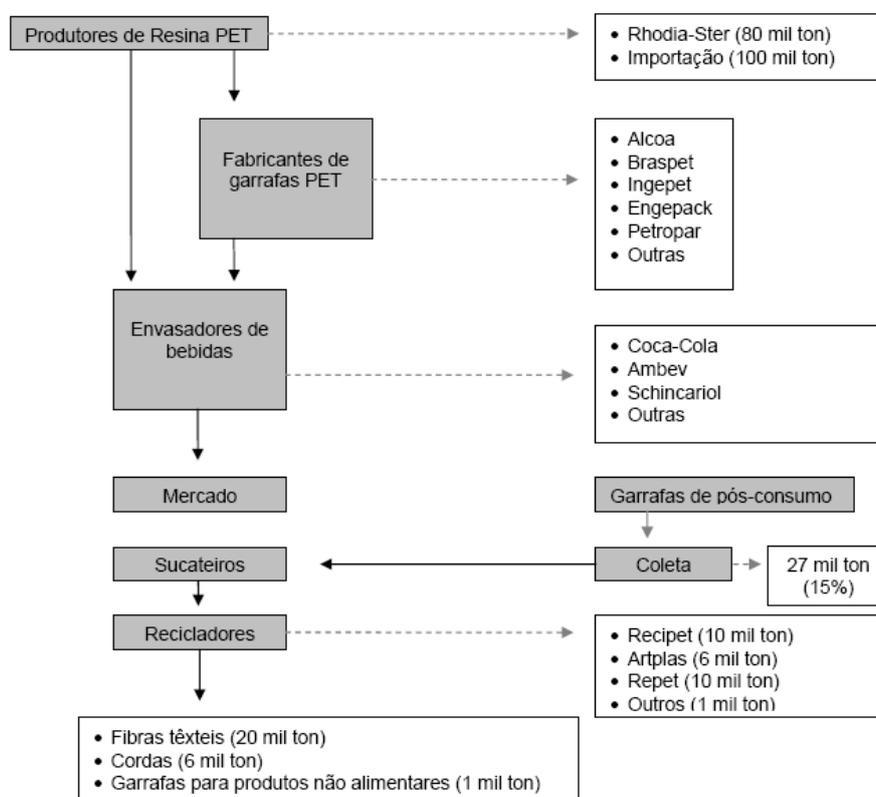
A logística reversa abrange a movimentação de materiais de pós-consumo (no final de sua vida útil e resíduos industriais) e de pós-venda (devolvidos por erros comerciais, problemas

de garantia, entre outros), desde o seu descarte por parte do consumidor final, até sua reintegração ao ciclo dos negócios, sem causar maiores impactos ambientais.

No caso da garrafa PET, a reciclagem é destinada à produção de fibra de poliéster para indústria têxtil, na fabricação de cordas e cerdas de vassouras e escovas, produção de filmes e chapas para boxes de banheiro, termo-formadores, formadores a vácuo, placas de trânsito e sinalização em geral, agregando valor aos negócios, através da logística reversa ou logística de pós-consumo, sendo que o ciclo de vida do produto não termina mais ao chegar ao consumidor final. Portanto, pode-se dizer que a reciclagem é o canal reverso da logística reversa, pois agrega valores ao produto após uso.

Para Leite (2017), os bens de pós-venda retornam por diferentes motivos e utilizam, em grande parte, os próprios canais de distribuição direta, enquanto os bens de pós-consumo possuem uma organização própria que dará origem ao *reverse supply chain*. Especificamente no setor de garrafas PET os materiais reciclados não retornam para fabricação de produto similar, caracterizando assim um canal reverso de “ciclo aberto”, conforme Figura 4.

**Figura 4** – Cadeia de distribuição das garrafas PET



**Fonte:** Adaptado Leite, 2017.

A logística reversa inclui processos de desenvolvimento de mercadorias, inventários, reabastecimentos, revogações e inventário de excessos. Inclui também os programas de reciclagem, programas de materiais perigosos, disposição de equipamento obsoleto e recuperação de recursos.

Para Chopra e Meindel (2016), uma cadeia de suprimento é dinâmica e envolve um fluxo constante de informações produtos e dinheiro, entre os diferentes estágios, como: clientes, varejistas, atacadistas, distribuidores, fabricantes, fornecedores de peças e matérias-primas. Cada estágio da cadeia de suprimento executa diferentes processos e interage com outros estágios de cadeia. É o conjunto de organizações que se inter-relacionam, criando valor na forma de produtos e serviços, desde os fornecedores de matéria-prima até o consumidor final.

Segundo Leite et al. (2005), as práticas e procedimentos organizacionais envolvidos nas diversas fases de retorno dos produtos, o relacionamento e informações trocadas entre as empresas na cadeia e os recursos empregados nas operações de retorno, definem o grau de estruturação de um canal reverso.

Existem fatores restritivos para o aumento dos níveis de reciclagem das garrafas PET, dentre eles (LEITE, 2017):

- a) **Fator Econômico:** representa influência importante, uma vez que, este material apresenta alta sensibilidade a preços de compra e venda e enfrenta com dificuldade a concorrência de outros materiais na coleta e ao longo da cadeia reversa, pelo fato de os valores envolvidos não remunerarem corretamente seus diversos elos;
- b) **Fator Legal:** refere-se à proibição do uso de reciclados em novas garrafas para uso alimentício, o que elimina uma substancial parcela do mercado para os reciclados;
- c) **Fator Tecnologia:** é restritivo a maiores quantidades recicladas, pela dificuldade técnica do processo industrial de reciclagem do material constituinte, que exige maiores investimentos e tecnologia específica que o diferencia dos demais plásticos;
- d) **Fator Ecológico:** embora muito comentado pelo setor, não tem apresentado influência importante nas quantidades recicladas. O produto é apresentado como altamente reciclável, no entanto, existe um grande problema de organização logística no setor quando seus diversos elos da cadeia direta e reversa não se estruturam para coleta das garrafas pós-consumo.

As principais perspectivas que precisam ser consideradas em relação à logística reversa incluem não só as redes de trabalho e análise de inventário, mas também a coleta dos produtos

pós-consumo, o seu preço, o uso, a revenda e a remanufatura através de um sistema estabelecido (Pokharel e Mutha, 2009).

O processo de logística reversa deve ser sustentável, pois esse processo trata de questões muito mais amplas que simples devoluções. Os materiais envolvidos nesse processo podem ser devolvidos ao fornecedor, revendidos, reconicionados, reciclados ou simplesmente são descartados e substituídos.

#### 4. CONCLUSÕES

Os dados apresentados possibilitaram entender que existem necessidades de ações efetivas, objetivando o aumento do retorno do PET para reciclagem. Dentre os motivos para o aumento da utilização de materiais pós-consumo para reciclagem, especialmente o do PET, estão relacionadas à redução do custo de produção em relação ao material virgem e à diminuição da extração de recursos naturais. No Brasil faz-se necessária a atenção sobre o pós-consumo de garrafas PET, pois o que não é reciclado está disposto aleatoriamente no meio-ambiente.

A necessidade de estruturação dos canais de distribuição reversos se faz relevante, uma vez que há fatores restritivos, em relação ao aumento dos níveis de reciclagem das garrafas PET, ou seja, fatores econômico, legal e tecnológico (LEITE, 2017).

De acordo com Manzini e Vezzoli (2005), a fase da reciclagem relacionada ao recolhimento e ao transporte não deve ser subestimada, seja em termos de planejamento logístico reverso, seja em relação ao impacto ambiental. Muitas vezes essa fase prejudica a economia e às vantagens ambientais da reciclagem. No caso das garrafas PET, a fase da reciclagem é fundamental, uma vez que ainda não existe nenhum tipo de legislação que obriga o fabricante ou o consumidor a dar um destino adequado ao material pós-consumo. Especificamente, devem ser trabalhados, em termos de conscientização, os principais envolvidos no processo, os consumidores.

Deve-se conscientizar os atores envolvidos na estrutura da cadeia reversa pós-consumo do PET: da redução do consumo a fim de diminuir os resíduos gerados, bem como a necessidade de envolver os setores industriais na busca de tecnologias mais limpas junto à cadeia produtiva do PET e o poder público com o objetivo de auxiliar o processo através de políticas públicas.

Algumas das dificuldades relacionadas à inclusão do sistema de retorno de PET pós-consumo: custos relacionados ao ciclo de vida total já que a empresa passa a ser responsável

por seus produtos até o final de sua vida útil; uma maior integração da cadeia produtiva, atribuindo responsabilidades e o grau de cooperação na cadeia; desenvolvimento de maiores controles gerenciais de logística reversa e de sistemas de informações que permitam a integração da logística reversa ao fluxo normal de distribuição.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. 2018. Disponível em: [http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf). Acesso em: 15 set. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM – ABRE. **Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento da embalagem**. 2006. Disponível em: [http://www.abre.org.br/wp-content/uploads/2012/07/cartilha\\_iso.pdf](http://www.abre.org.br/wp-content/uploads/2012/07/cartilha_iso.pdf). Acesso em: 15 set. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE EMBALAGENS PET – ABIPET. **Censo da Reciclagem de PET no Brasil**. 2016. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3>. Acesso em: 14 set. 2019.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BRITO, M.; DEKKER, R. **Reverse logistics: a framework**. Econometric Institute. Report EI 2002-38, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, 2002.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Humanitas, 2003.

CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. **O mercado para reciclagem**. Disponível em: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/8/pet>. Acesso em: 15 set. 2019.

CHAVES, G. L. D.; BATALHA, M. O. Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. **Gestão & Produção**, São Carlos, vol.13, n.3, p.423-434, setembro-dezembro, 2006.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

CUNHA, V., CAIXETA FILHO, J. V. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. **Gestão & Produção**. São Carlos, v. 9, n. 2, ago. 2002.

CURRAN, A. M. **Environmental life cycle assessment**. McGraw-Hill. New York, McGraw-Hill, 1996.

DE BRITO, M. P.; DEKKER, R. **Reverse logistics: a framework**. Econometric Institute. Report EI 2002-38, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, 2002.

GONÇALVES-DIAS, S. L. P.; TEODÓSIO, A. S. S. Reciclagem do PET: desafios e possibilidades. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), out. 2006, Fortaleza. In: **Anais...** Fortaleza, 2006, p. 01-08.

FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de custos logísticos**. São Paulo: Atlas, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

GRIMBERG, E.; BLAUTH, P. **Coleta seletiva reciclando materiais, reciclando valores**. São Paulo: Polis, 1998.

KNUTH, K. R. **Gestão ambiental: um estudo de caso para o setor têxtil – S.C. Santa Catarina**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. 253 p.

LACERDA, L. **Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD – UFRJ – 2002.

LEITE, P. R. et al. Determinantes da estruturação dos canais reversos: o papel dos ganhos econômicos e de imagem corporativa. In: Encontro Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, 29, 2005. **Anais...** Brasília: ANPAD, 2005.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2017.

MACHADO, B. A., et al. A importância social e econômica da implementação de cooperativas de materiais recicláveis. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2006.

MAHMOOD, N. Z.; VICTOR, D. Policy approach in life cycle of solid waste management in Malaysia. Life Cycle Management. In: **1st International Conference on Lyfe Cycle Management**. Conpenhagen, Denmark, p .301-4, aug. 2001.

MANZINI, E. ; VEZZOLI C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo: Edusp, 2005.

MELNYK, S. A.; SROUFE R. P.; CALANTONE, R. Assessing the impact of environmental management systems on corporate and environmental performance. **Journal of Operations Management**. USA, Vol. 21, n. 3, p. 329- 351, may 2003.

POKHAREL, S.; MUTHA A. Perspectives in reverse logistics: A review. **Journal Resources, Conservation and Recycling**. 2009 (53), 175-182.

SCHOLZ, L. C. **Coleta, tratamento e disposição final**: problemas e perspectivas. Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de educação Ambiental. Resíduos sólidos e meio ambiente. São Paulo: Pini, 2002.

TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2015.