

# Integrando logística reversa e ecodesign: proposta de um novo Framework

## *Integrating reverse logistics and eco-design: a proposal for a new framework*

Felipe Kich Gontijo (ESAG/UDESC – SC/Brasil) - gontijo@emc.ufsc.br  
• Centro de Ciências da Administração e Sócio-Econômicas – Av. Madre Benvenuta, 2.037 Campus Universitário,  
88035-001, Florianópolis-SC  
Alexandre Magno de Paula Dias (UDESC – SC/Brasil) - alexmpdias@hotmail.com

**RESUMO** Os conceitos de Logística Reversa e *Ecodesign* são discutidos nesse artigo, sugerindo que muitas vezes essas aplicações são tratadas de forma distintas, não conseguindo atingir assim um desempenho maior em relação à sustentabilidade ambiental. Isso porque grande parte das aplicações de logística reversa tem uma ação remediadora, já que a geração dos seus resíduos não é planejada junto com o projeto do produto. A proposta apresentada é mostrar como os dois conceitos podem trabalhar em conjunto, descrevendo o momento de cada aplicação. Desdobrando os dois conceitos em canais reversos por parte da logística e análise do ciclo de vida do produto por parte do *ecodesign*, se desenvolveu um modelo de aplicação que promove uma integração entre as duas práticas, de modo que a cadeia de suprimentos reversa seja planejada junto com o produto. O resultado é o desenvolvimento de um modelo de aplicação de logística reversa que integra o *ecodesign*, otimizando assim o fluxo reverso dos resíduos.

**Palavras-chave** Logística Reversa. *Ecodesign*. Resíduos Sólidos.

**ABSTRACT** *The concepts of Reverse Logistics and Eco-design are discussed in this paper, suggesting that these applications are often treated differently, thus not being able to achieve a higher performance in relation to environmental sustainability. The reason is most reverse logistics applications have a repairer action, since their waste generation is not planned along with product design. The proposal shows how the two concepts can work together, describing the time of each application. Unfolding the two concepts into reverse channels concerning logistics and life cycle analysis of the product as per eco-design, an application model has been developed, promoting integration between the two practices, so that the reverse supply chain is planned along with the product. The result is the development of a model for implementing reverse logistics integrating eco-design, thus optimizing the reverse flow of waste.*

**Keywords** *Reverse Logistics. Eco-design. Solid Waste.*

## 1. INTRODUÇÃO

Todo produto, ao longo do seu ciclo de vida, incluindo aqui diferentes fases como produção, distribuição e disposição final, provoca algum tipo de impacto ambiental. Este fato tem despertado cada vez mais a atenção da sociedade. Se por um lado existe todo um engajamento com as questões ambientais e a qualidade de vida, por outro, essa mesma sociedade consome uma quantidade cada vez maior de recursos, seja em quantidade ou pela diversificação de itens. A produção de bens de consumo é a base de uma economia que para girar cada vez mais rápido propõe a utilização crescente de bens descartáveis, promovendo mudanças de características de produtos duráveis para semi-duráveis, através da redução do tempo de vida dos mesmos. O resultado imediato dessas práticas é a geração de grandes quantidades de resíduos industriais e domésticos, o que é uma característica marcante dessa sociedade.

A mesma sociedade que consome numa escala cada vez maior, exige mudanças na postura das empresas em relação a sustentabilidade ambiental. González-Torre *et al.* (2010) atentam que tanto a conscientização dos consumidores quando as legislações mais rigorosas levaram as empresas a se tornarem mais responsáveis em relação as consequências ambientais de seus produtos e operações.

Muitas vezes os resíduos não são vistos como materiais com potencial para alimentar uma cadeia de suprimentos. De forma genérica, o problema se desdobra principalmente em duas partes: 1) na geração e disposição final do resíduo e; 2) na sua reciclagem, reutilização e reaproveitamento. A primeira parte é escopo de diversa ferramentas ou conceitos, entre elas o *ecodesign*, que é tratado como uma eficiente ferramenta de adequação e inovação ambiental (BIRCH *et al.*, 2012; FAVI *et al.*, 2012; RIO *et al.*, 2013; YANG; CHEN, 2011). Enquanto a segunda parte é abordada tanto pelo *ecodesign* como pela logística reversa, que é uma atividade que pode resultar em vantagens competitivas (DOWLATSHASI, 2005; LEITE, 2003; MEADE *et al.*, 2007; POKHAREL; MUTHA, 2009; PRAHINSKI; KOCABASOGLU, 2005; SRIVASTAVA, 2007).

Tanto o *ecodesign* como a logística reversa estão diretamente ligadas à gestão ambiental. Esses conceitos se relacionam, mas nem sempre são tratados de forma conjunta. A ineficiência e a falta de sustentabilidade de cadeias reversas é um assunto que já foi tratado por Gontijo e Dias (2010) e Gontijo *et al.* (2013) que analisaram os problemas relacionados à implantação de canais reversos. Mas nessa análise, os autores limitaram-se ao escopo da logística reversa, sem levar em consideração que o produto poderia ser concebido de forma a facilitar a sua re-inserção na cadeia de suprimentos.

Corroborando com a idéia de que há necessidade de integração no desenvolvimento de práticas da área ambiental, Srivastana (2007), desenvolveu um estudo sobre GSCM (*green supply chain management*), termo também utilizado por Jabbour *et al.* (2013), que aponta a integração dessas práticas como sendo o futuro das pesquisas na área de gestão ambiental.

Assim o presente artigo propõe o desenvolvimento de um modelo que integre a atuação das práticas de logística reversa e *ecodesign*, de forma a definir o momento e o espaço de cada uma, para que possam atuar de forma complementar, com o objetivo de promover um melhor resultado da sustentabilidade ambiental. A ideia central deste trabalho reforça a necessidade de, além de aproveitar os resíduos, desenvolver produtos e simultaneamente desenvolver a cadeia de suprimentos reversa, que seja competitiva e sustentável em termos ambientais e econômicos. Essa é uma iniciativa que vai de encontro com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, descrita na Lei nº 12.305 (MMA, 2014), que trata, entre outros assuntos, da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, da logística reversa e dos acordos setoriais.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi feita uma revisão teórica dos assuntos relacionados, com um aprofundamento exploratório dos mesmos. A formulação do modelo é dedutiva, uma vez que o desenvolvimento do modelo é teórico. O resultado esperado serve de base para a elaboração de estudos de casos posteriores, com o objetivo de validar o modelo.

A apresentação desse artigo está estruturada em cinco partes. A primeira parte, a introdução ao tema. A segunda apresenta o objetivo e a metodologia adotada. A terceira, é a revisão bibliográfica que apresenta e relaciona os conceitos de logística reversa, *ecodesign*, análise do ciclo de vida, canais reversos, programas de retorno e engenharia de desmontagem. A partir desses conceitos, o modelo é desenvolvido e apresentado na quarta parte do artigo. Por fim, a conclusão do estudo.

## 2. OBJETIVO E METODOLOGIA

O objetivo desse estudo é apresentar um modelo de logística reversa integrado ao conceito de *ecodesign*, de modo que a cadeia de suprimentos reversa seja planejada junto com o desenvolvimento do produto. Com isso procura-se otimizar o fluxo reverso do resíduo.

A idéia de desenvolver um modelo originou-se das experiências dos autores na área de logística reversa, tendo desenvolvido alguns projetos de pesquisas e publicado artigos, que apresentaram estudos de caso, tais como Gontijo e Dias (2010), Gontijo *et al.* (2010), Gontijo *et al.* (2009) e Gontijo *et al.* (2013). Esse constante interesse pelo tema fez com que os pesquisadores percebessem uma recorrente falta de desempenho das cadeias reversas, ligada a origem e geração do material descartado.

A pesquisa classifica-se como exploratório-descritiva. Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito”. O tema proposto foi explorado buscando-se aprofundar os conhecimentos pertinentes. O estudo também é classificado como descritivo, já que na consolidação do modelo traz em si uma descrição crítica sobre os temas abordados.

O método de abordagem da pesquisa corresponde ao método dedutivo, que, de acordo com Lakatos e Marconi (1996), “partindo das teorias e leis, na maioria das vezes prediz a ocorrência de fenômenos particulares”. Esse método de abordagem estabelece uma conexão descendente ao raciocínio que conduz a pesquisa, o que corresponde à busca nos fundamentos teóricos de soluções a serem incorporadas.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. Logística Reversa

Ballou (2006) afirma que “A logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria prima até o ponto de consumo final”. O mesmo autor define outra forma de Logística, que possui um fluxo no sentido reverso, quando afirma que:

A vida de um produto, do ponto de vista logístico, não termina com a sua entrega ao cliente. Os produtos tornam-se obsoletos, danificam-se ou estragam e são levados para seus pontos de origem para conserto ou descarte. (BALLOU, 2006).

Ou seja, há um canal logístico reverso que também deve ser gerenciado. Com essa afirmação, o autor já desdobra a Logística Reversa em duas áreas: uma destinada a reorganização ou reposicionamento do fluxo direto, e outra, destinada ao fluxo de retorno ou de descarte. Mas ainda não fica claro a reinserção do material em uma cadeia de suprimento.

Corroborando a idéia de que existe uma outra forma de logística, com fluxo contrário ao direto, Lacerda (2006) afirma que “Normalmente, a logística é tida como a gerência do fluxo de produtos a partir da sua fabricação, até o consumidor final, mas existe também, o processo reverso disso, que vai do consumidor de volta ao ponto de origem.”

Como o próprio nome induz, a logística reversa é caracterizada como um movimento de retorno ou um fluxo contrário na Cadeia de Suprimentos (TONOLO *et al.*, 2009).

Segundo Cruz *et al.* (2013), no Brasil a logística reversa já é entendida como fonte de geração de vantagem competitiva, fazendo com que a preservação ambiental deixe de ser apenas uma responsabilidade legal. O interesse de aproveitar o resultado do pós-consumo de um produto para alimentar uma cadeia de suprimento pode ser motivado por vários motivos, destacando-se:

- Aproveitar o valor potencial dos produtos descartados e aproveitar o material dos resíduos gerados, para substituir parte da matéria prima que alimenta as cadeias de suprimentos;
- Reduzir o impacto ambiental e os custos decorrentes do gerenciamento dos resíduos.

Chaves e Martins *apud* Saliermo (2007) destacam outro aspecto que contribui para o aumento da importância da logística reversa nas operações de logística empresarial. Segundo eles, a causa desse crescimento dá-se ao grande potencial econômico que possui o processo logístico reverso e que no momento não tem sido explorado como deveria.

Sobre esse potencial não aproveitado, Chaves e Chicarelli *apud* Figueiredo e Amoralo (2010) descrevem que no Brasil ainda há muito espaço para se desenvolver na área de Logística Reversa. A área empresarial precisa de uma conscientização maior do potencial de negócio e competitividade que pode ser explorado. E em paralelo, é necessário um incentivo por parte do Governo, através de leis que viabilizem e incentivem o crescimento das atividades de Logística Reversa.

### 3.2. Ecodesign

O termo *Ecodesign* refere-se à inclusão da variável ambiental nas diferentes etapas de projeto, desenvolvimento e execução de produtos, processos ou serviços, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental das atividades envolvidas. A redução do impacto ambiental é obtida pela adoção de princípios tais como: utilização de materiais de baixo impacto ambiental, busca pela eficiência energética, qualidade e durabilidade, adoção de técnicas de modularidade assim como reutilização e o reaproveitamento (BRONES *et al.*, 2014).

Braun e Gomez (2007) afirmam que “o termo *Ecodesign* é utilizado para descrever uma crescente tendência, onde o objetivo principal é projetar lugares, produtos e serviços que, de alguma forma, reduzam o uso de recursos não-renováveis ou minimizem o impacto ambiental”.

Para Stefano e Ferreira (2013) “o *ecodesign* assegura que um produto seja derivado do uso consciente de energia, de água e matérias-primas. Esta prática torna-se essencial para aquelas organizações que reconheçama responsabilidade ambiental como de vital importância para o sucesso no longo prazo. Pois, proporciona vantagem como redução dos custos, menor geração de resíduos, além de gerar inovações em produtos e atrair novos consumidores”.

Mackenzie *apud* Giudice *et al.* (2006) colocam que o processo de *Ecodesign* adota diversas ações articuladas para a otimização do desempenho ambiental, a saber:

- Redução de desperdícios e redução na geração de resíduos;
- Utilização adequada de materiais em função do desempenho exigido, da sua recuperação e da redução de poluentes tóxicos;
- Otimização do processo de produção, consistindo no planejamento de processos que são energeticamente eficientes e com emissões reduzidas e;
- Melhor aproveitamento do produto na fase de utilização, visando, sobretudo à redução de recursos para sua produção ou a necessidade de recursos adicionais durante o seu funcionamento.

Essas ações citadas por Mackenzie *apud* Giudice *et al.* (2006) sugerem que o *ecodesign* é uma reformulação do conceito de *design* industrial, de forma a aproximar os sistemas de gestão produtivos à gestão ambiental. Isso é fácil de entender, uma vez que grande parte da geração de resíduos está relacionada às etapas do planejamento do produto, quando não foi levada em consideração a vida pós-consumo.

O *Ecodesign* pressupõe uma avaliação tanto da vida útil do produto, como de seus materiais, antecipando como e quais serão os impactos ambientais. Através dessa avaliação, é sugerida a adoção de materiais alternativos, eliminação de processos que causem contaminação dos materiais, redução do número de materiais constituintes e facilitação na identificação desses materiais, entre outras ações.

A aproximação entre *Ecodesign* e Logística Reversa se dá nesse ponto, quando se propõe avaliar a vida útil do produto e de seu resíduo de pós-consumo. Nessa avaliação, o *ecodesign* precisa conhecer os processos pelos quais os resíduos que serão gerados vão passar – reutilização, desmontagem, remanufatura, reciclagem e disposição final.

O *Ecodesign* planeja como vai ser o produto e como vai ser a geração do resíduo, podendo-se antecipar como será o seu reaproveitamento – ou até melhorar o desempenho desse reaproveitamento no fluxo reverso. Já a Logística Reversa tem como objetivo maior operacionalizar o fluxo de material, de modo a obter uma cadeia sustentável.

O *Ecodesign* engloba um conjunto de práticas que visam reduzir o impacto ambiental ao produto e prover sustentabilidade ambiental à sua existência, incluindo a sua vida útil e a formação de resíduos. Uma das ferramentas mais importantes do *Ecodesign* é a Avaliação do Ciclo de Vida.

### 3.3. Avaliação do Ciclo de Vida

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta do *Ecodesign* que possibilita realizar um diagnóstico do impacto ambiental causado durante a vida do produto. Com a utilização da ACV, é possível identificar as etapas mais críticas e assim adequar as atividades para reduzir os impactos ambientais associados. Outra utilização da ACV é a comparação de alternativas segundo o nível de impacto ambiental de cada opção, nas diferentes etapas do desenvolvimento de produto, processos e serviços.

Couto (2007), explica que a ACV avalia os aspectos ambientais e os impactos potenciais associados ao ciclo de vida de um produto, desde a extração dos recursos naturais até o uso seu uso e descarte. Segundo o autor, com isso a ACV permite:

- O gerenciamento e preservação dos recursos naturais;
- A identificação dos pontos críticos de um determinado processo/produto;
- Otimização dos sistemas de produtos;
- Desenvolvimento de novos serviços e produtos;
- Otimização de sistemas de reciclagem mecânica e/ou energética;
- Definição de parâmetros para atribuição de rótulo ambiental.

### 3.4. Relação entre Canais Reversos e Ciclo de Vida do Produto

A necessidade de relacionar a Logística Reversa com a geração de impactos ambientais é percebida nos autores Gonçalves e Marins (2006) quando afirmam que “antes de se conceituar Logística Reversa, deve-se atentar para três aspectos relevantes (...):

Do ponto de vista logístico, o ciclo de vida de um produto não se encerra com a sua entrega ao cliente. Produtos que se tornam obsoletos, danificados ou não funcionam devem retornar ao seu ponto de origem para serem adequadamente descartados, reparados ou reaproveitados;

Do ponto de vista financeiro, existe o custo de gerenciamento do fluxo reverso, que se soma aos custos de compra de matéria-prima, de armazenagem, transporte e estocagem e de produção, já tradicionalmente considerados na Logística e;

Do ponto de vista ambiental, devem ser considerados e avaliados, os impactos do produto sobre o meio ambiente durante toda sua vida. Este tipo de visão sistêmica é importante para que o planejamento da rede logística envolva todas as etapas do ciclo do produto.

Jabbour *et al.* (2013) afirma que o futuro dos estudos na área de gestão ambiental está na integração das práticas dessa área. Para isso definem o conceito de GSCM (*green supply chain management*), cujas principais práticas são: compras verdes, *ecodesign*, produção mais limpa e logística reversa.

Tanto o *ecodesign* quanto a logística reversa são atividades que tem como objetivo a sustentabilidade ambiental. Segundo Gontijo e Dias (2010) “*Ecodesign* e a Logística Reversa são áreas bem definidas e a relação entre elas poderia ser proposta como complementar”. Em síntese, o foco do *Ecodesign* está no impacto ambiental e na concepção do produto, e o da logística reversa está na operacionalização do fluxo de materiais descartados.

A logística reversa operacionaliza o canal reverso, por onde os produtos usados, danificados, obsoletos, ou que por algum outro motivo não representam mais o produto com potencial de uso, devem retornar, seja para o seu reaproveitamento ou simplesmente para seu descarte. Desta forma, a vida de um produto não se limita ao momento da entrega ao cliente, definida pelo canal direto.

Esse canal reverso deve estar em consonância com o ciclo de vida do produto. Alguns autores fazem a relação entre Logística Reversa e ciclo de vida. Lacerda (2006) afirma que “por trás do conceito de logística reversa está um conceito mais amplo, que é o do ciclo de vida”. Pardo (2008), diz que:

através da preocupação com as questões ambientais as empresas vêm se envolvendo cada vez mais com o ciclo de vida dos produtos, deixando isso claro, ao notar-se a crescente quantidade de empresas que trabalham com a reciclagem de seus resíduos.

A ACV dos produtos é uma prática cuja a utilização vem crescendo rapidamente, seja pelo interesse de empresas em atender regulamentações cada vez mais exigentes, seja pela estratégia de marketing ambiental, ou ainda pelas oportunidade que se criam tendo o conhecimento do ciclo completo. Essas empresas usam a análise do ciclo de vida para conceber ou até projetar os canais reversos.

Apesar de muito próximos, os canais reversos da Logística Reversa e a ACV do produto são independentes. Pode haver um mesmo material sendo gerado em duas situações até mesmo idênticas e sendo reaproveitado em canais completamente diferentes, sendo usados em aplicações distintas.

Segundo Gontijo e Dias (2010), “a Logística Reversa é desenvolvida de acordo com as características e as possibilidades de formação ou inserção em uma cadeia de suprimentos, de forma competitiva”. Essa afirmação enfoca que a Logística Reversa não pode se limitar a ser remediação do impacto ambiental causado, tendo que ser sustentável e competitiva. Para os autores “o desenvolvimento do canal reverso também estará condicionado às características do projeto do produto, de como ele foi planejado no seu pós-consumo, por que um canal reverso é constituído de processos.” Ou seja, o material que será gerado no pós-consumo pode definir e viabilizar o canal reverso. O planejamento do que será gerado no pós-consumo é uma parte que cabe ao *Ecodesign*.

Essa aproximação é interessante para minimizar as dificuldades de implementação de política de logística reversa com produtos que não foram projetados seguindo os conceitos de *Ecodesign*. As principais dificuldades com tais produtos estão relacionadas com a falta de padronização, falta de identificação adequada, mistura de diferentes produtos/resíduos, contaminação destes resíduos que impossibilitam seu reaproveitamento ou com alguma outra dificuldade em se formar quantidades homogêneas, que permitam a inserção em alguma cadeia de suprimento. Isso muitas vezes encarece as operações de coleta e separação, o que inviabiliza o canal reverso.

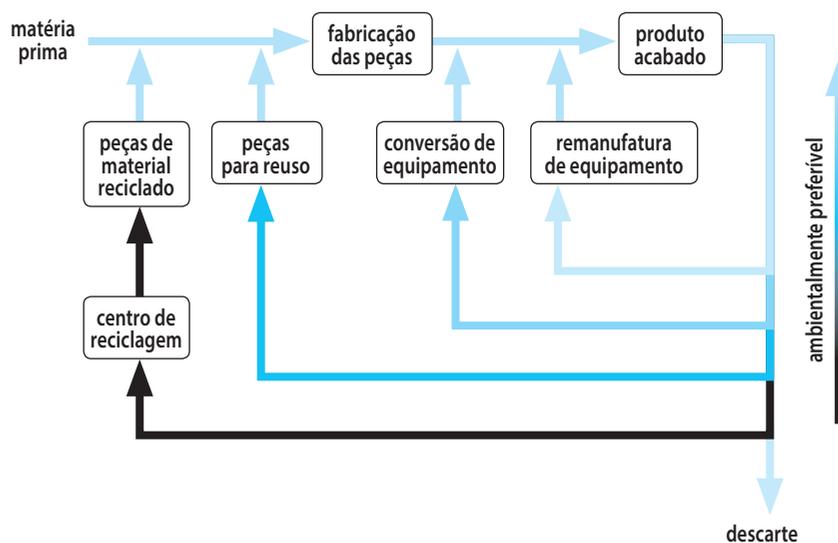
E é nesse ponto que a utilização dos dois conceitos é proposta, com o produto sendo projetado para alimentar uma cadeia de suprimentos já preconizada. Não se trata de procurar uma destinação com menor impacto ambiental, mas de projetar a sua destinação no futuro. Essa destinação pode ter várias opções de canal reverso, o que vai depender do estabelecimento de um negócio sustentável com esse resíduo.

### 3.5. Programas de Retorno e Desenho para Desmontagem

Os *Take Back Programs* ou Programas de Retornos representam um planejamento do ciclo e dos processos relacionados ao canal reverso, que podem ser motivados tanto pelo compromisso e a responsabilidade da empresa fabricante ou comercializadora com o seu impacto ambiental, como também por criar um canal de valorização de material de pós-consumo para benefício próprio.

Esses programas têm como objetivo um aproveitamento máximo dos materiais através da adequação de processos que visam facilitar a desmontagem do produto na fase de pós-consumo. Em referência à Logística Reversa, os programas de retorno podem ser entendidos como um programa para fechamento do ciclo de vida do produto, promovendo continuamente o reaproveitamento nas suas várias formas, reduzindo ou até eliminando a inclusão de materiais virgens.

Figura 1 – Ciclo Fechado de aproveitamento de materiais.



Fonte: Leite (2003).

Assim, um Programa de Retorno propõe a estruturação de um canal reverso de pós-consumo, onde a empresa planeja como deve ser a coleta, a consolidação de cargas homogêneas e o caminho reverso de um material/produto.

Para ser eficiente, o programa de retorno tem que estar apoiado em práticas que facilitam ou permitam o reaproveitamento do produto, minimizando as dificuldades com os processos relacionados à separação e desmontagem ou ao reconhecimento do material ou componente.

Nesse contexto, surge a prática do *Design For Disassembly* (DFD) ou desenho para desmontagem, que Desay e Mital (2005) definem como a prática de projetar o produto para que a sua desmontagem possa ser viável em tempo e custo.

Além do projeto do produto, é importante também o projeto do processo de desmontagem, indicando com manuais ou ilustrações de como as empresas de reaproveitamento devem proceder na desmontagem, ou então, planejando-se uma linha de produção para desmontagem.

Quadro 1 – Comparação entre Programa de Retorno e Engenharia de Desmontagem.

	Área de interesse	Atuação
Programa de retorno	Logística Reversa	Canal reverso
Desenho para desmontagem	<i>Ecodesign</i>	Ciclo de vida do produto

O DFD torna-se importante quando percebe-se que existem diversas tecnologias para o reaproveitamento de materiais, mas pouco comenta-se sobre o tempo de encaminhamento desses materiais aos processos industriais de reaproveitamento. Esse tempo pode estar relacionado a natural dispersão dos resíduos, ou então, à uma dificuldade em se identificar e separar os materiais. Assim, o DFD é uma forma de minimizar o leadtime do processo de separação e consolidação dos materiais.

De acordo com os métodos de DFD, os materiais e componentes do produto devem apresentar sistemas simplificados que facilitem a desmontagem, minimizando por exemplo, o uso de parafusos e rebites e eliminando partes coladas e soldadas, dando lugar a aplicação do encaixe mecânico, quando possível. Além disso, os materiais devem ser facilmente identificáveis, havendo pouca diversidade de tipos de materiais, para facilitar a consolidação de quantidades que viabilizem os custos do canal reverso.

## 4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

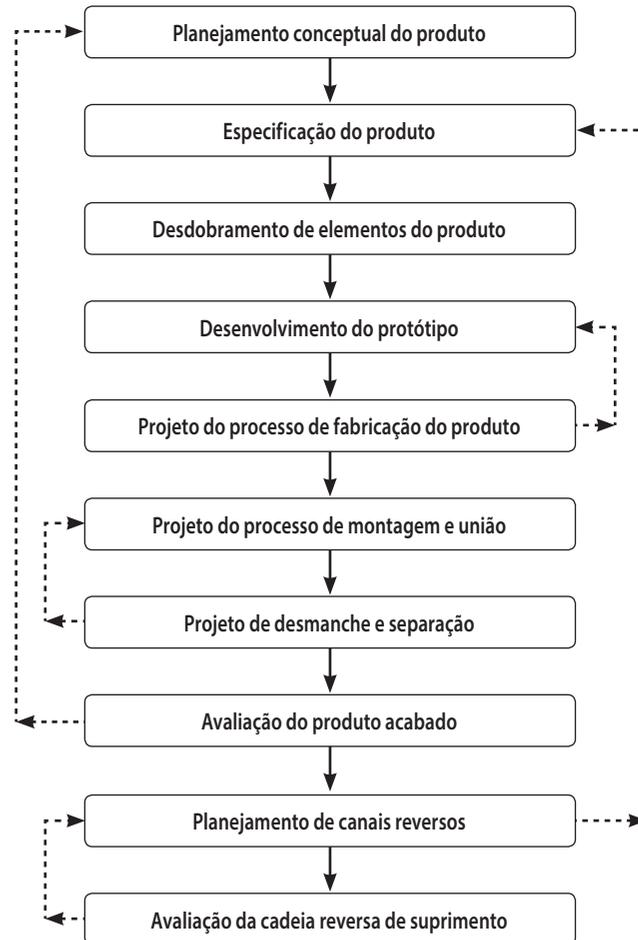
Existe uma grande preocupação, seja por parte da sociedade, do governo ou das empresas, em relação ao aproveitamento de resíduos de pós-consumo. Muitas vezes o que se percebe é que essa preocupação só acontece com o aparecimento do resíduo. Por esse motivo, as soluções apresentadas ficam desconectadas da sua origem. Ou seja, existe um foco na gestão do resíduo e não na gestão e planejamento da geração do resíduo.

O desenvolvimento do Modelo de Aplicação de Logística Reversa buscou aliar conceitos de *Ecodesign* à formulação dos Canais Reversos. O elemento de ligação, um dos pontos críticos desse modelo, é o Projeto de Desmontagem e Separação.

### 4.1. Descrição das Etapas do Modelo

O modelo é dividido em dez etapas sequenciais que correspondem ao planejamento geral do produto e sua cadeia reversa. Essas são apresentadas de forma isolada uma da outra, não por que de fato sejam executadas sem uma integração com os demais processos, mas por que devem concluir o seu escopo e apresentar elementos que confirmem sua conclusão.

Figura 2 – Fluxograma do Modelo de Aplicação de Logística Reversa.



### 1ª Etapa – Planejamento Conceitual do Produto

Na primeira etapa é feito um levantamento de todas as informações pertinentes ao cliente e ao produto, a definição das prioridades de acordo com os interesses da empresa: como o produto vai ser utilizado, quais as características que deve ter para atender requisitos de desempenho funcional e/ou de desempenho ambiental e quais são as expectativas dos consumidores em relação ao produto.

Nessa fase, busca-se explicitar o que de fato pretende-se atender, qual é o problema, quais são as limitações e as estimativas de impacto ambiental, podendo incluir aqui também a questão da limitação de custos aceitáveis e como será a solução em termos de produto.

Essa etapa é comumente negligenciada, pois parte das ações ambientais são de melhoria, partindo de um objeto já existente, visando aperfeiçoá-lo em relação aos impactos ambientais.

Estando definido o produto, realiza-se uma análise ambiental de produtos similares já existentes, para obter uma definição de requisitos gerais do produto e estabelecimento de metas de desempenho funcional e de impacto ambiental.

Com uma definição criteriosa espera-se que essa etapa conduza a obtenção de um produto final que corresponda às características desejadas. Todavia, existe uma possibilidade de isso não ocorrer, e como se pode observar no fluxograma, essa etapa pode ser refeita ou carecer de mudanças, caso seja observado na etapa oito “Avaliação do produto Acabado” que exista alguma condição desejada não alcançada.

## 2ª Etapa – Especificação do Produto

A etapa de Especificação do Produto visa definir requisitos específicos, desdobrando os requisitos gerais de concepção e descrevendo características pormenores de conformidades, atendimento às normas, tecnologias utilizadas.

O Planejamento do canal reverso, bem como qualquer variável relacionada a cadeias de suprimentos, não é o foco dessa etapa. No entanto é esperado que exista uma prévia concepção de como operam as cadeias diretas e as potenciais cadeias reversas. Esse apontamento pode ser enfatizado quando se observa no fluxograma que a etapa de Planejamento de Canais Reversos (nona etapa) pode posteriormente indicar alguma mudança, o que implicaria em um recomeço de todas as etapas. Portanto, trata-se sem dúvida de um processo interativo, que admite reformulação constante de todas as etapas do modelo.

## 3ª Etapa – Desdobramento de Elementos do Produto

Nessa etapa procura-se entender o produto como sendo um conjunto de elementos, cada qual relacionado com um material e, portanto, com um tratamento próprio. O fundamental é planejar esses elementos de modo a facilitar uma posterior desmontagem e a identificação dos elementos após a sua vida útil, para viabilizar a reciclagem e a reutilização.

Esse desdobramento do produto em elementos facilita ainda o processo de melhoria contínua, denominado *ecoredesign* (WINCO *et al.*, 2011), que como o nome indica é um processo de refazer o *ecodesign* do produto. Como em grande parte dos casos o *ecoredesign* não é feito para o produto todo, e sim para seus elementos que não alcancem os requisitos, ou então que apresentem potenciais de ganhos em relação a esses requisitos, essa fase de desdobramento se mostra estratégica.

Da mesma forma, o desdobramento de elementos facilita a inovação funcional e a utilização de materiais ou componentes alternativos. Esse desdobramento deve facilitar a decisão de adoção de um número menor de tipos de materiais, o que irá facilitar o processo de consolidação de volumes de materiais heterogêneos.

## 4ª Etapa – Desenvolvimento do Protótipo

O Desenvolvimento do Protótipo possibilita a visualização do produto, a sua adequação aos aspectos funcionais e também á uma primeira avaliação de impacto ambiental. Nessa etapa é feita a verificação do atendimento das especificações, realização de testes de desempenho e revisão dos requisitos relativos aos impactos ambientais

## 5ª Etapa – Projeto do Processo de Fabricação do Produto

O projeto do Processo de Fabricação do produto se refere à utilização de tecnologias para produzir o produto, próximo ao que foi definido como protótipo. Portanto, caso haja alguma impossibilidade de reproduzir algum elemento definido no protótipo, deve-se apresentar alguma alternativa e ser feita uma reavaliação do protótipo.

Em relação aos processos de fabricação, indica-se a utilização da Produção Mais Limpa (P+L), para reduzir a utilização de materiais e energia. Essa prática pode viabilizar reduções significativas no uso de insumos, matéria-prima e energia, além de redução dos impactos ambientais. A P+L não é objeto dessa pesquisa, mas fica como recomendação, até por que Jabbour *et al* (2013) prevêm essa integração como proposta de pesquisas futuras.

## **6ª Etapa – Projeto do Processo de Montagem e União**

O Projeto de Processo de Montagem e União dos elementos de um produto deve ser tratado em separado da etapa anterior, apesar de serem muito próximas. Essa afirmação se deve ao fato de que os processos de fabricação e montagem têm características bem particulares, com grandes diferenças na utilização de insumos. E também por que essa etapa deve ser conduzida já em consonância com a etapa posterior, que trata da operação inversa, onde se realiza a desmontagem e separação de itens.

## **7ª Etapa – Projeto de Desmontagem e Separação**

Nessa etapa é feita uma descrição de processos operacionais orientados por procedimentos, dos quais se pode citar o manual de desmontagem e o planejamento da linha de desmontagem. Nesse estágio são definidas operações de desmontagem e separação das partes, alocação dos materiais obtidos, compactação, consolidação, uso de ferramentas próprias, acomodação, manuseio, acondicionamento, armazenagem e destinação, de forma a aproveitar da melhor forma os materiais obtidos e os recursos usados na operação.

Esta pode ser descrita como uma fase de planejamento tático de como vai funcionar a desmontagem, definindo-se ações que facilitem os executores e promoverem lead times reduzidos e baixos custos para sua execução.

## **8ª Etapa – Avaliação do Produto Acabado**

Uma vez definido o produto e como ele é obtido, é proposto uma avaliação do produto acabado. Essa avaliação deve ser feita em relação a todos os parâmetros de desempenho físicos e operacionais, assim como em vida útil e custos.

Nessa avaliação também deve ser feita uma primeira análise do ciclo de vida, que serve para estabelecer parâmetros de eficiência e melhorias futuras, para verificar o cumprimento dos requisitos ambientais propostos. A proposta desse modelo, a análise de ciclo de vida deve ser feita depois que se conheçam os canais reversos, pois a idéia é de aproveitar as características do canal logístico (direto e reverso) e avaliar com os indicadores da análise de ciclo de vida.

## **9ª Etapa – Planejamento de Canais Reversos**

Uma vez que se conhece o produto e as etapas do seu ciclo de vida, incluindo o pós-consumo, pode-se atuar de forma a reduzir os impactos ambientais associados. Essa redução tem um limite, pois, por mais que seja eficiente um processo de melhoria de um produto, sempre haverá geração de algum resíduo. Então a próxima forma de atuar é através da utilização desse resíduo como material para suprir uma, ou a mesma, cadeia de suprimentos. Numa visão comum, identifica-se o resíduo de pós-consumo e avaliam-se possibilidades de reutilização ou reciclagem. Na visão do modelo aqui proposto, o resíduo já foi planejado para suprir uma cadeia de suprimentos.

Nessa etapa compõem-se possíveis cenários de como o material pode retornar ou alimentar uma cadeia produtiva. Não se trata simplesmente de a empresa se responsabilizar com o retorno do material, mas sim de criar uma visão integrada do produto, do seu processo e do seu recolhimento e da busca e/ou formação de consumidores e compradores para esse material. Esse foco é importante, pois uma vez que o resíduo passa a ser entendido como material pode existir um aumento de demanda e conseqüente valorização e especulação, o que pode inviabilizar sua proposta inicial, que estava baseada em um resíduo de baixo valor econômico.

No Planejamento de Canais Reversos também pode-se prever mais de um canal reverso. Isso é fácil de ilustrar, pois mesmo o material oriundo de um resíduo pode ter melhores aplicações dependendo da sua localização e dos potenciais compradores da região.

### 10ª Etapa – Avaliação da Cadeia Reversa de Suprimento

Depois de proposto os canais reversos é importante refazer a análise do ciclo de vida, sendo que agora existem novos elementos a serem verificados. Deve-se verificar o impacto ambiental dos processos pertinentes aos canais reversos planejados, considerando que cada canal apresentará resultados diferentes. É possível haver utilização diferente dos materiais, especificações diferentes, processos (de reciclagem, remanufatura) diferentes, rotas de transportes diferentes. Então a ACV é feita de acordo com essa nova realidade.

## 5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do Modelo de Aplicação, assim como toda a pesquisa realizada, abre a perspectiva de discussão sobre questões sobre o planejamento prévio da geração de resíduos, em contraponto a visão de gestão de resíduos desvinculada da sua origem.

Apesar de o Modelo estar direcionado para a implantação e análise de Canais de Logística Reversa, fica explícito que o assunto não deve ser tratado de forma pontual, devendo-se dar mais atenção a Cadeia de Suprimentos como um todo.

O estudo para o planejamento e gestão das cadeias de suprimentos reversas começa a tomar força quando passa a existir uma responsabilidade em relação à geração e destinação, por parte de toda cadeia, ou então da empresa que domina a cadeia. Essa responsabilidade pode estar embasada no cumprimento de leis, tais como a da Política Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2014), em permissões para atuar em determinados mercados, ou na elaboração de uma estratégia de marketing ambiental, quando se pretende conquistar a confiança de um mercado consumidor mais consciente.

Essas razões são evidentemente mais imediatas, pois definem a aceitação do produto e a continuidade do fluxo produtivo. Mas numa análise mais abrangente, a razão maior das existências de leis e da consciência ambiental dos consumidores é a sustentabilidade - e esse conceito de sustentabilidade não deve se limitar a consolidação de uma marca, pois o problema maior é a redução da disponibilidade de recursos e de uma tendência cada vez maior ao consumo.

Nesse sentido, um modelo de implantação de Logística Reversa, que alie conceitos de *Eco-design*, é uma forma de promover ciclos fechados, quando possíveis, que aproveitem materiais de pós-consumo, e que estreitem a ligação do consumo de materiais com a geração de resíduo e sua reinserção na cadeia de suprimentos.

O modelo proposto nesse artigo serve como uma base teórica e uma diretriz prática para empresas que pretendam integrar os projetos de produtos segundo os pressupostos do *Ecodesign* e o planejamento da operacionalização das respectivas cadeias reversas. Dessa forma, atende-se as prerrogativas de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e acordo setorial definido pela Lei nº 12.305 (MMA, 2014) que implementa a Política dos Resíduos Sólidos.

## REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5ª ed. Ed. Bookman. Porto Alegre, 2006.
- BIRCH, A.; HON, K. K. B.; SHORT, T. Structure and output mechanisms in Design for Environment (DfE) tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 35, n. 0, p. 50-58, November, 2012.
- BRAUN, J. R. R.; GOMEZ, L. S. R. **Ecodesign como estratégia de valorização e divulgação de entidades ambientais: a atuação do setor gráfico**. ENSUS, 2007. Disponível em: <http://www.ensus.com.br/tematica3>>. Acesso em: 20 setembro 2012.
- BRONES F.; CARVALHO M. M.; ZANCUL E. S. Ecodesign in project management: a missing link for the integration of sustainability in product development. **Journal of Cleaner Production**, xxx, p. 1-13, June, 2014.
- COUTO, L. **Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão**. CETEA/ITAK, Campinas, 2007.
- CRUZ, M. R.; BAGATTINI, L. C.; SILVA, J. E. A.; XAVIER, E.; PARIS. A.; CAMARGO. M. E. Logística Reversa na Fabricação de elementos de Fricção em Indústria da Serra Gaúcha. **GEPROS. Gestão da Produção Operações e Sistemas**, Ano 8, n. 3, Jul-Set, Bauru, 2013.
- DESAI, A.; MITAL, A. Incorporating work factors in design for disassembly in product design, **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 16, Issue 7, p. 712-732. 2005.
- DOWLATSHAHI, S. A Strategic Framework for the Design and Implementation of Remanufacturing Operations in Reverse Logistics. **International Journal of Production Research**, v. 43, n. 16, p. 3455-3480, 2005.
- FAVI, C.; GERMANI, M.; MARCONI M.; MENGONI M. Innovative software platform for eco-design of efficient electric motors. **Journal of Cleaner Production**, v. 37, p. 125-134, December, 2012.
- FIGUEIREDO, L. F.; AMORALO, S. M. Semelhanças e Disparidades nas Práticas de Logística Reversa de Produtos Lácteos em Mato Grosso do Sul: Um Estudo de Caso Comparativo entre Varejo de Capital Regional e Internacional. **Anais do 48º Congresso da Sociedade Brasileira de economia, Administração e Sociologia**. Campo Grande, 2010.
- GIL, A. C. **Técnicas de Pesquisas em Economia e Elaboração de Monografia**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIUDICE, F.; ROSA, G.; RISITANO, A. **Product design for the environment: a life cycle approach**. Boca Raton: CRC Press, 2006.
- GONTIJO, F. E. K.; DIAS, A. M. P.; FINCO, G. S. Problemática na Cadeia de Suprimentos Reversas: Estudo de caso sobre Reciclagem e a Importação de Resíduos Sólidos. *In: XV Encontro Nacional*. São Paulo, 2013.
- GONTIJO, F. E. K.; DIAS, A. M. P. Viabilidade e Sustentabilidade na Implantação da Logística Reversa de Pós-Consumo. *In: VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, 2010, Rio de Janeiro. **Anais do VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Agosto, 2010.
- GONTIJO, F. E. K.; DIAS, A. M. P.; WERNER, J. A Logística Reversa de Ciclo Fechado para Embalagens PET. *In: VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, 2010, Rio de Janeiro. **Anais do VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Agosto, 2010.
- GONTIJO, F. E. K.; DIAS, A. M. P.; MOITA, M. V.; ROCHA, V. S. Logística Reversa Aplicada no Planejamento da Cadeia de Suprimento de Alumínio Reciclado: um estudo de caso. *In: XI Encontro Nacional e I Encontro Internacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente*, 2009, Fortaleza. **Anais do XI Encontro Nacional e I Encontro Internacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, 2009.

- GONZALEZ-TORRE, P.; ALVAREZ, M.; SARKIS, J.; ADENSO-DIAS, B. Barriers to the Implementation of Environmentally Oriented. Reverse Logistics: Evidence from the automotive industry sector. **British Journal of Management**, v. 21, p. 889, London, 2010.
- JABBOUR, A. B.; ARANTES, A. F.; JABBOUR, C. J. C. Gestão Ambiental em Cadeias de Suprimentos: Perspectivas Atuais e Futura de Pesquisa. **Interciencia**, v. 38, n. 2, p. 104-111, Caracas, 2013.
- LACERDA, L. **Logística Reversa: Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. 2009. Disponível em: <<http://www.sargas.com.br>>. Acesso em: 14 março 2011.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnica de pesquisa**. 3ª ed. revisada e ampliada. São Paulo: Atlas, 1996.
- LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Sarson Prentice Hall, 2003.
- MEADE, L.; SARKIS E. J.; PRESLEY, A. The Theory and Practice of Reverse Logistics. **International Journal Logistics Systems and Management**, v. 3, n. 1, p. 56-84, Janeiro, 2007.
- MMA – Ministério do meio Ambiente. **Lei Federal Nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 25 junho de 2014.
- PARDO, J. S.; LIMA, M. D. R.; CAMPOS, M. C.; GOMES, R. P.; PEREIRA, R. S.; FIGUEIREDO JUNIOR, A. M. **Logística Reversa: Um interesse crescente**. 2008. Disponível em: <[http://www.administradores.com.br/artigos/logisticareversauminteresse\\_crescente](http://www.administradores.com.br/artigos/logisticareversauminteresse_crescente)>. Acesso em: 15 outubro 2012.
- PRAHINSKI, C.; KOCABASOGLU, C. Empirical Research Opportunities in Reverse Supply Chains. **Omega – The International Journal of Management Science**, v. 34, Issue 9, March, 2005.
- POKHAREL, S.; MUTHA, A. **Perspectives in Reverse Logistics: A Review**. Resources, Conservation and Recycling, 53, p. 175-182. 2009.
- RIO, M.; REYES, T.; ROUCOULES, L. Toward proactive (eco)design process: modeling information transformations among designers activities. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, In Press, p. 105-116, January, 2013.
- SALIERMO, P. L. **Proposta de Análise da Viabilidade da Reciclagem da Embalagem PET Utilizando Simulação computacional**. Monografia Departamento de Engenharia de produção UFOP Ouro Preto, 2007.
- STEFANO, N.; FERREIRA, A. R. Ecodesign Referencial Teórico e Análise de Conteúdo: proposta inicial para Estudos futuros. **Revista Estudos em Ecodesign**. v. 21 n. 2, Rio de Janeiro, 2013.
- SRIVASTAVA, S. K. Green Supply-Chain Management: A State-of-the-Art Literature Review. **International Journal of Management Reviews**, v. 9, n. 1, 53-80, Março, 2007.
- TONOLO, R. R. P.; DENICOL JR., S.; SANTOS, C. H. S. A Quarta Forma de Verticalização da Cadeia Reversa: Um Estudo de Caso no Setor da Borracha. **GEPROS. Gestão da Produção Operações e Sistemas**, Ano 4, n. 2, p. 25-36, Abr-Jun, Bauru, 2009.
- WINCO, K. C.; YUNG, H. K.; CHAN, J. H. T.; SO, D. W. C.; WONG, A. C. K.; CHOI, T. M. A life-cycle assessment for eco-redesign of a consumer electronic product. **Journal of Engineering Design**, v. 22, n. 2 Fev, p. 69-85, Publisher: Taylor and Francis Ltd. UK, 2011.
- YANG, C. J.; CHEN, J. L. Accelerating preliminary eco-innovation design for products that integrates case-based reasoning and TRIZ method. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 9-10, p. 998-1006, 2011.

