



V SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

Caracterização da rede reversa pós-consumo do alumínio: Um estudo de caso a partir das cooperativas de reciclagem da cidade de Sorocaba/SP

TIAGO FONSECA ALBUQUERQUE CAVALCANTI SIGAHI

Universidade Federal de São Carlos/Campus Sorocaba

tiago_sigahi@hotmail.com

JULIANA VEIGA MENDES

UFSCar

juveiga@ufscar.br

JOÃO EDUARDO AZEVEDO RAMOS DA SILVA

UFSCar

jesilva@ufscar.br

Agradecemos ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica (nº do processo 142458/20120, projeto 800372/20123) que resultou neste trabalho. Agradecemos também a todas as pessoas que participaram da pesquisa sem as quais este estudo não teria sido possível.



CARACTERIZAÇÃO DA REDE REVERSA PÓS-CONSUMO DO ALUMÍNIO: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR DAS COOPERATIVAS DE RECICLAGEM DA CIDADE DE SOROCABA/SP

Resumo

O presente trabalho tem por finalidade o mapeamento da rede reversa do alumínio pós-consumo, enfatizando o papel das cooperativas de reciclagem. Para tanto, o estudo foi dividido em duas partes: na parte teórica foi possível o levantamento dos diversos atores, a proposição de um quadro teórico sobre a atuação dos mesmos e a elaboração de um mapa genérico da rede. Em seguida, foi realizado um estudo de caso junto às cooperativas de reciclagem de Sorocaba/SP, o que permitiu o mapeamento da rede reversa do alumínio pós-consumo desta cidade, com o uso do Mapeamento do Fluxo de Valor de forma adaptada, identificando-se os atores, os fluxos de material e informação, além da discussão das particularidades encontradas em relação à literatura. Corroborando o que foi encontrado na literatura, o estudo de caso permitiu evidenciar o papel pouco significativo exercido pelas cooperativas na rede reversa do alumínio, além da identificação de informalidade nas relações de compra e venda em todos os elos da cadeia. Ademais, acredita-se que os mapas construídos e as informações obtidas neste estudo, que reúnem resultados de diversos outros autores sobre o assunto, podem apoiar futuras pesquisas que envolvam o alumínio em qualquer outra cidade ou região.

Palavras-chave: Logística Reversa, Rede reversa, Alumínio, Cooperativa de reciclagem

Abstract

This study aims to map the post-consumer aluminum reverse network, emphasizing the role of the recycling cooperatives. Therefore, the study was divided into two parts: in the theoretical part a literature review was conducted in order to survey the various stakeholders, resulting in a theoretical framework on their performance, and the development of a aluminum reverse network generic map. Then we conducted a case study in Sorocaba/SP, which allowed us to map the city's reverse network post-consumer aluminum, supported by adapted Value Stream Mapping tool, enabling us to identify the actors, material and information flow, as well as to discuss of the particularities found in this case regarding the literature. Corroborating what was found in the literature, the case study has highlighted the negligible role played by recycling cooperatives in aluminum reserve network, and also the identification of great informality in the purchase and sale relations in all links of the chain. Moreover, it is believed that the maps constructed and the information gathered in this study, which bring together results from several other authors on the subject, can support future research involving aluminum in any other city or region.

Keywords: Reverse Logistics, Reverse Network, Aluminum, Recycling cooperative



1 Introdução

Devido a fatores como a redução de recursos, o esgotamento das capacidades de aterro em muitos países e as obrigações decretadas pelos governos para levar de volta os produtos pós-consumo, questões como a logística reversa têm recebido crescente atenção (Demirel & Gökçen, 2008; Gou, Liang & Xu, 2008; Sheu, Chou & Hu, 2005).

Termos como “canais reversos” ou “fluxo reverso” já aparecem na literatura científica dos anos setenta, como em Gultinan e Nwokoye (1974) e Ginter e Starling (1978), estando sempre relacionados ao tema da reciclagem, o que indica que esta não é uma atividade nova, mas que ganha especial importância nos dias atuais devido à elevada produção diária de lixo.

De acordo com Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada no ano de 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população no Brasil cresce 1% ao ano, enquanto a taxa de crescimento da geração de resíduos domésticos é três vezes maior. O mesmo estudo ainda mostra que apenas 17,8% dos municípios brasileiros de um total de 5.564 operavam programas de coleta seletiva em 2008.

Neste cenário, a reciclagem dos resíduos sólidos é uma alternativa viável para propiciar a preservação de recursos naturais, a economia de energia, a redução da área que demanda o aterro sanitário, a geração de emprego e renda, bem como a conscientização da população para questões ambientais (O’Leary & Walsh, 1999).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2015), em 2014, o Brasil produziu 78,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (aumento de 2,9% em relação ao ano anterior), dos quais 81 mil toneladas diárias não foram coletadas adequadamente, sendo que quatro setores industriais possuem considerável participação nas atividades de reciclagem no país, a saber: alumínio, papel, plástico e vidro.

Dentre os setores citados, o alumínio ganha destaque pelo fato de suas propriedades não serem afetadas pelo processo de reciclagem (Logozar, Radonjic, & Bastic, 2006). No contexto brasileiro, segundo dados da Associação Brasileira de Alumínio (2012), a reciclagem do alumínio representa uma movimentação financeira de R\$ 1,8 bilhões por ano e a geração de emprego para mais de 250 mil pessoas, colocando o país na sexta posição de produção de alumínio primário no mundo.

De acordo com a Associação Brasileira de Alumínio (ABAL), a reciclagem do alumínio tem como vantagens a redução da extração de matéria-prima, do descarte deste material no meio ambiente e de 95% de energia elétrica no processo de fabricação. Apesar disto, o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2015, p. 35) mostra que houve declínio no índice de reciclagem do alumínio (redução de 3% entre 2009 e 2012).

Ainda segundo a ABAL (2012), a reciclagem do alumínio assegura renda em áreas carentes, constituindo fonte permanente de ocupação e remuneração para mão-de-obra não qualificada, injeta recursos nas economias locais e estimula outros negócios por gerar novas atividades produtivas, assumindo um papel multiplicador na cadeia econômica, que reúne desde as empresas produtoras de alumínio e seus parceiros, até recicladores, sucateiros e fornecedores de insumos e equipamentos para a indústria de reciclagem.

Considerando-se a importância da reciclagem do alumínio no Brasil, bem como os benefícios de ordem econômica, ambiental e social proporcionados por esta atividade, torna-se relevante a investigação da configuração da rede reversa deste material.

Assim, este trabalho consiste em uma parte teórica (revisão da literatura) e uma aplicada (estudo de caso). A partir do estudo de artigos científicos, relatórios técnicos e livros sobre o tema, foi possível o levantamento dos diversos atores, a proposição de um quadro teórico sobre a atuação dos mesmos e a elaboração de um mapa genérico da rede. Em seguida,



foi realizado um estudo de caso junto às cooperativas de reciclagem de Sorocaba/SP, o que permitiu o mapeamento da rede reversa do alumínio pós-consumo desta cidade, identificando-se os atores, os fluxos de material e informação, além da discussão das particularidades encontradas em relação à literatura.

2 Referencial teórico

2.1 Logística Reversa

As operações na cadeia de suprimentos e logística estão entre as atividades econômicas mais importantes da atualidade, pois possuem uma influência econômica, ambiental e estratégica significativa para muitas organizações (Dowlatshahi, 2005).

Neste contexto, temas como *Green Supply Chain Management* ganham cada vez mais importância devido a fatores econômicos, regulatórios e de pressão do consumidor (Srivastava, 2008). Na mesma linha, cresce o interesse em Logística Reversa (LR), temática que apresenta crescimento de pesquisas desde os anos 60 (Pokharel & Mutha, 2009) e que continua em evidência em pesquisas atuais como em Govindan, Soleimani e Kannan (2015), Agrawal, Singh e Murtaza (2015) e Demirel, Demirel e Gökçen (2016).

Segundo Stock (1992), o *Council of Logistics Management* publicou a primeira definição de LR, no início dos anos noventa, de forma bastante geral, mas que já remetia ao papel da logística na reciclagem, substituição, reutilização de materiais e eliminação.

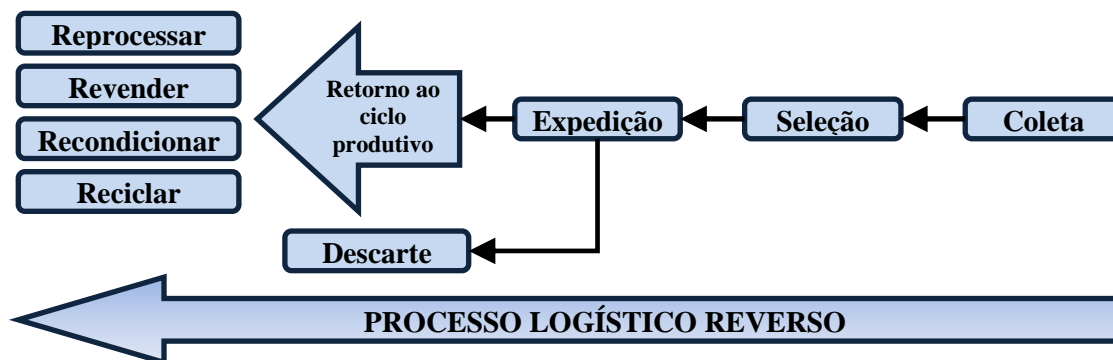


Figura 1. Atividades típicas do processo logístico reverso

Fonte: adaptado de Lacerda (2003).

Ainda que as definições de logística reversa encontradas na literatura não sejam precisas (Leite, 2002), autores como Fleischmann, Krikke, Dekker e Flapper (2000) e Daher, Silva e Fonseca (2006) se referem à LR como o processo que inclui todas as atividades de logística, a partir do ponto do consumidor, dedicadas a transformar os produtos utilizados em produtos que sejam reutilizáveis no mercado, a fim de assegurar uma recuperação sustentável.

Leite (2002) acrescenta a distinção entre logística reversa pós-venda e pós-consumo. Para o autor, tais conceitos diferenciam-se devido à fase do ciclo de vida útil do produto retornado, pois o produto logístico, os canais de fluxo reversos, os objetivos estratégicos e técnicas operacionais utilizadas em cada área de atuação são distintos.

De acordo com Guarnieri, Oliveira, Stadler e Kovaleski (2005), a logística reversa pós-consumo do alumínio é a área de atuação da logística reversa que trata dos bens no final de sua vida útil, dos bens usados com possibilidade de reutilização e dos resíduos industriais.

O interesse de empresas neste tema se deve, além do fato de proporcionar vantagens econômicas, ao crescente número de leis que proíbem o descarte indiscriminado e forçando-as a retornarem seus produtos (Mueller, 2005).



Os bens de pós-consumo podem ser enviados a destinos finais tradicionais, como a incineração ou os aterros sanitários ou retornar ao ciclo produtivo por meio de canais de desmanche, reciclagem ou reuso em uma extensão de sua vida útil. Tais alternativas de retorno ao ciclo produtivo constituem-se na principal preocupação do estudo da logística reversa e dos canais de distribuição reversos de pós-consumo (Leite, 2003).

Assim, um dos focos das pesquisas em LR está no estudo da gestão de resíduos e da reciclagem (Pokharel & Mutha, 2009), temas abordados no contexto brasileiro como em Unnikrishnan e Singh (2010), Vaccari, Torretta e Collivignarelli (2012) e Ferri, Chaves e Ribeiro (2015), entre outros.

2.2 Gestão de Resíduos Sólidos e Coleta Seletiva

A aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010), tornou obrigatória a preocupação com a estruturação e gestão do fluxo reverso de material.

A PNRS define a gestão de resíduos sólidos como o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e rejeitos.

De acordo com o relatório Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2015), dos 5.570 municípios, 58,6% indicaram a existência de iniciativas de coleta seletiva em 2014. A tabela 1 apresenta as quantidades destas iniciativas nas diversas regiões do país:

Tabela 1: Quantidades e percentuais sobre iniciativas de coleta seletiva por região no ano de 2014

Região	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Cidades com iniciativa de coleta seletiva	239	767	175	1418	1009
Percentual (%)	53,1	42,8	37,5	85	84,7

Fonte: ABRELPE (2015).

Nota-se que a região Sudeste (onde se localiza a cidade onde foi realizado o estudo de caso) representa, aproximadamente, 39% do total de iniciativas de coleta seletiva, além de ser a região que, percentualmente, apresenta maior participação (85% dos municípios).

Embora a quantidade de cidades brasileiras que possuem atividades de coleta seletiva seja expressiva, é importante considerar que muitas vezes estas se resumem na disponibilização de pontos de entrega voluntária (PEV) à população ou na simples formalização de convênios com cooperativas de catadores (ABRELPE, 2015).

De acordo com Leite (2003), a coleta seletiva pode ser realizada em pontos de entrega voluntária (PEV) ou “de porta em porta”. A primeira constitui na operação na qual o próprio gerador desloca-se até o ponto de recolhimento e deposita o material reciclável (Bringhenti, 2004), enquanto a segunda caracteriza-se por selecionar no próprio local os produtos descartáveis não orgânicos (Leite, 2003).

Desta forma, a atividade de coleta seletiva, seja em PEVs ou domiciliar, contribui para que a coleta de lixo não seja sobrecarregada com materiais com potencial de reciclagem. Além disso, favorece o fluxo reverso, evitando que tais materiais sejam misturados com os orgânicos, economizando trabalho e aumentando a qualidade dos resíduos captados.

A tabela 2 dispõe sobre a quantidade e o percentual dos materiais em relação ao total de RSU (resíduos sólidos urbanos) coletado em 2012:

Tabela 2: Quantidade e percentual de material coletado no Brasil em 2012

Material	Percentual (%)	Quantidade (t/ano)
Metais	2,9	1.640.294



Papel, papelão e TetraPak	13,1	7.409.603
Plástico	13,5	7.635.851
Vidro	2,4	1.357.484
Matéria orgânica	51,4	29.072.794
Outros	16,7	9.445.930
Total	100	56.561.856

Fonte: ABRELPE (2012).

De acordo com Alencar (2013), apesar do potencial de reciclagem que apresentam os RSU do Brasil, pouco tem se avançado no reaproveitamento desses materiais, com algumas exceções. Neste cenário, destaca-se a indústria do alumínio. Conforme a *European Aluminium Association* (2016), aproximadamente 32% da demanda europeia deste material é atendida com o uso de material reciclado.

Segundo Logozar *et al.* (2006), as empresas deste setor têm dado cada vez mais especial atenção à sua reciclagem, uma vez que este pode ser considerado um dos materiais material com maior potencial quando se trata deste tipo de atividade.

Assim, diversos têm sido os pesquisadores que dedicam esforços ao estudo da reciclagem do alumínio, como a evolução das técnicas (i.g. Shamsudin, Lajis & Zhong, 2016), impactos ambientais (i.g. Shinzato & Hypolito, 2016), a Avaliação do Ciclo de Vida (Paraskeva, Kellens, Dewulf & Duflou, 2015), entre outros.

2.3 Reciclagem e rede reversa do alumínio

Segundo a Associação Brasileira de Alumínio (ABAL, 2012), o Brasil é o sexto maior produtor mundial de alumínio primário, precedido pela China, Rússia, Canadá, Estados Unidos e Austrália, tendo produzido 1.436 toneladas no ano de 2012 (ABRELPE, 2015).

A tabela 3 apresenta o histórico do consumo doméstico total e *per capita* de produtos transformados de alumínio no período de 2002 a 2011:

Tabela 3: Evolução do consumo doméstico e per capita de produtos transformados de alumínio

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Consumo doméstico (mil ton.)	715,5	666	738,5	802,3	837,6	918,9	1027	1008,3	1299,6	1452
Per capita (kg/hab)	4,1	3,8	4,1	4,4	4,6	4,9	5,9	5,3	6,7	7,4

Fonte: adaptado de ABRELPE (2015).

Com base no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2015), o país reciclou 508 mil toneladas de alumínio em 2012, o que corresponde a 35,2% do consumo doméstico registrado no mesmo período. O índice atingido pelo Brasil está acima da média mundial (30,4%, em 2012), o que garantiu ao país neste ano uma posição de destaque no cenário internacional.

Segundo o *International Aluminium Institute* (2016), enquanto a produção de alumínio primário consome 15,2 GWh/ton, a de alumínio secundário (a partir da sucata) consome apenas 0,7 GWh/ton. Somado ao benefício ambiental, dados da ABAL (2012) mostram que em 2008 somente a etapa de coleta injetou cerca de US\$ 600 milhões na economia nacional.

Diante deste contexto, Pinto-Coelho (2009) afirma que a estratégia da indústria de alumínio em apoiar a reciclagem foi uma questão de sobrevivência.

No Brasil, destaca-se o papel das empresas Latasa e Novelis, instaladas na cidade de Pindamonhangaba, no interior de São Paulo, localizada entre os dois maiores centros urbanos do país (São Paulo e Rio de Janeiro), a qual recebeu o título de “capital nacional da reciclagem do alumínio”, concedido pela ABAL em 2003, em reconhecimento à importância da cidade para a atividade de reciclagem do alumínio (Ministério de Minas e Energia, 2009).



Tais empresas possuem juntas a capacidade para processar cerca de 170 mil toneladas de alumínio ao ano, o que representa, aproximadamente, 70% de toda a sucata recuperada no Brasil (ABAL, 2012). Além dos grandes esforços empresariais que estão envolvidos na captação do alumínio pós-consumo, há a figura dos sucateiros, os quais atuam em rede, cuja principal fonte de material é a da coleta informal (Leite, 2003).

Assim, para um melhor entendimento da configuração da rede reversa do alumínio pós-consumo no Brasil, foi realizada a revisão de artigos, relatórios técnicos e livros sobre o tema, tornando possível a identificação dos seus diferentes atores, conforme a tabela 4:

Tabela 4: Atores identificados na literatura que compõe a rede reversa do alumínio

Atores	Autor
Empresas de eventos, Escolas, Igrejas, Comunidade, Condomínios, Catadores, Indústria recicladora, Cooperativa	Layrargues (2002)
Centro de coleta, Supermercados, Catadores, Cooperativas	Moreira (2002)
Condomínio, Supermercado, Escola, Igreja, Comunidade, Indústria recicladora	Bringhenti (2004)
Catador, Sucateiro, Cooperativa, Indústria, Igreja, Supermercado, Empresas de eventos, Condomínios, Escolas	Da Cruz Paula (2006)
Supermercados, Escolas, Empresas de Eventos	Konrad (2006)
Indústria recicladora	Moura <i>et al.</i> (2008)
Catador, Cooperativas, Empresas de eventos/ONG's/Instituições filantrópicas/Projetos sociais	Reis <i>et al.</i> (2008)
Comunidade, Cooperativas	Pinto-Coelho (2009)
Catador, Sucateiro, Cooperativa, Indústria recicladora (fundição), Indústria de produto final, Empresas, Comunidade	Simões (2012)
Catadores, Sucateiros, Cooperativas, Supermercados e Indústria recicladoras e de produto final	ABAL (2012)
Supermercado, Empresas de eventos, Condomínios, Escolas	ABRELPE (2015)

Fonte: elaboração própria.

Ainda com base nas pesquisas realizadas e na coleta de informações durante as visitas, a tabela 5 mostra a descrição de cada ator identificado na rede reversa do alumínio:

Tabela 5: Descrição de cada ator identificado na rede reversa do alumínio

Ator	Descrição
Catadores	Trabalhador urbano que recolhe os resíduos sólidos recicláveis. Neste trabalho, não estão inclusos nesta categoria os catadores cooperados
Supermercados	Supermercados de médio e grande porte (hipermercados)
Condomínios	Condomínios residenciais e de apartamentos
Comunidade	Pessoas que não moram em condomínios e que, voluntariamente (sem obrigação legal ou de outra natureza), separam o alumínio pós-consumo para doação ou venda
Empresas de eventos	Empresas que realizam festas, shows, confraternizações e eventos diversos, gerando quantidades consideráveis de material. Consideram-se também ONGs, instituições filantrópicas e projetos sociais
Escolas	Instituições que possuem iniciativas e separação e coleta, compreendendo todos os níveis de ensino, desde escolas para crianças até universidades e instituições de pós-graduação
Igrejas	Instituição religiosa separada do Estado
Sucateiros	Empresas que compram material para revenda, exercendo ou não algum tipo de processo como prensagem ou unitização. São denominados empresas de sucata ou ferro-velho
Cooperativas	Associação autônoma de pessoas que se unem, voluntariamente, para satisfazer aspirações e necessidades econômicas, sociais e culturais comuns, por meio de uma empresa de propriedade coletiva e democraticamente gerida
Centro de coleta das cooperativas	Local que pertence às cooperativas onde podem ser feitas doações de material reciclável, localizado, geralmente, em pontos considerados de fácil acesso pela população. Há casos em que o ponto de coleta é realizado na própria instalação da cooperativa
Reutilização	Material comprado diretamente no sucateiro para fins diversos que não a revenda



Indústrias recicladoras (fundição)	Utilizam matéria-prima secundária (alumínio reciclado), produzindo alumínio líquido, em formato de meia esfera, lingotes e placas, utilizados para transformação em produto final
Centro de coleta das indústrias	Local que pertence às indústrias (de fundição e produto final) onde podem ser feitas doações/vendas de material reciclável, localizados, geralmente, em pontos considerados de fácil acesso pela população e favoráveis ao transporte de material para as instalações onde ocorre o processamento
Indústrias de produto final	Utilizam como matéria-prima o alumínio produzido pelas indústrias de fundição, produzindo para o consumidor final (que gera o alumínio em pós-consumo)

Fonte: elaboração própria.

3 Metodologia

Do ponto de vista dos seus objetivos, o presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa exploratória (Gil, 2002, p. 41) e de natureza transversal.

O estudo consistiu em duas partes: na parte teórica, buscou-se evidenciar a crescente importância do estudo da logística reversa e, neste contexto, de temas como a gestão de resíduos e a coleta seletiva, em especial do alumínio. A revisão das diversas fontes de informação representou o passo inicial para o entendimento desta rede, identificando-se os principais atores que a compõem. Na segunda parte (aplicada) realizou-se um estudo de caso (Yin, 2010), com o intuito de mapear os atores presentes no caso particular, além de entender de que forma se dá o fluxo de material e informação.

Assim, o estudo foi organizado nas seguintes etapas:

Tabela 6: Etapas da pesquisa

Etapa	Descrição
1	Embasamento conceitual-teórico e identificação na literatura dos atores da rede reversa do alumínio
2	Elaboração do instrumento de coleta de dados (entrevista semi-estruturada) abordando questões sobre a origem e destino do material, volume, tipo e frequência de transporte e estoque
3	Visitas <i>in loco</i> para aplicação de entrevista e observação direta para coleta de dados
4	Compilação das informações, análise dos dados e elaboração do mapa da rede reversa do caso

Fonte: elaboração própria.

No total foram realizadas 13 visitas em cooperativas (6), sucateiros (3), empresas recicladoras (2), além da Prefeitura de Sorocaba (Secretaria de Parcerias) e o Centro de Estudos e Apoio ao Desenvolvimento, Emprego e Cidadania (CEADEC).

Para a elaboração do mapa da rede reversa do caso estudado foi utilizado o Mapeamento do Fluxo de Valor ou MFV (Rother & Shook, 2003). A escolha dessa ferramenta foi devido à simplicidade de utilização e por fornecer uma representação de fácil visualização dos fluxos de material e informação, os quais se pretende identificar neste trabalho. Assim, uma vez que o MFV não foi desenvolvido para este fim, as seguintes adaptações foram realizadas para este estudo:

Tabela 7: Adaptações do MFV apresentado por Rother e Shook (2003)

Etapa MFV (Rother & Shook, 2003)	Adaptações/considerações para este trabalho
1ª etapa: selecionar uma família de produtos	O recorte de análise é restrito à família de produtos do alumínio pós-consumo
2ª etapa: desenhar o estado atual e o estado futuro, o que é feito a partir da coleta de informações no chão de fábrica	O mapa atual foi elaborado com base nas informações coletadas a partir das entrevistas, somadas às pesquisas na literatura. A elaboração do mapa futuro não se aplica ao estudo.
3ª etapa: preparar um plano de implementação que descreva como se deseja chegar ao estado futuro.	Não se aplica ao objetivo do estudo

Fonte: elaboração própria.



4 Análise dos resultados

4.1 Rede reversa do alumínio

A partir da revisão da literatura e da identificação dos atores da rede reversa (tabelas 4 e 5), somadas às informações obtidas por meio das entrevistas, foi possível a elaboração de um mapa geral para a rede reversa do alumínio pós-consumo, como mostra a figura 2:

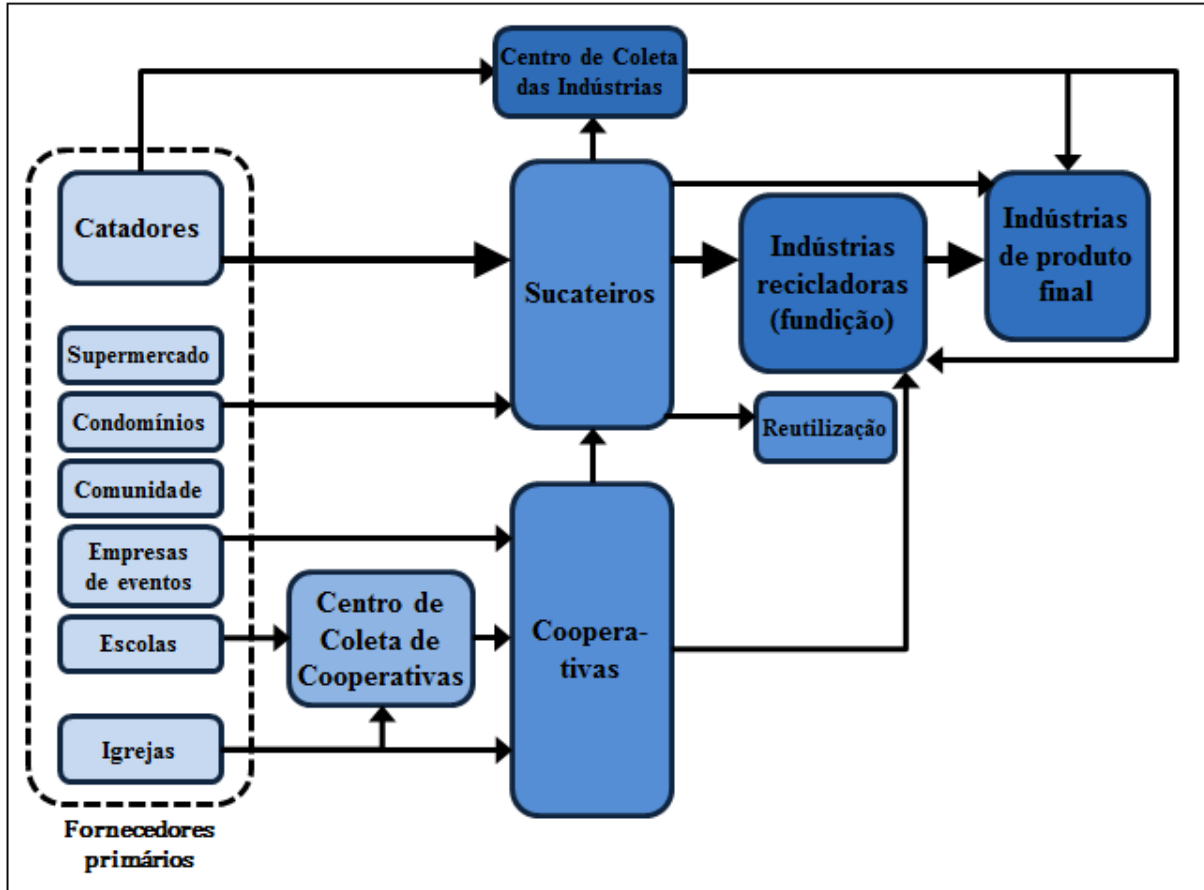


Figura 2. Mapa geral da rede reversa do alumínio pós-consumo

Fonte: elaboração própria.

O grupo de fornecedores primários é composto pelos supermercados, condomínios, comunidade, empresas de eventos, escolas, igrejas e catadores, com destaque para este último ator, uma vez que, no Brasil, a estimativa é de que existam 600 mil catadores de materiais recicláveis (Ministério do Meio Ambiente, 2013), que exercem um importante serviço ambiental para toda a sociedade, já que são os maiores responsáveis pela reciclagem no país.

De acordo com o CEMPRE (2013), os catadores são os principais responsáveis pelos altos índices de reciclagem do alumínio, contribuindo com 73% de todo o material coletado.

Sua atuação na rede reversa está relacionada, principalmente, aos sucateiros ou empresas de sucatas. Leite (2003) observa que tais empresas especializam-se em certa natureza de material e constituem-se em um dos elos mais importantes dos canais reversos por serem os principais compradores de materiais de diversas fontes.

No caso do alumínio, observa-se grande importância da relação catador-sucateiro, pois é mais lucrativo para o catador trabalhar como autônomo diretamente com o sucateiro do que filiar-se a uma cooperativa. Assim, os catadores se tornam uma espécie de concorrente, denominados de "atravessadores" pelas cooperativas e também na literatura (Da Cruz Paula,



2006). A partir das entrevistas realizadas, foi possível constatar que os catadores exercem papel mais significativo do que as cooperativas em relação ao volume de material coletado.

Ainda que em menor escala, o catador possui ligação direta com os centros de coleta das indústrias, fato que também é observado por Da Cruz Paula (2006). O catador toma a decisão de realizar a venda do material coletado para o sucateiro ou para o centro de coleta com base nos critérios de preço e localização.

Além da ligação catador-sucateiro, outras relações diretas foram identificadas: condomínios-sucateiros, empresas de eventos-cooperativas, escolas-centro de coleta de cooperativas e igrejas-cooperativas. Esta última constitui uma relação de cunho social sendo, portanto, doado todo o material coletado.

Os sucateiros, um dos mais importantes atores da cadeia quando se trata do alumínio pós-consumo, possuem como principal relação a realizada com as indústrias de fundição e seus centros de coleta, que figuram como principais compradores dos fornecedores primários.

Após acumular quantidade significativa de material, este é transportado, geralmente por caminhões de posse da própria empresa, aos centros de coleta das indústrias ou para as próprias instalações onde o material é processado.

Como pode ser observado no mapa geral (figura 2), os sucateiros possuem também relação direta com as indústrias de produto final. Isso ocorre nos casos em que a empresa realiza ambos os processos de fundição do material e transformação em produto final.

Em menor escala, os sucateiros vendem o material “na porta da empresa” para fins diversos, como a reutilização ou uso pessoal do comprador. Este tipo de venda ocorre, geralmente, em quantidade muito pequena e na própria forma como foi coletado, por exemplo, pás, calhas, corrimão, etc.

Por sua vez, as cooperativas se relacionam com sucateiros e centros de coleta de indústrias de fundição. Tais relações são pouco significativas em questão de quantidade comercializada, devido ao “atravessamento” pelos catadores que obtém maior vantagem financeiro ao realizar a venda diretamente para os sucateiros, fazendo com que as cooperativas não realizem um papel de relevância (Simões, 2012; Bringhenti, 2004).

As indústrias de fundição recebem parte da sua matéria-prima dos sucateiros, porém, a maioria das empresas possuem seus próprios sistemas de coleta e compra de material. Localizados de forma estratégica, os centros de coleta são importantes na redução do custo logístico e de armazenamento.

Por fim, estão as indústrias de produto final, que podem realizar ambos os processos de fundição e transformação, recebendo o material diretamente de sucateiros e dos seus centros de coleta, como é o caso da Novelis, empresa visitada para a realização deste estudo.

4.2. Estudo de caso: rede reversa do alumínio na cidade de Sorocaba/SP

De acordo com o IBGE (2015), o município de Sorocaba possui 644.919 habitantes, extensão territorial de 450 km² e consta como município que realiza a coleta seletiva. A cidade produz 500 ton/dia de RSU e recicla em torno de 2% deste total, que chega a 330 ton/mês, atendendo, aproximadamente, 15% das residências (Prefeitura de Sorocaba, 2014).

O Programa de Coleta Seletiva de Sorocaba teve o processo de estruturação iniciado em 1995 com a Lei nº. 4.942/95, que estabeleceu a obrigatoriedade da Prefeitura Municipal implantar e manter recipientes para a coleta de materiais recicláveis (Simões, 2012). O programa conta com a participação de três cooperativas: Cooperativa de Reciclagem de Sorocaba (Coreso), Cooperativa de Trabalho dos Catadores de Material Reaproveitável de Sorocaba (Catares) e Reviver, as quais foram utilizadas no presente estudo.



De acordo com Simões (2012), inicialmente realiza-se o cadastro das residências, feito pelos próprios cooperados, que informam ao morador o dia do recolhimento do material, além da entrega de um saco plástico de, aproximadamente, 70 litros para coleta seletiva (*bag*). O planejamento das rotas é estabelecido pelas próprias cooperativas, conforme divisão estabelecida pelo poder público municipal (figura 3).

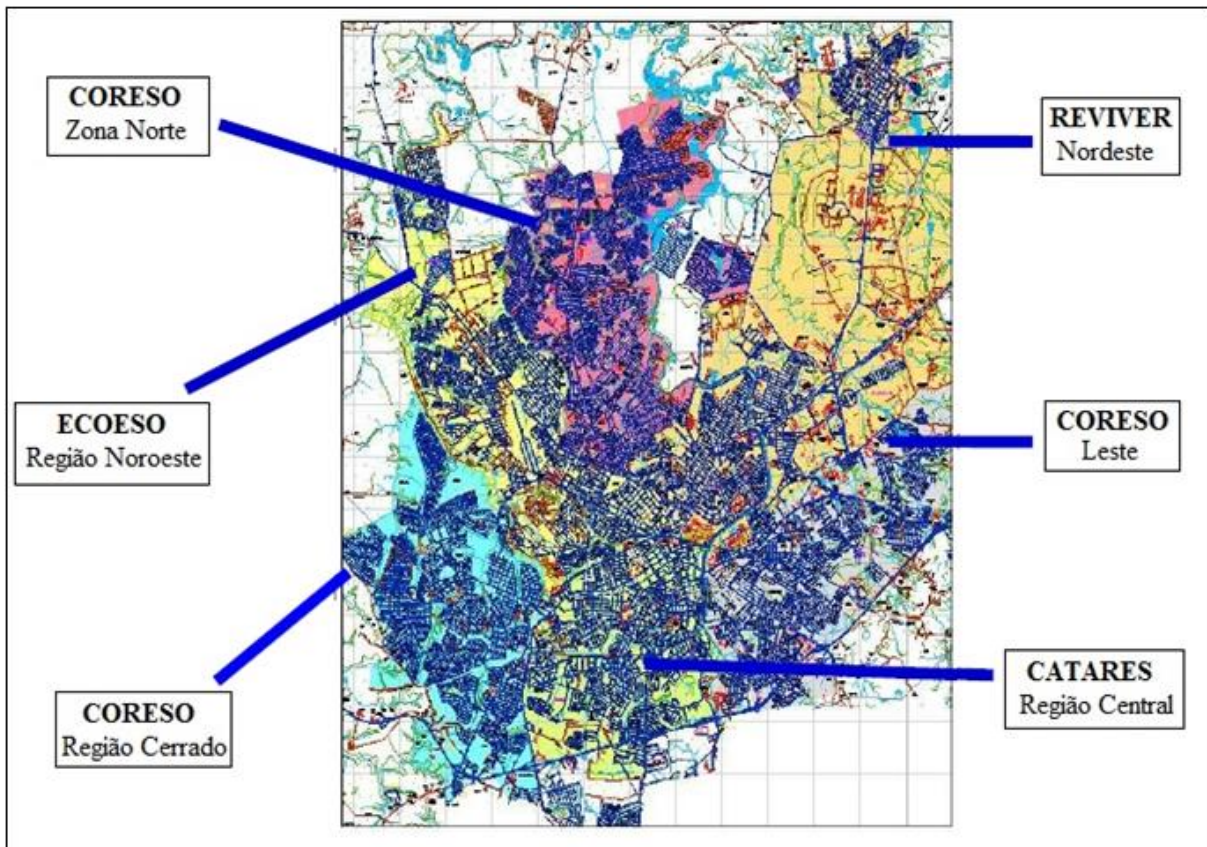


Figura 3: Divisão geográfica da coleta de resíduos domiciliar

Fonte: adaptado de Simões (2012).

Após a coleta, os materiais são transportados para as instalações da cooperativa, seguindo para a área de triagem, onde ocorre a separação conforme o tipo de material. No total, Sorocaba conta com 10 locais para triagem do material coletado (Simões, 2012).



Figura 4: Mesa de separação (Coreso) e esteira de separação (Catares)

Fonte: Simões (2012).



Corroborando o que foi identificado na literatura, as informações coletadas a partir das entrevistas e por observação direta nas visitas *in loco* indicam a presença pouco significativa do alumínio nas cooperativas (tabelas 8 e 9):

Tabela 8: Histórico de coleta de alumínio pela Coreso entre os anos de 2001 a 2011

Ano	Quantidade alumínio (toneladas)	% em relação ao total de material coletado
2001	5,07	0,28
2002	7,03	0,32
2003	32,92	1,43
2004	10,35	0,44
2005	19,50	0,48
2006	23,31	0,38
2007	68,43	1,11
2008	41,89	0,65
2009	19,84	0,69
2010	28,16	0,91
2011	34,56	1,04
Total	291,06	0,71

Fonte: elaboração própria.

Tabela 9: Quantidade de alumínio coletado e percentual do total no ano de 2010

Cooperativa	Quant. Alumínio (toneladas)	% em relação ao total de material coletado
Catares	16	3,1
Reviver	11	1,7

Fonte: Simões (2012).

No caso da Coreso, constatou-se que todo o alumínio coletado é vendido para três sucateiros, identificados como Formigueiro Comércio de Metais, Ferro-Velho Galera e DS Metais. Já em relação às cooperativas Catares e Reviver, há um único cliente: Ferro-Velho Galera.

A figura 5 mostra a localização destes atores na cidade de Sorocaba:



Figura 5: Localização das cooperativas e sucateiros na cidade de Sorocaba

Fonte: elaboração própria a partir de imagem fornecida pelo Google Maps.



Visando a configuração da rede reversa do alumínio na cidade de Sorocaba, foram realizadas visitas aos sucateiros. A empresa Formigueiro Comércio de Metais, revelou que vende 98% do alumínio coletado para a empresa Inbra, localizada em Itaquaquecetuba, interior de São Paulo, e esta, por sua vez, vende o todo o material fundido para a empresa Novelis, localizada em Pindamonhangaba.

O sucateiro Ferro-Velho Galera informou que vende todo o alumínio coletado para uma única indústria de fundição que não teve seu nome revelado. Por fim, a empresa DS Metais não aceitou realizar a entrevista.

Assim, foi elaborado o mapa da rede reversa do alumínio na cidade de Sorocaba:

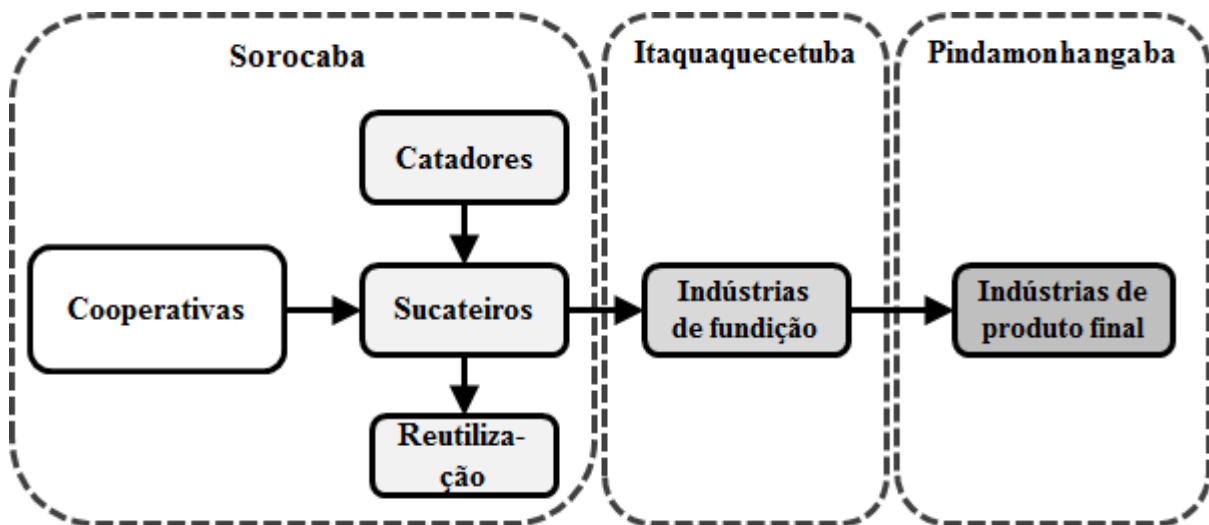


Figura 6: Mapa da rede reversa do alumínio da cidade de Sorocaba

Fonte: elaboração própria

Comparando-se o mapa geral (figura 2) e o mapa do estudo de caso (figura 6), nota-se um maior grau de complexidade no primeiro, já que este possui mais atores envolvidos, bem como uma maior quantidade de relações.

Com exceção dos catadores, todos os demais atores do grupo de fornecedores primários do mapa geral (supermercados, condomínios, moradores voluntários, empresas de eventos, escolas e igrejas) não foram identificados pelos entrevistados como fornecedores de material para as cooperativas no caso específico da cidade de Sorocaba.

As cooperativas estudadas possuem relação única com os sucateiros, ou seja, neste caso, todo o alumínio coletado pelas cooperativas é comprado por sucateiros.

O centro de coleta de uma indústria com maior proximidade de Sorocaba é o da empresa Latasa, localizado na cidade vizinha de Itu. Assim, baseado no fator localização, pode-se inferir que os catadores realizam contato direto com supermercados, condomínios, moradores, empresas de eventos, escolas, igrejas, entre outros, e vendem a maior parte do material coletado para os sucateiros em Sorocaba.

Finalmente, foram visitadas as indústrias recicladoras e de produto final, permitindo o entendimento do fluxo de material e informação na rede reversa do alumínio no caso estudado, representado pelo uso adaptado do MFV (figura 7).

Em visita à Latasa, empresa de fundição que processa 95 mil toneladas de alumínio ao ano, foi obtida a informação de que esta possui um único cliente: a Novelis. Dados sobre a origem do material e a frequência de transporte e comunicação não foram reveladas.



As informações sobre a empresa Inbra foram obtidas em entrevista junto ao cliente visitado (sucateiro Formigueiro). Assim, não constam no mapa do caso estudado (figura 7) dados sobre a frequência de transporte e comunicação entre Inbra e Novelis.

Vale ressaltar que todos os fluxos de informação foram desenhados no sentido do produtor para o comprador, pois não ocorre em nenhuma das situações uma solicitação de material ou encomenda. Em outras palavras, as indústrias de produto final demandam mais alumínio fundido do que as indústrias recicladoras podem entregar. Estas, por sua vez, demandam mais alumínio reciclável do que os sucateiros podem entregar, e assim por diante. Portanto, a comunicação em todos os elos é utilizada apenas para que o cliente prepare o recebimento quando há quantidade que justifique o transporte, o que explica o mesmo sentido do fluxo de informação em todas as relações.

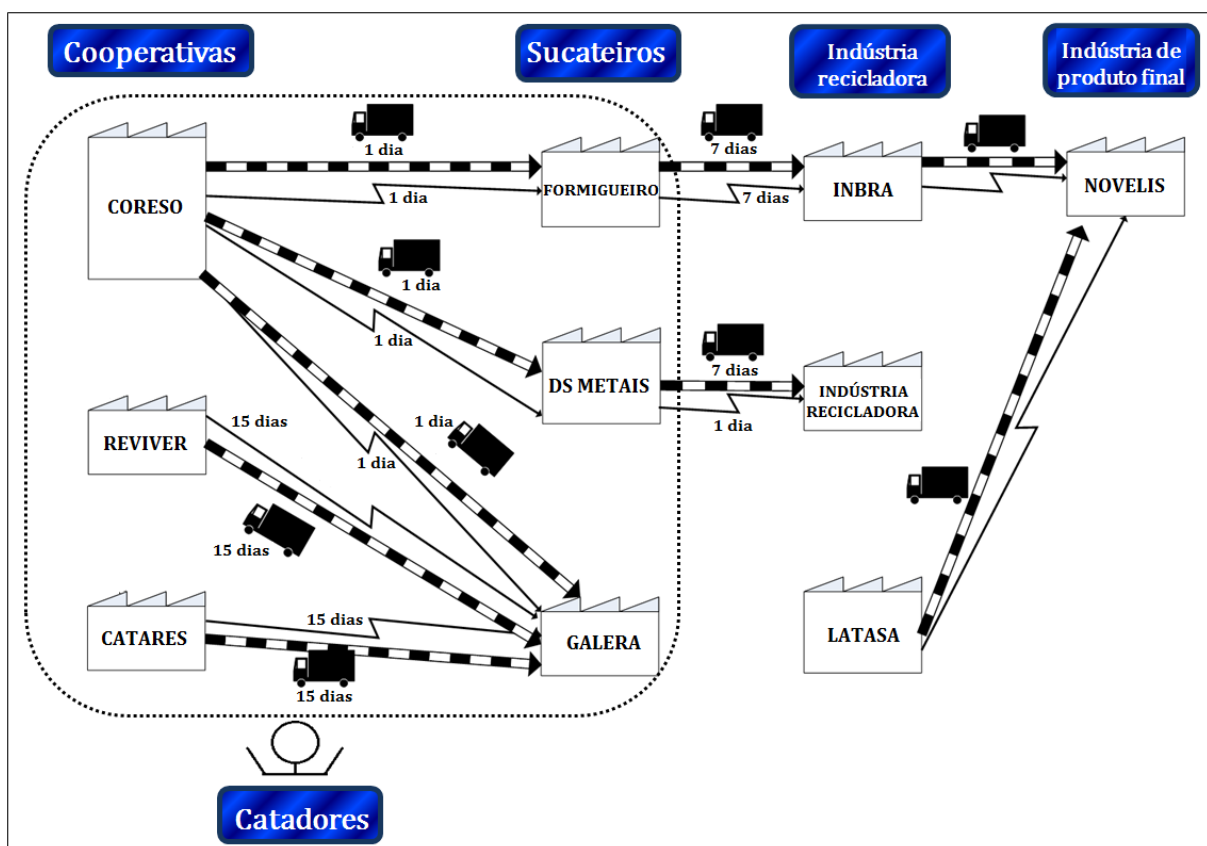


Figura 7: MFV adaptado da logística reversa do alumínio na cidade de Sorocaba e região
Fonte: elaboração própria a partir de imagem fornecida pelo Google Maps.

Finalmente, o fluxo de material foi representado pelo símbolo de "produção empurrada", uma vez que o material coletado pelas cooperativas é sempre comprado em sua totalidade pelos sucateiros, o que ocorre também nos demais elos.

5 Considerações finais

A partir da comparação dos mapas geral (baseado literatura) e do estudo de caso (baseado nas entrevistas), notou-se que a principal diferença está na complexidade da rede reversa em termos de variedade de atores e relações.

As redes ainda distinguem-se quanto ao papel dos atores enquanto fornecedores: no mapa geral, não há definição clara de fornecedores secundários e terciários, diferentemente do



encontrado no estudo de caso, onde os catadores e cooperativas são fornecedores primários, os sucateiros, secundários, e indústrias recicladoras, terciários.

Corroborando o que foi encontrado na literatura no caso do alumínio, o estudo de caso permitiu evidenciar o papel pouco significativo exercido pelas cooperativas: o material gerado em locais como supermercados, igrejas, escolas, condomínios, empresas e pela comunidade em geral não chega às mesmas. Neste ponto, vale ressaltar que, diferentemente do constatado no estudo, a PNRS prevê participação incisiva das cooperativas, priorizando sua participação no sistema de coleta seletiva (Brasil, 2012). Tal fato pode ocorrer devido aos catadores ou “atravessadores” que comercializam o material coletado diretamente com os sucateiros.

A partir de visitas, entrevistas e observação direta, constatou-se que há grande informalidade nas relações de compra e venda em todos os elos da cadeia, fato que resultou em dificuldade na definição do fluxo de informação.

Ainda que tenha havido resistência no compartilhamento de informação (principalmente nas visitas aos sucateiros), foi possível a construção do MFV, de forma adaptada, para representar em maior nível de detalhamento as relações existentes entre os atores no caso estudado, permitindo o entendimento dos fluxos de material e informação.

Por fim, convém ressaltar que a iniciativa de estudar a logística reversa do alumínio pós-consumo não é comum e seu êxito está condicionado à obtenção e disponibilidade de informações precisas, fazendo com que, inevitavelmente, o trabalho apresente limitações, como a não identificação de alguns atores e outras informações relacionadas ao fluxo de valor. Entretanto, acredita-se que os mapas construídos e as informações obtidas neste estudo, que reúnem resultados de diversos outros autores sobre o assunto, podem apoiar futuras pesquisas que envolvam o alumínio em qualquer outra cidade ou região.

Referências

- ABAL. (2012). Associação Brasileira do Alumínio. Relatório de Sustentabilidade. Disponível em: http://www.abal.org.br/downloads/Rel_Sust_ABAL_web.pdf. Acesso em: 28 ago. 2016.
- ABRELPE. (2012). Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2016.
- ABRELPE. (2015). Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2016.
- Agrawal, S., Singh, R K., & Murtaza, Q. (2015). A literature review and perspectives in reverse logistics. *Resources, Conservation and Recycling*, 97, 76-92.
- Alencar, J. C. (2013). *Diagnóstico e inventário de ciclo de vida do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de Imperatriz-MA* (Dissertação de mestrado). Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul.
- Brasil. (2012). *Política Nacional de Resíduos Sólidos* (2ª ed.). Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf. Acesso em: 28 ago. 2016.
- Brasil. (2013). *Ministério de Minas de Energia*. Disponível em: http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/estudos_consolidados/P57_RT83_Reciclagem_de_Metals_no_Paxs.pdf. Acesso em: 16 ago. 2013.
- Brasil. (2013). *Ministério do Meio Ambiente*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 22 ago. 2016.



- Bringhenti, J. (2004). *Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população* (Tese de doutorado), Universidade de São Paulo. São Paulo.
- CEMPRE. (2013). *Compromisso Empresarial Para Reciclagem*. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- Da Cruz Paula, A. (2006). *Estudo do Campo Organizacional de Reciclagem de Latas de Alumínio do estado do Rio de Janeiro* (Dissertação de mestrado). FGV, Rio de Janeiro.
- Daher, C. E., Silva, E. P. L. S., & Fonseca, A. P. (2006). Logística Reversa: Oportunidade para Redução de Custos através do Gerenciamento da Cadeia Integrada de Valor. *Brazilian Business Review*, 6(1), 58-73.
- Demirel, N. O., & Gökçen, H. (2008). A mixed integer programming model for remanufacturing in reverse logistics environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(11), 1197-1206.
- Demirel, E., Demirel, N., & Gökçen, H. (2016). A mixed integer linear programming model to optimize reverse logistics activities of end-of-life vehicles in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 112(3), 2101-2113.
- Dowlatshahi, S. (2005). A strategic framework for the design and implementation of remanufacturing operations in reverse logistics. *International Journal of Production Research*, 43(16), 3455-3480.
- EAA. (2016). *European Aluminium Association*. Disponível em: <http://european-aluminium.eu/>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- Ferri, G. L., Chaves, G. L. D., & Ribeiro, G. M. (2015). Reverse logistics network for municipal solid waste management: The inclusion of waste pickers as a Brazilian legal requirement. *Waste Management*, 40, 173-191.
- Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R., & Flapper, S. D. P. (2000). A characterisation of logistics networks for product recovery. *The International Journal of Management Science*, 29(6), 653-666.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4ª ed.). São Paulo: Atlas, 176 p.
- Ginter, P. M., & Starling, J. M. (1978). *Reverse distribution channels for recycling*. *California Management Review*, 20(3), 72-83.
- Gou, Q., Liang, L., Huang, Z., & Xu, C. (2008). A joint inventory model for an open-loop reverse supply chain. *International Journal of Production Economics*, 116(1), 28-42.
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603-626.
- Guarnieri, P., Oliveira, I. L., Stadler, C. C., & Kovaleski, J. L. (2005). A logística reversa de pós-venda e pós-consumo agregando valor econômico, legal e ecológico às empresas. In: *IV Congresso de Administração e Congresso Sul Brasileiro de Comércio Exterior*, Paraná.
- Guiltinan, J., & Nwokoye, N. (1974). Reverse channels for recycling: an analysis for alternatives and public policy implications. In: Curhan, R. G. *New marketing for social and economic progress, Combined Proceedings*. Chicago: American Marketing Association.
- IAI. (2016). *International Aluminium Institute*. Disponível em: <http://www.world-aluminium.org/>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- IBGE. (2015). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 22 ago. 2016.



- Konrad, M. R. (2006). Reciclagem de alumínio: Impactos econômicos e sociais. *Revista Científica FAMEC/FAAC/FMI/FABRASP*, 5(5), 22-26.
- Lacerda, L. (2003). *Logística Reversa: Uma visão sobre os conceitos e as práticas operacionais*. São Paulo: Atlas.
- Leite, P. R. (2002). *Logística Reversa: Nova área da logística empresarial*. São Paulo: Publicare.
- Leite, P. R. (2003). *Logística Reversa: Meio ambiente e Competitividade*. São Paulo: Prentice Hall.
- Logozar, K., Randonjic, G., & Bastic, M. (2006). Incorporation of reverse logistics model into in-plant recycling process: A case of aluminium industry. *Resources Conservation & Recycling*, 49(1), 49-67.
- Mueller, C. F. (2005). *Logística Reversa Meio Ambiente e Produtividade*. Grupo de Estudos Logísticos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- O'Leary, P. R., & Walsh, P. W. (1999). *Decision Maker's Guide to Solid Waste Management* (2ª ed), vol. 2, Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 372p.
- Paraskevas, D., Kellens, K., Dewulf, W., & Duflou, J. R. (2015). Environmental modelling of aluminium recycling: a Life Cycle Assessment tool for sustainable metal management. *Journal of Cleaner Production*, 105, p. 357-370.
- Pinto-Coelho, R. M. (2009). *Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. Belo Horizonte: Recóleo, 340 p.
- Prefeitura de Sorocaba. (2014). *Plano Municipal de Coleta Seletiva*. Disponível em: <http://www.sorocaba.sp.gov.br/portal/servicos/plano-municipal-de-coleta-seletiva>. Acesso em: 28 ago. 2016.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Aprendendo a enxergar. Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil e The Lean Enterprise Institute, 127 p.
- Shamsudin, S., Lajis, M. A., & Zhong, Z. W. (2015). Evolutionary in Solid State Recycling Techniques of Aluminum: a review. *13th Global Conference on Sustainable Manufacturing*, 140, p. 256-261.
- Sheu, J. B., Chou, Y. H., & Hu, C. C. (2005). An integrated logistics operational model for green-supply chain management. *Transportation Research*, 41(4), 287-313.
- Shinzato, M. C., & Hypolito, R. (2016). Effect of disposal of aluminum recycling waste in soil and water bodies. *Environmental Earth Sciences*, 75(7).
- Simões, J. V. B. (2012). *Contabilidade Ambiental do Processo de Coleta Seletiva na cidade de Sorocaba* (Dissertação de mestrado). Universidade Paulista, São Paulo.
- Stock, J. R. (1992). *Reverse Logistics*. Council of Logistics Management, Illinois: Oak Brook.
- Unnikrishnan, S., & Singh, A. (2010). Energy recovery in solid waste management through CDM in India and other countries. *Resources, Conservation & Recycling*, 54(10), 630-640.
- Vaccari, M., Torretta, V., & Collivignarelli, C. (2012). Effect of Improving Environmental Sustainability in Developing Countries by Upgrading Solid Waste Management Techniques: A Case Study. *Sustainability*, 4(11), 2852-2861.
- Wang, F., Lai, X., & Shi, N. (2011). A multi-objective optimization for green supply chain network design. *Decision Support System*, 51(2), 262-269.
- Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. (4ª ed.). Porto Alegre: Bookman, 248 p.