



Encontro Internacional sobre Gestão  
Empresarial e Meio Ambiente

ISSN: 2359-1048  
Dezembro 2016

## **CADEIA DE SUPRIMENTOS FECHADA NA INDÚSTRIA DE BATERIAS CHUMBO ÁCIDO NO BRASIL – DESAFIOS E POSSIBILIDADES**

**ANTONIO CARLOS BRAZ**

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DA USP  
acarlosbraz@hotmail.com

**ADRIANA MAROTTI DE MELLO**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
adriana.marotti@usp.br

**PAULO TROMBONI DE SOUZA NASCIMENTO**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
tromboni@usp.br

## **CADEIA DE SUPRIMENTOS FECHADA NA INDÚSTRIA DE BATERIAS CHUMBO ÁCIDO NO BRASIL – DESAFIOS E POSSIBILIDADES**

### **Resumo**

O tema cadeia de suprimentos fechada vem ganhando crescente atenção, tanto da academia, quanto das empresas. A sustentabilidade a longo prazo, não só dos negócios, mas do planeta e da sociedade em que vivemos, tende a ser o maior desafio para as corporações, integrando os problemas econômicos, culturais, sociais e ambientais em sua estratégia de negócios. Para ter uma cadeia de suprimentos verdadeiramente sustentável, consumindo o mínimo de recursos naturais e energia, minimizando seus impactos ambientais, é fundamental viabilizar o retorno do produto no final de vida útil para que possa ser reutilizado em seu máximo valor, sendo reparado, remodelado, remanufaturado ou reciclado. Neste artigo, são explorados os fatores, motivações e desafios da sustentabilidade do modelo de cadeia de suprimentos da indústria de reciclagem de baterias chumbo ácido no Brasil. Com base nos achados de um estudo de caso único sobre uma empresa de reciclagem de baterias chumbo ácido no Brasil, detalhamos e explicamos esta cadeia, identificando e discutindo os fatores e motivações que possibilitam este modelo de cadeia de suprimentos fechada e sustentável.

Palavras chave: cadeia de suprimentos fechada, fatores e motivação, indústria de baterias chumbo ácido.

## **CLOSED LOOP SUPPLY CHAIN OF THE LEAD ACID BATTERY INDUSTRY IN BRAZIL - CHALLENGES AND POSSIBILITIES**

### **Abstract**

The theme closed loop supply chain is attracting much attention from the academia and the corporations. The long term sustainability, not only of the business, but also the planet and the society we live, has turn out to be a major challenge for organizations to integrate economic, cultural, ecological and societal issues in their business strategy. In order to have a truly sustainable supply chain, consuming the minimum of energy and natural resources, minimizing the impact on the environment it is fundamental enabling the end of life product return to be reused in its maximum value, as refurbished, repaired, remanufactured or recycled. In this paper, we explore the factors, motivation and challenges of sustainability of the supply chain framework in the recycled lead acid battery industry in Brazil. Based on the findings from an unique case study in the recycled lead acid battery industry in Brazil, we detail and explain this supply chain, identifying and discussing the factors and motivation that enabling this closed loop and sustainable supply chain framework.

Keywords: closed loop supply chain, factors and motivation, lead acid battery industry

# 1 INTRODUÇÃO

O tema de cadeia de suprimentos fechada vem ganhando crescente atenção, tanto da academia, quanto das empresas. Para alcançar o objetivo de atender as necessidades de nossa geração sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas necessidades (World Commission on Environment and Development [WCED], 1987) e também considerando que a terra tem capacidade limitada para atender e suportar o crescimento de nossa população, é necessário discutir o atual modelo de produção, baseado na extração de recursos naturais, sua transformação em produtos e seu descarte após seu consumo (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

O conceito de cadeia de suprimentos fechada, prega que como alternativa ao modelo dito “linear” de produção e consumo tem-se a alternativa a de reaproveitar os recursos/materiais de produtos já utilizados/consumidos retornando na cadeia de suprimentos de diversas maneiras, desta forma obtendo uma cadeia de suprimentos fechada (Tsoulfas & Pappis, 2006).

Para Quariguasi Frota Neto, Walther, Bloemhof, Van Nunen e Spengler (2010), o objetivo primário de uma cadeia de suprimentos fechada é melhorar ao máximo o benefício econômico dos produtos em final de vida útil. Na literatura e na prática, são apresentados exemplos bem sucedidos de cadeias de suprimentos, que de alguma forma, possuem elementos que podem caracterizá-las como fechadas.

A reciclagem no Brasil enfrenta grandes dilemas e, por essa razão, apesar do seu rápido crescimento, precisa superar alguns desafios de forma a atingir níveis mais avançados em direção à sustentabilidade.

Por exemplo a cadeia de reciclagem PET no Brasil é fechada e tem a pressão de custos e de diferenciação de produtos dos fabricantes locais de matéria-prima de resina primária, sobre ela e grandes desafios principalmente na coleta das embalagens fim de vida utilizadas (Gonçalves-Dias & Teodósio, 2006).

Especificamente, após o estabelecimento da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010 em várias indústrias, como a eletrônica e de pneus, há a necessidade de recolher e dar destino correto aos produtos em final de vida útil (Brasil Presidência da República, 2010).

Uma questão fundamental, para o estabelecimento de cadeias fechadas de suprimentos, é discutir quais são os fatores motivadores para sua existência e como seria este modelo. Para tanto, esta pesquisa procurará responder à seguinte questão:

Como a indústria de baterias chumbo ácido adota o modelo de cadeia de suprimentos fechada no Brasil? Os objetivos desta pesquisa são:

1. Caracterizar o modelo de Cadeia de suprimentos da indústria de baterias chumbo-ácido no Brasil;
2. Identificar e discutir quais os fatores, motivações e possíveis obstáculos para o fechamento dessa cadeia;

Como contribuição teórica, este artigo, procura caracterizar o modelo desta cadeia, procurar-se-á complementar o modelo geral de cadeia de suprimentos sustentável fechada de Quariguasi Frota Neto, et al. (2010).

Este artigo, divide-se em seis partes: a primeira introduz o leitor ao objeto de pesquisa; a segunda aponta o contexto deste trabalho; a terceira apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre as formas de conceituação dos termos cadeia de suprimentos, cadeia de suprimentos verde, fechada e sustentabilidade; a quarta descreve o método; enquanto a quinta seção demonstra os resultados; por fim, a sexta parte compõe-se das considerações finais, das limitações deste trabalho e das sugestões para futuras pesquisas.

## **2 CONTEXTO:**

### **2.1 Indústria de baterias chumbo ácido no Brasil:**

No Brasil, a indústria de baterias automotivas chumbo-ácido (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social [BNDES], 2013) representa cerca de 80% do consumo de chumbo no país (Departamento Nacional de Produção Mineral [DNPM], 2014), baterias para indústria de telecomunicações e industriais representam cerca de 17%, sendo os 3% restantes representados pela indústria de pesca, munícão e construção civil .

O Brasil não tem produção primária (chumbo produzido através da extração do recurso natural) de chumbo metálico refinado. Toda a produção deste metal é obtida a partir de reciclagem de material usado, especialmente de baterias automotivas, industriais e de telecomunicações. As usinas refinadoras estão nas regiões Nordeste (Pernambuco), Sul (Rio Grande do Sul e Paraná) e Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais), com uma capacidade instalada em torno de 170 kt/ano (DNPM, 2014).

Segundo o DNPM (2015) a produção secundária do chumbo metálico, em 2014, foi de 160,4 kt, um incremento de 5,5% em relação ao ano anterior, o que correspondeu a 15,5 milhões de baterias vendidas para o mercado de reposição, em um universo de 16,5 milhões de baterias coletadas para reciclagem do chumbo.

### **2.2 Operação de reciclagem de baterias chumbo ácido:**

A resolução no. 401 de 2008 do Conselho Nacional de Meio Ambiente que rege especialmente a proteção contra a poluição de baterias chumbo ácido, tendo a operação de cadeia de suprimentos sustentável com a logística reversa um de seus pilares (Conselho Nacional de Meio Ambiente [Conama], 2008).

A Lei nº12.305 que estabelece a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, segundo o Artigo 4o, reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólido. Compreende-se, nesse momento, que o governo brasileiro começa a se preocupar com os impactos ambientais, causados pelo consumo exacerbado das pessoas e, em consequência, a altíssima aceleração na produtividade nas indústrias (Brasil Presidência da República, 2010).

A reciclagem mostrou-se tão competitiva no Brasil que o projeto que estava em andamento da Votorantim Metais, o Polimetálico II de Juiz de Fora-MG, de R\$670 milhões, que tinha por objetivo a implantação de uma unidade de produção primária e secundária de chumbo, teve início em setembro de 2007 com término previsto para julho de 2013, foi paralisado e um dos principais motivos é o preço competitivo dos reciclados que não seguem a LME (London Metal Exchange- maior Bolsa global de mercadorias de metais não ferrosos). Não há previsão de retomada do projeto (DNPM, 2014).

O Projeto de Lei do Senado (PLS 537/2011) estabelece que os consumidores deverão devolver as baterias automotivas e industriais inservíveis, no fim de vida útil, aos varejistas, distribuidores e importadores. Caberá a esses segmentos entregar o material coletado aos fabricantes nacionais desses produtos que deverão comprovar que a mesma quantidade vendida foi reciclada, segundo a lei, responsáveis por dar destinação final ambientalmente adequada, como a reciclagem (CAS SENADO PLS 537/ 2011).

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1- Cadeia de Suprimentos tradicional direta

Ainda não há uma teoria da cadeia de suprimentos. Em direção a teoria da cadeia de suprimentos (Carter, Rogers, & Choi, 2015), propuseram seis premissas fundamentais que integradas podem tornar-se esta teoria, definiram que cadeia de suprimentos direta tradicional, consiste em pelo menos três entidades, uma empresa, um fornecedor e um cliente representados pelo oval, envolvidos em fluxo de produtos, serviços, dinheiro e ou de informação.

Na Figura 1, as ligações representadas por linhas sólidas consistem em movimento físico de produtos entre as entidades, duas ligações adicionais representadas pelas linhas pontilhadas indicando movimento de informação e dinheiro.

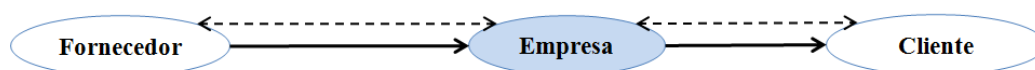


Figura 1 -Modelo de cadeia de suprimentos direta e tradicional. Fonte: adaptado de (Carter et al., 2015).

Definição similar a de Mentzer, Keebler, Nix, Smith e Zacharia (2001), que definiram a cadeia de suprimentos como um grupo de três ou mais empresas ou entidades envolvidas em um fluxo de produtos, serviços, dinheiro e informações de um fornecedor para um cliente.

#### 3.2- Conceitos de Sustentabilidade em Cadeia de Suprimentos

A definição mais utilizada para desenvolvimento sustentável, é a estabelecida pelo Relatório Brundtland, que define desenvolvimento sustentável, como aquele que: atende as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas necessidades (WCED, 1987).

Nas organizações um conceito central para operacionalizar a sustentabilidade é o triple bottom line, que consiste no equilíbrio que deve ser alcançado nas dimensões ambiental, econômica e social no ponto de vista microeconômico (Elkington, 1998).

Assim a definição de gestão de cadeia de suprimentos sustentável que será utilizada é a estratégica, integração transparente e realização das metas econômica, ambiental e social na organização em coordenação sistêmica dos processos-chave de negócios interorganizacionais para melhorar o desempenho econômico de longo prazo da empresa individual e suas cadeias de suprimentos (Carter & Rogers, 2008).

##### 3.2.2- Cadeia de Suprimentos Fechada

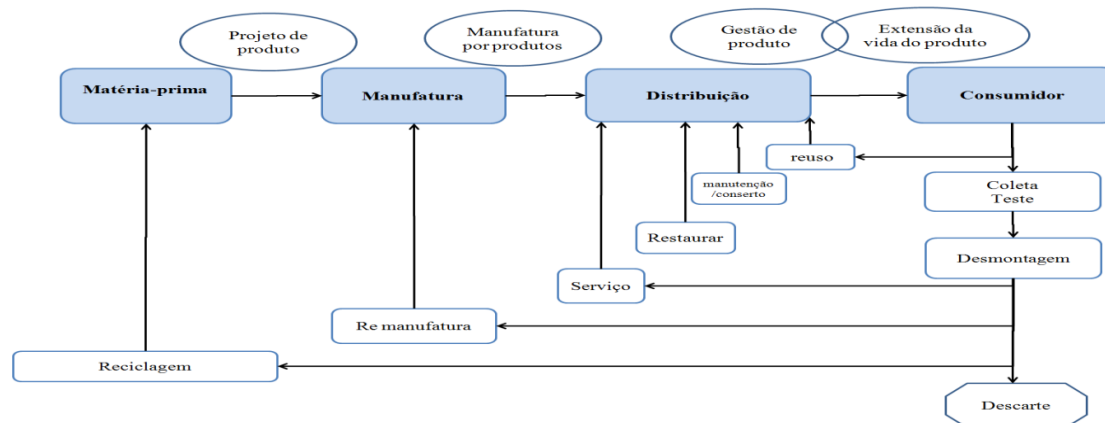
Alguns autores definem a cadeia de suprimentos fechada com uma visão de negócios, como o projeto, controle e operação de um sistema para maximizar a criação de valor ao longo de todo o ciclo de vida de um produto com a recuperação dinâmica de valor a partir de diferentes tipos e volumes de retornos (Guide & Wassenhove, 2009).

Se for considerado a cadeia de suprimentos direta e a cadeia de suprimentos reversa simultaneamente o resultado será a Cadeia de Suprimentos Fechada (Govindan et al., 2015):

Considerando as cadeias de suprimentos tradicional e reversa temos uma cadeia fechada

que funciona de forma coordenada em direção a atingir objetivo comum de maximizar os lucros. As empresas devem proativamente buscar valor a partir dos fluxos reversos e coordenar os fluxos direto e reverso, administrando o aumento da incerteza quanto ao tempo, quantidade e qualidade (Kleindorfer, Singhal & Wassenhove 2005).

De acordo com o modelo proposto por (Quariguasi Frota Neto et al., 2010) figura 2, a cadeia de suprimentos fechada pode ser também ao mesmo tempo sustentável.



Figura

2 -Modelo Geral de cadeia de suprimentos sustentável fechada. Fonte: Adaptado de (Quariguasi Frota Neto, et al., 2010).

O projeto biológico da natureza fornece um modelo de comportamento para sustentabilidade, um sistema contínuo de produção fechado com perda zero nas fábricas, onde todo produto/material produzido deve retornar neste sistema natural como matéria-prima para outro produto.(Tsoufpass & Papis, 2006).

As estratégias de cadeia de fluxo fechado necessitam de uma organização logística importante, ainda que seja apenas pela obrigação de manter uma relação direta com os clientes e atender à legislação cada vez mais rigorosa. Todavia as vantagens e as oportunidades comerciais são múltiplas.

A reciclagem no Brasil enfrenta grandes dilemas e, por essa razão, apesar do seu rápido crescimento, precisa superar alguns desafios de forma a atingir níveis mais avançados em direção à sustentabilidade.

A cadeia de reciclagem PET no Brasil é fechada tem a pressão de custos e de diferenciação de produtos dos fabricantes locais de matéria-prima de resina primária, sobre a cadeia de reciclagem e grandes desafios principalmente na coleta das embalagens fim de vida utilizadas(Gonçalves-Dias & Teodósio, 2006).

Esta pesquisa tem como objeto de estudo a cadeia de suprimentos de reciclagem de baterias chumbo ácido que pode ser ao mesmo tempo sustentável e fechada, procurando entender quais seriam seus fatores de sucesso.

### 3.3 - Fatores de sucesso

Fatores de Sucesso são fatores-chave habilitadores das atividades, fundamentais para garantir que qualquer negócio ou fenômeno aconteça e necessários para uma organização/empresa atingir seus objetivos, é imprescindível serem identificados, avaliados, medidos e focados (Luthra, et al., 2015).

Luthra, Garg, e Haleem (2014), (2015) e (2016) identificaram vinte e seis fatores críticos de sucesso, estudando a cadeia de suprimentos sustentável da indústria automotiva da Índia, utilizando a metodologia de análise IRP (interpretive Ranking process) sem identificar os

mais importantes recomendando para pesquisa futura esta lacuna. depois aplicaram a metodologia de análise ISM (Interpretive Structural Modelling) no estudo de caso da indústria de mineração da Índia para hierarquizá-los.

Recomendaram aplicar o modelo em outras indústrias em países emergentes, entendendo ser possível desenvolver uma teoria das práticas de cadeia de suprimentos verde para alcançar vantagem competitiva melhorando o desempenho ambiental, social e econômico da cadeia de suprimentos.

Depois identificaram seis fatores chave estudando a cadeia de suprimentos sustentável da indústria automotiva da Índia, sendo que destes seis, três também foram identificados nesta pesquisa.: regulamentação governamental; escassez de recurso natural e Iniciação e comprometimento estratégico da alta direção

Temos também na literatura artigos que desenvolveram um modelo para explicar quais fatores impactam a Cadeia de suprimentos Sustentável (Wittstruck & Teuteberg, 2012). A partir da pesquisa de campo, procurar-se-á discutir quais fatores contribuem para o fechamento de cadeias de suprimento..

#### **4 METODOLOGIA**

No presente trabalho, para responder a questão de pesquisa e atender os objetivos foi utilizado o método de estudo de caso, que segundo Yin (2001) “permite que os investigadores retenham as características holísticas e significativas dos eventos da vida real” e, além disso, preocupa-se com a apresentação rigorosa e justa dos dados empíricos. Um estudo de caso bem realizado considera no mínimo três fontes de informações: pesquisas históricas do tema, observações diretas dos eventos estudados e entrevistas das pessoas envolvidas, o que leva a triangulação do método.

O critério de seleção da unidade de estudo foi uma empresa de reciclagem de baterias chumbo ácido transformando baterias no fim de vida útil em matéria-prima reciclada: chumbo, ácido e resina plástica.

O instrumento de coleta de dados primário foi um questionário semiestruturado elaborado após realização de pesquisa na literatura com perguntas abertas, a técnica utilizada foi entrevista em profundidade de interrogação direta com seis colaboradores da empresa que ocupam as seguintes posições de gestão na empresa: Diretor Executivo, Diretor Presidente/Fundador, Gerente de Produção, Gerente de Recursos Humanos, Gerente de Qualidade e PhD de Pesquisa & Desenvolvimento.)

A análise de dados amparada em representações visuais (figuras de 3 a 6) buscando a síntese das informações e redução das dimensionalidades. As limitações informadas nas considerações finais (Yin, 2001).

A Tabela 1 detalha como foram verificadas e em que fase a confiabilidade, validades interna, externa e de construto da pesquisa.

**Tabela 1:** Critério de cientificidade utilizado: adaptado de Yin(2001) e Martins (2008)

Critério de Confiabilidade e Validade	Fases da Pesquisa			
	Projeto e Planejamento da Pesquisa	Seleção de Caso	Coleta de Dados	Análise dos Dados
<b>Confiabilidade</b> demonstra que as operações de um estudo podem ser repetidas com os mesmos resultados	Desenvolve o protocolo do estudo de caso	Selecionado com base em empresas que reciclam baterias chumbo ácido no Brasil, selecionado uma empresa de reciclagem	Visita e entrevista em profundidade com seis gestores da empresa com questionário semi estruturado desenvolvido com banco de dados do estudo de caso e Conhecimento do setor	envolvimento do autor que realizou a entrevista
<b>Validade Interna</b> coerência entre o problema da pesquisa, a plataforma teórica escolhida, a metodologia empreendida e os resultados alcançados	Definido o problema de pesquisa, modelo teórico e metodologia: estudo de caso único	critério da amostra registrado no protocolo do estudo de caso	Registro de fatores que podem ser alternativas de explicação	Correspondência de padrões triangulação de múltiplas fontes de dados
<b>Validade do Construto</b> estabelece um medidor operacional correto para o conceito estudado	Adoção de construtos de trabalhos realizados no campo de cadeia de suprimentos fechado e sustentável	Não se Aplica	Múltiplas fontes de informação e múltiplos entrevistados	revisaram o rascunho do relatório cadeia de evidência
<b>Validade Externa</b> Estabelece um domínio do qual os achados do estudo podem ser generalizados	Amostragem de Recicladores de baterias chumbo ácido. Descrição do critério da amostra	Descrição clara da empresa estudo de caso contexto e situação	Não se Aplica	Não se Aplica

Fonte: Autores

## 5 RESULTADO E ANÁLISE DOS DADOS

### 5.1 Caracterização do objeto de estudo de caso, Empresa Alfa:



Empresa cem por cento brasileira de reciclagem de baterias chumbo ácido, localizada em uma pequena cidade de 13.000 habitantes a 50 quilômetros de uma das maiores cidades do Paraná, com tecnologias e processos desenvolvidos em laboratório próprio, liderado por uma doutora em engenharia química pela Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

Possuem certificações ambiental ISO 14001/04, validade: 14/09/2018, qualidade ISO 9001/08, validade: 14/09/2018 e social OHSAS/07, validade:10/03/2019.

Produzem cerca de 2.000 toneladas/mês de chumbo reciclado provenientes de cerca de 290.000 baterias, representando cerca de 15% a 20% do mercado brasileiro de chumbo reciclado. Recicla baterias automotivas, estacionárias, telecomunicações, chumbo de cartuchos e chumbada da indústria de pesca.

Vende chumbo reciclado para a indústria de baterias automotivas e telecomunicações, para indústria de armamentos/bélica (fabricação de cartuchos/munição), para indústria de construção civil (galvanização de arames) e indústria de pesca (chumbada: pesos para anzóis e quilhas para embarcações).

Do chumbo reciclado, 82% é vendido para fabricantes de baterias, 6% para fabricantes de chumbada, 6% para fabricantes de galvanização de arames e 6% para indústria bélica.

O ácido reciclado, 100% vai para a empresa recicladora Eco ácido, do plástico reciclado 95% é vendido de volta para fabricantes de peças plásticas para baterias e 5% é vendido para fabricantes de peças plásticas para a indústria de construção civil.

Os principais clientes são: grandes autopeças fabricantes de bateria para OEM (original equipment manufacturer) e reposição, montadoras de automóveis japonesas, alemãs, inglesas, grandes bancos, recentemente exportaram para uma empresa americana 1.500 toneladas de chumbo em 3 lotes de 500 ton.

As baterias retornam de vendas que coletam do cliente final.

## **5.2 Fatores, motivações e possíveis obstáculos para o fechamento desta cadeia**

Foi identificado no modelo de Cadeia de suprimentos da indústria de baterias chumbo-ácido no Brasil os seguintes fatores que contribuíram para o sucesso ambiental desta operação/cadeia e impulsionaram a competitividade através da sustentabilidade:

- O chumbo reciclado é mais competitivo do que o primário, eles produzem o reciclado usando menos energia e reciclam praticamente 99,7% do chumbo, com uma perda de cerca de 0,3% como escória, além disso reciclam 100% do ácido e 97% do plástico. Isso é possível devido a tecnologia de reciclagem do chumbo desenvolvido localmente pela empresa Alfa e de reciclagem do ácido desenvolvido localmente pela empresa Eco Ácido, a empresa Alfa esta exportando chumbo reciclado para um fabricante de baterias nos Estados Unidos;
- Desenvolvimento de tecnologia para reciclagem e purificação do chumbo e ácido;
- Cadeia de suprimentos integrada formando uma rede de empresas de diferentes indústrias, tais como automotiva, telecomunicação, química, material de construção, armamento e pesca;
- Implantação de uma eficiente rede de logística reversa para coleta do produto em final de vida retornando ao ciclo produtivo;
- Regulamentação governamental;
- Escassez de recurso natural;
- Iniciação e Comprometimento estratégico da Alta direção.

As motivações para o fechamento dessa cadeia reciclando o produto final, surgiram com a escassez do recurso natural chumbo em 1994, com a demanda para o chumbo sem a oferta local e o conhecimento do mercado que os fundadores da empresa tinham, motivou os empreendedores a elaborarem um projeto buscando e desenvolvendo tecnologias competitivas de reciclagem do produto final transformando nas matérias-primas chumbo, ácido e plástico. O maior obstáculo/desafio em 1994 foi a tecnologia de reciclagem que não estava disponível os outros obstáculos/desafios eram como retornar o produto em final de vida para ser reciclado, os fabricantes de bateria ofereciam descontos no preço para a compra de um bateria nova com a devolução de uma bateria usada, depois outros canais de retorno foram abertos além das revendas as companhias de seguro como prestação de serviço passaram a oferecer além da carga/reparo da bateria também a troca da bateria para o consumidor final retirando o produto no fim de vida e instalando um novo tornando-se assim um canal de venda e retorno das baterias.

A Competitividade (preço menor) do chumbo reciclado versus o primário e importado (preço maior), viabilizou toda a operação e o desenvolvimento da cadeia.

A escassez de recurso natural criou o ambiente de negócio favorável a busca de novas opções. O desenvolvimento de tecnologia para reciclagem e purificação do chumbo e ácido tornaram possível o desenvolvimento do produto chumbo reciclado.

Assim como a implantação de uma rede de logística reversa para coleta do produto em final de vida retornando ao ciclo produtivo. onde cada revendedor/distribuidor de baterias, quando vende uma bateria nova solicita a em final de vida útil para o cliente concedendo a ele um desconto no preço da nova e depois quando recebe baterias novas dos fabricantes de baterias retorna as em final de vida útil.

A pressão da regulamentação governamental no início ainda pequena mas intensificada em 2008 com a revisão da resolução do Conama 401 de 2008 contribuiu para o fortalecimento da cadeia de suprimentos integrada formando uma rede de empresas de diferentes indústrias, tais como automotiva, telecomunicação, química, material de construção, armamento e pesca. As tecnologias desenvolvidas pela recicladora de chumbo e de ácido, formando uma grande rede de empresas explorando ao máximo o valor do produtos. A iniciação e comprometimento estratégico da Alta direção que focou e apoiou as ações da empresa no desenvolvimento das tecnologias sustentáveis com o pioneirismo deste desenvolvimento em 1995.

### **5.3 Caracterização do modelo de Cadeia de suprimentos da indústria de baterias chumbo-ácido no Brasil**

As figuras 3 a 6 abaixo, representam a cadeia de suprimentos de baterias chumbo ácido em 4 diferentes mercados que a empresa Alfa atua.

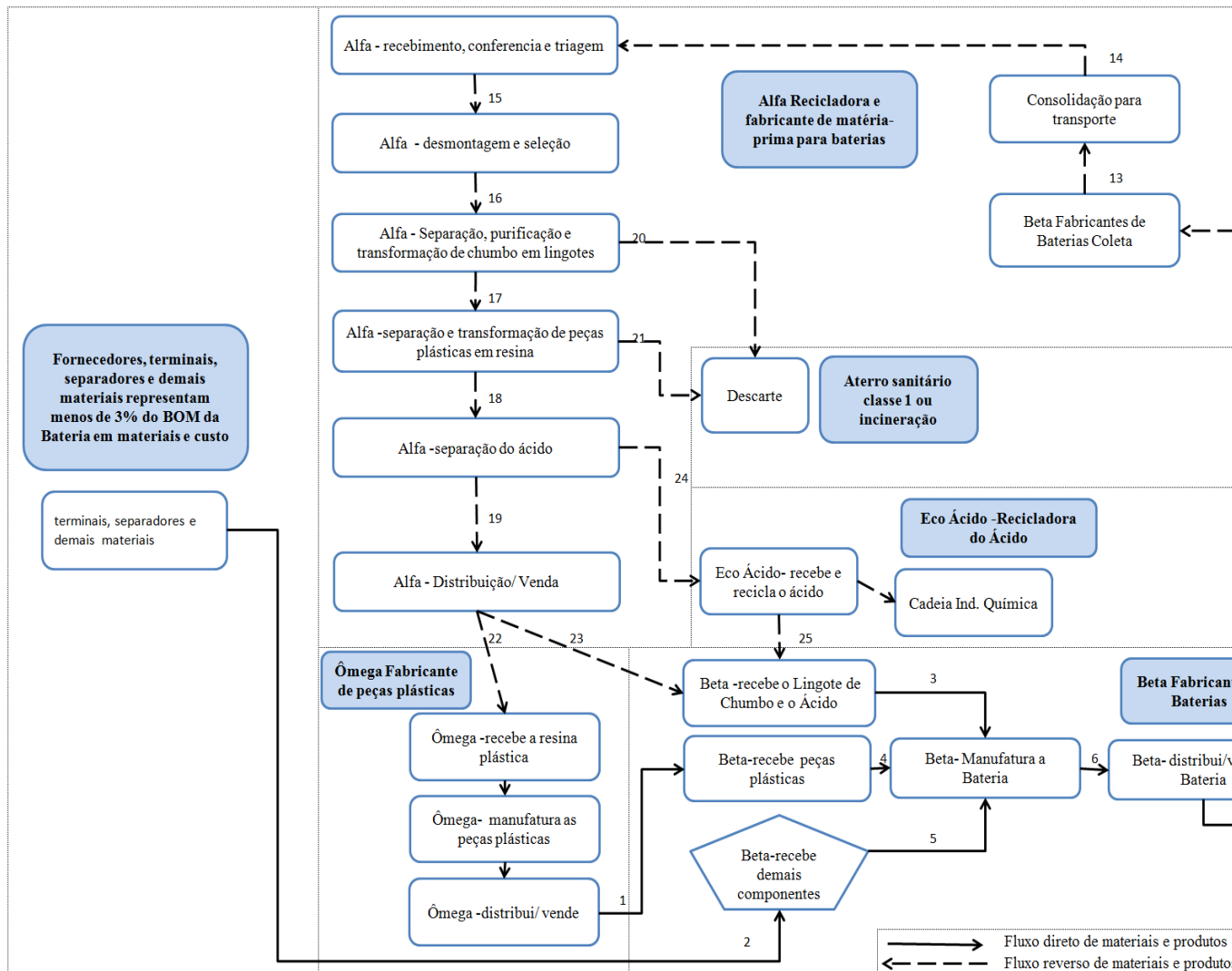
A Figura 3, denominada de Modelo 1 - Cadeia Fechada de reciclagem de baterias para o mercado de reposição, detalha o funcionamento de uma parte da cadeia, focada no mercado de baterias automotivas para reposição, ou seja, baterias vendidas para os consumidores que precisam repor sua bateria usada no final de vida por uma bateria nova, ou recarregar a bateria usada para continuar usando-a, nesta cadeia é detalhado o processo da empresa recicladora de baterias alfa e observado que trata-se de uma cadeia fechada. Tem o início e o fim nas

matérias-primas chumbo, plástico e ácido reciclados, que representam no produto bateria cerca de 97% do custo e quantidade de material, tendo apenas 3% relativos a terminais e separadores adquiridos como primários.

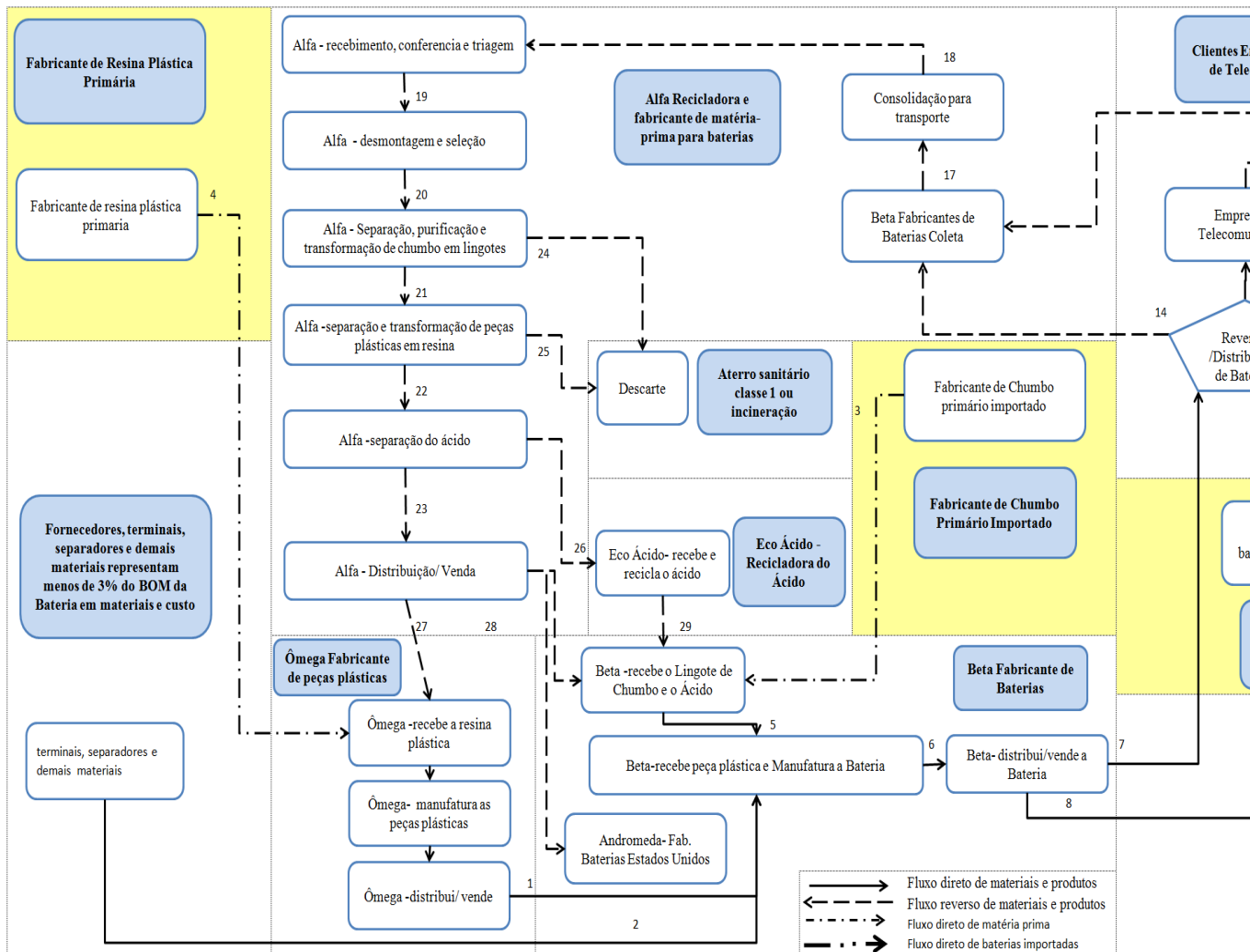
A Figura 4, denominada de Modelo 2 - Cadeia Semi Fechada de reciclagem de baterias para o mercado de empresas de telecomunicação e indústria automotiva. Detalha o funcionamento de outra parte da cadeia, focada no mercado de baterias automotivas para montadoras e de telecomunicação para operadoras de telefonia fixa e móvel, ou seja, baterias vendidas para as montadoras colocarem nos veículos novos a serem vendidos para os consumidores final e as operadoras de telecomunicação usarem nos sistemas de energia necessário para manter os serviços de telecomunicação ativos. trata-se de uma cadeia semi fechada, ela tem algumas características diferentes da anterior, para alguns modelos de baterias é necessário importar chumbo ou ainda resina com especificação especial não produzida pela recicladora e até importar baterias com especificações não produzidas no Brasil, é exportado chumbo para fabricantes de baterias nos Estados Unidos, sendo que neste caso o produto final não retorna para reciclagem, embora o tipo de indústria que utiliza a matéria-prima reciclada seja o mesmo indústria de baterias chumbo ácido, como as baterias exportadas não retornam para reciclagem e ainda temos a importação de algumas baterias não produzidas no Brasil para o setor de telecomunicação chamamos esta cadeia de semi fechada. A empresa recicladora de ácido, fornece uma parte do ácido reciclado para indústria química.

A Figura 5, denominada de Modelo 3 - Cadeia Semi Aberta de reciclagem de baterias, cartuchos e chumbada para o mercado de cartucho, chumbada, arame galvanizado e materiais de construção. Detalha o funcionamento de outra parte da cadeia, focada no mercado de cartuchos: para munição, chumbada: pesos de chumbo para ser usados em anzóis para pesca e em quilhas de barcos, chumbo para galvanização de arames e peças plásticas para materiais de construção. Trata-se de uma cadeia semi aberta, ela tem algumas características diferentes das anteriores, as matérias-primas geradas na reciclagem das baterias são utilizadas por outras indústrias a de munições, pesca e materiais de construção, sendo que neste caso o produto em final de vida útil não retorna para reciclagem embora utilizem matéria-prima reciclada por isso é chamada semi aberta. A indústria de construção utiliza cinco por cento da resina plástica reciclada das baterias para fazer peças plásticas.

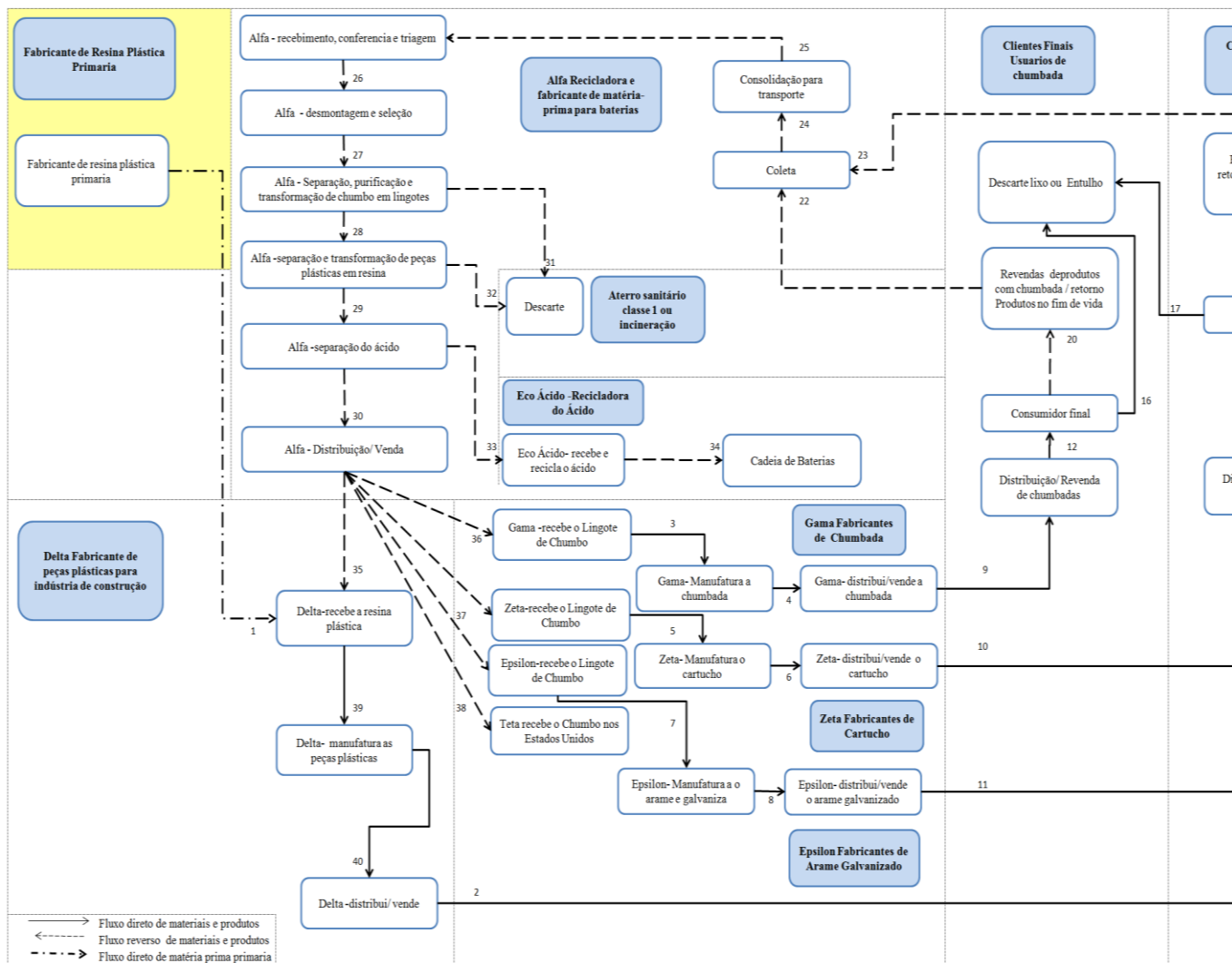
A Figura 6, denominada Modelo 4- Cadeia Integrada Sustentável: Fechada, Semi fechada e Semi Aberta de reciclagem de baterias do mercado de reposição, montadoras de veículo e empresas de telecomunicação, chumbada, cartucho e galvanização de arame, mostra a integração dos modelos 1, 2 e 3, que é o funcionamento desta cadeia.



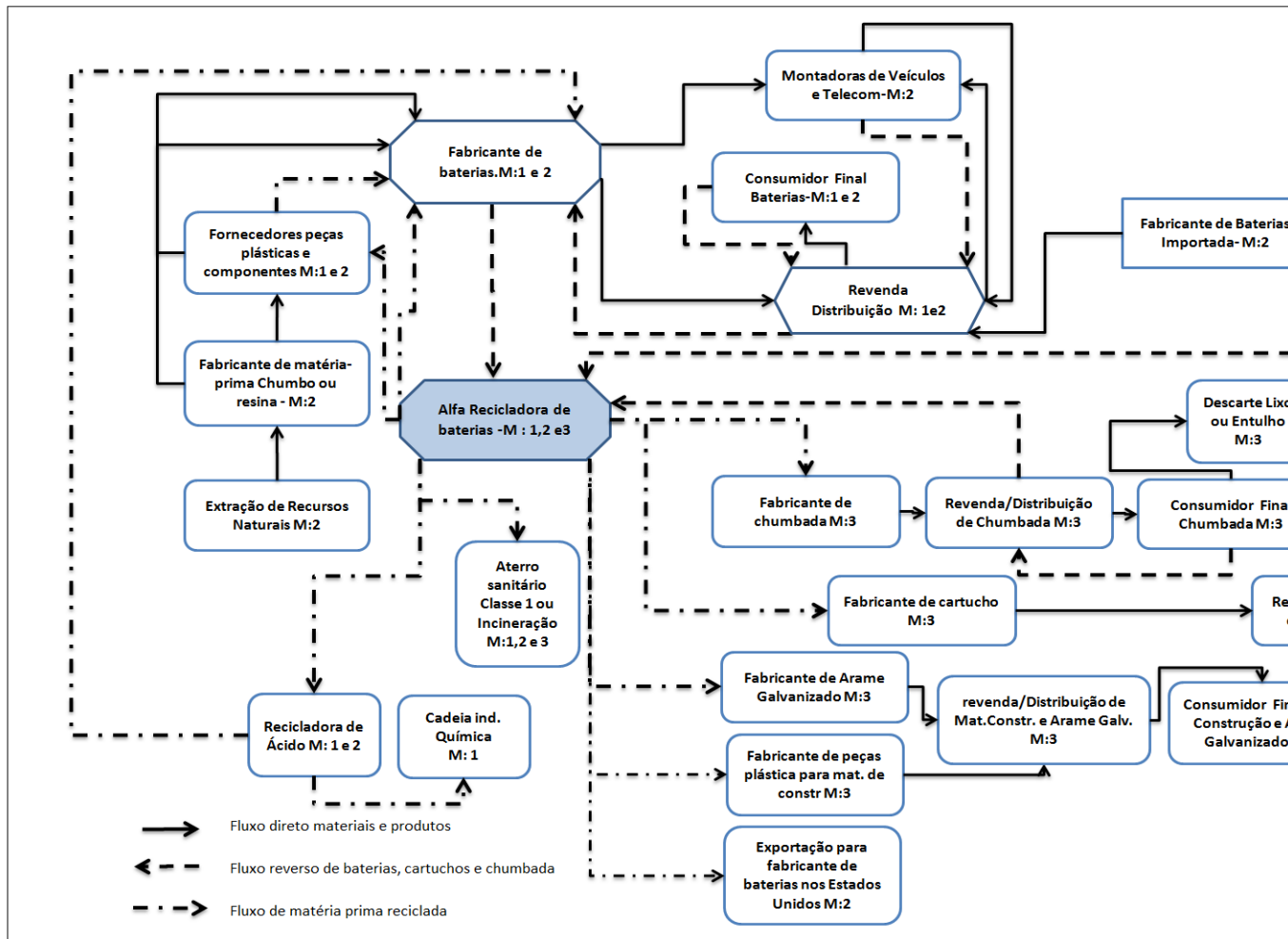
**Figura 3 - Modelo 1 - Cadeia Fechada de reciclagem de baterias para o mercado de reposição. Fonte: Auto**



**Figura 4 - Modelo 2 - Cadeia Semi Fechada de reciclagem de baterias para o mercado de Empresas de Telecomunicações**  
 Fonte: Autores



**Figura 5** - Modelo 3 - Cadeia Semi Aberta de reciclagem de baterias, cartuchos e chumbada para o m galvanizado e materiais de construção. Fonte: Autores



**Figura 6** - Modelo 4- Cadeia Integrada Sustentável: Fechada, Semi fechada e Semi Aberta de reciclagem os mercados de baterias reposição, montadoras de veículo e empresas de telecomunicação, chumbada, ca  
 Autores

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atendendo o objetivo e respondendo a pergunta de pesquisa como a indústria de baterias chumbo ácido adota o modelo de cadeia de suprimentos fechada no Brasil, este artigo caracterizou e detalhou o funcionamento da cadeia dividindo-a em três (figuras 3,4 e 5) em seguida mostrando a completa denominada Cadeia Integrada Sustentável (figura 6), ela integra a cadeia fechada de reposição a semi fechada de telecomunicação e automotiva, pois e a semi aberta de chumbada, cartuchos e construção conforme explicado na seção resultados.

Outro resultado da análise dos dados, que atendeu a um dos objetivos desta pesquisa, foram apresentados os fatores e motivações que tornaram esta cadeia possível e viável, ficando claro que para a cadeia sustentável ambientalmente ocorrer ela precisa ser sustentável economicamente, ou seja, a matéria-prima reciclada precisa ser mais competitiva que a primária, assim como a importância do fabricante de matéria-prima reciclada pois toda a cadeia gira em torno dele. Alguns fatores possibilitadores desta cadeia são similares aos encontrados na indústria automotiva na Índia por (Luthra et al, 2015).

Essa pesquisa abre a possibilidade de mais estudos procurando estudar se o modelo de cadeia de suprimentos integrado evidenciado nesta indústria, e seus fatores motivadores podem ser verificados em outras indústrias no Brasil e no mundo. .

Embora traga contribuições para a teoria, este trabalho possui limitações. Neste estudo elas podem ser resumidas em seu aspecto metodológico: apenas a recicladora foi estudada: em futuros trabalhos sobre o mapeamento da cadeia, sugere-se incluir no estudo as fabricantes de bateria , a recicladora de ácido ou ainda concorrentes da empresa estudada, para aumentar a validade do modelo integrado aqui proposto.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. (2013). Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. Disponível em:[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndespt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bndes/set\\_3711](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndespt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bndes/set_3711)
- Brasil Presidência da República, (2010). Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305).
- Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 360–387.
- Carter, C. R., Rogers, D. S., & Choi, T. Y. (2015). Toward the Theory of the Supply Chain. (April), 89–97.
- CAS SENADO (2011), O projeto de lei do Senado PLS 537/2011, aprova regulamentação de descarte de baterias automotivas e industriais usadas. Disponível em:<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2013/05/08/cas-aprova-regulamentacao-de-descarte-de-baterias-automotivas-e-industriais-usadas>.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2008). Resolução 401 de 2008. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2008\\_401.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_401.pdf).
- Departamento Nacional de Produção Mineral. (2014). Chumbo. Disponível em: [www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/chumbo-sumario-mineral-2014](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/chumbo-sumario-mineral-2014).
- Departamento Nacional de Produção Mineral. (2015). Sumário Mineral. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>.



- Departamento Nacional de Produção Mineral. (2014). Sumário Mineral. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>.
- Ellen MacArthur Foundation, (2013). Towards-the-Circular-Economy. disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1>.
- Elkington J.(1998). Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century. New Society Publishers, Stoney Creek, CT:
- Gonçalves-Dias, S. L. F., Teodósio, A. S.S. (2006). Estrutura da cadeia reversa:“caminhos” e“descaminhos” da embalagem PET. *Produção*, v. 16, n. 3, p. 429-441, Set./Dez.
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2014). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603–626.
- Guide, V. D. R. Jr. & Wassenhove, L. N. V.(2009) The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. *Operations Research* 57(1), pp. 10-18, 2009 INFORMS
- IBGE (2010). Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=412667&search=%7Ccidade>.
- Kleindorfer, P. R., Singhal K. & Wassenhove L. N. V.(2005) Sustainable Operations Management. *Production and Operations Management* 14(4), pp. 482–492.
- Luthra, S., Garg, D., & Haleem, A. (2014). Critical success factors of green supply chain management for achieving sustainability in Indian automobile industry. *Production Planning & Control*, 26:5, 339-362
- Luthra, S., Garg, D., & Haleem, A. (2015). An analysis of interactions among critical success factors to implement green supply chain management towards sustainability : An Indian perspective. *Resources Policy* 46 (2015) 37–50
- Luthra, S., Garg, D., & Haleem, A. (2016). The impacts of critical success factors for implementing green supply chain management towards sustainability: An empirical investigation of Indian automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, 121, 142– 158. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.095>
- Martins, G. A (2008). Estudo de Caso: Uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. São Paulo: RCO. FEARP/USP, v. 2, n. 2, p. 8 - 18 jan./abr. 2008.
- Mentzer, J. T., Keebler, J. S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, Vol.22, No. 2, 2001 1, 22(2), 1–25.
- Quariguasi Frota Neto, J., Walther, G., Bloemhof, J., van Nunen, J. A. E. ., & Spengler, T.(2010). From closed-loop to sustainable supply chains: the WEEE case. *International Journal of Production Research*, 48(15), 1–23.
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80.
- Tsoufas, G. T., & Pappis, C. P. (2006).Environmental principles applicable to supply chains design and operation. *Journal of Cleaner Production*, 14,1593–1602.
- World Commission on Environment and Development (1987). *Our Common Future*. New York: Oxford University Press;
- Wittstruck, D., & Teuteberg, F. (2012). Understanding the Success Factors of Sustainable Supply Chain Management: Empirical Evidence from the Electrics and Electronics Industry, 158(April 2012), 141–158
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.