

Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem:

um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro

Luiz Carlos de Santana Ribeiro*

Lucio Flavio da Silva Freitas**

Julia Trindade Alves Carvalho***

João Damásio de Oliveira Filho****

Palavras-chave

reciclagem, insumo-produto, Rio de Janeiro, cooperativas de catadores, recursos poupados.

Classificação JEL

Q52, Q53, C67.

Keywords

recycling, input-output, Rio de Janeiro, cooperatives of collectors, resources saved.

JEL Classification

Q52, Q53, C67.

Resumo

O descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos ainda é um desafio às políticas públicas de gestão ambiental no Brasil. A reciclagem de resíduos surge como uma medida econômica, social e ambientalmente viável para se tentar reverter esse quadro. Dessa forma, o artigo contribui para que a participação de cada indústria, do setor público e dos catadores nos ganhos promovidos pela reciclagem seja avaliada de forma mais consistente. Este estudo baseou-se no volume físico de material reciclável de uma amostra de 33 cooperativas de catadores da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, bem como na modelagem de insumo-produto para simular os impactos propiciados pela reciclagem sobre a economia fluminense para o ano de 2008. A atuação das cooperativas de catadores selecionadas originou uma economia de recursos de aproximadamente R\$ 34 milhões para a economia fluminense.

Abstract

The inadequate disposal of solid waste remains a challenge to public policies for waste management in Brazil. The recycling of waste emerges as an economic measure, socially and environmentally viable to attempt to change this situation. This paper aims to evaluate the economic dimension of recycling solid waste activity. This study was based on the physical volume of recyclable materials from a sample of 33 cooperatives of collectors in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro. We apply input-output model to simulate the impacts resulting from recycling activity in the economy of Rio de Janeiro in 2008. The performance of the cooperatives of scavengers led to a resource savings of approximately R\$ 34 million to the Rio de Janeiro economy.

.....
*Doutorando em Economia,
CEDEPLAR, UFMG

**Doutorando em Economia,
UNICAMP

***Mestre em Economia, UFBA

****Professor Associado, PPGE,UFBA

1_ Introdução

A gestão dos resíduos sólidos urbanos nas cidades brasileiras se tornou um desafio ambiental de largas proporções. A exaustão da vida útil dos aterros sanitários, a poluição, a presença de catadores nos lixões, a escassez de áreas disponíveis para a criação de outros aterros e o desperdício de materiais ainda complexos, indicam a necessidade de uma revisão do modo atual com o material restante após a utilização dos bens ou dos serviços.¹

Os modelos de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos apontam a importância da conexão entre a política de tratamento do lixo e a comunidade local. Com efeito, nos últimos anos tem havido maior reconhecimento do papel desempenhado pelos catadores de materiais na base da cadeia produtiva da reciclagem. A participação ativa desses agentes na gestão dos resíduos sólidos, com o apoio das administrações públicas, porém, é um fato novo, que vem chamando a atenção dos diversos segmentos da sociedade mais diretamente interessados nas questões socioambientais.

Enquanto a racionalidade econômica exige a quantificação da relação custo-benefício dos diferentes modos de tratamento dos resíduos, as externalidades positivas da reciclagem sobre o meio ambiente e a sociedade são frequentemente ignoradas na contabilidade tradicional dos prós e dos contras da gestão de resíduos. A minimização da geração de lixo e a reciclagem evitam a poluição ao mesmo tempo em que diminuem a pressão sobre a extração de matérias-primas diretamente na natureza. Por sua vez, o impacto econômico da reciclagem poucas vezes é estimado em termos de seus efeitos diretos, sobre as indústrias recicladoras, e também efeitos indiretos, sobre o conjunto das demais atividades econômicas. Este artigo contribui para preencher essa lacuna, através da aplicação da metodologia de insumo-produto para o cálculo do impacto econômico da reciclagem sobre a economia do Estado do

Rio de Janeiro. Ademais, traz uma estimativa dos recursos naturais poupados pela atividade, valorados aos preços observados no mercado.

O objetivo do artigo é calcular os benefícios econômicos e ambientais da reciclagem, gerados a partir da atuação de 33 cooperativas de catadores da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMJR). O exercício foi realizado para o ano de 2008. O artigo traz o cômputo dos recursos financeiros e ambientais poupados pela economia fluminense em função da recuperação de materiais presentes nos resíduos e passíveis de reintrodução no circuito produtivo, como matéria-prima secundária. Grosso modo, esses materiais são agrupados nas categorias papel/papelão, metais, alumínio e plásticos.

O artigo se divide em mais quatro seções além desta nota introdutória. A próxima seção apresenta um breve panorama da atual situação dos resíduos sólidos no país e comenta as alternativas mais debatidas sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos. A seção seguinte discute o quadro atual dos resíduos sólidos no Estado do Rio de Janeiro e a atuação das 33 cooperativas ou grupos de catadores selecionados para a elaboração deste artigo. A quarta seção traz os procedimentos metodológicos para a estimação da Matriz de Relações Intersetoriais da economia fluminense, e para o cálculo dos recursos financeiros poupados a partir da reciclagem do material recuperado pelas cooperativas selecionadas. A quinta seção encerra o artigo com os comentários finais dos autores.

2_ Situação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), são resíduos sólidos urbanos “os resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, co-

mercial, agrícola de serviços e de varrição” (NBR 10004/2004). O manejo dos resíduos sólidos compreende as ações de coleta, transporte, acondicionamento, tratamento e disposição final. Entre as possíveis classificações desses resíduos, a mais adequada ao objetivo aqui perseguido é aquela que considera o momento em que o resíduo é gerado. Há duas categorias – a dos resíduos pós-industriais, gerados como rebarba dos processos produtivos, seja como sucatas de manutenção, seja como obsolescência de máquinas e equipamentos, e a categoria dos resíduos pós-consumo, fruto do descarte das sobras quando do consumo de bens ou serviços. Resíduos domiciliares são exemplos desta última categoria.

O último levantamento oficial sobre a coleta de resíduos sólidos, de alcance nacional, abrangendo os 5.507 municípios brasileiros, foi conduzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2008. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2010) apurou que em 2008 eram coletadas ou recebidas diariamente 259.547 toneladas de resíduos sólidos domiciliares ou públicos, das quais 17,6% ainda eram destinadas a vazadouros a céu aberto ou vazadouros alagados, conhecidos como lixões. A Tabela 1 apresenta esses dados para o Brasil.

Cumpra observar que os aterros controlados não atendem às exigências sanitárias e ambientais requeridas para a disposição final dos resíduos. Deste modo, até o ano de 2008, 33,3% do resíduo coletado no país recebia destinação final inadequada. As inexpressíveis quantidades de lixo destinadas às estações de compostagem e triagem refletem a baixa adesão aos programas de coleta seletiva entre os municípios brasileiros, até 2008. Esse fato revela o viés dos gestores públicos para o curto prazo e a priorização do motivo contábil na tomada de decisões acerca do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos, haja vista o custo monetário da coleta seletiva, desconsiderando seus eventuais benefícios ambientais, permanecer quatro vezes maior que o custo da

Tabela 1_Quantidade diária de lixo coletado e destinação final, em toneladas e percentual, Brasil 2008

Destino final do lixo coletado	Brasil	
	Ton./dia	%
Vazadouro a céu aberto (lixão)	45.710	17,6
Vazadouro em áreas alagadas	46	0,0
Aterro controlado	40.695	15,7
Aterro sanitário	167.636	64,6
Estação de compostagem	1.635	0,6
Estação de triagem	3.122	1,2
Incineração	67	0,0
Outra	636	0,2
Total	259.547	100,00

Fonte: IBGE (2010).

coleta convencional, respectivamente US\$ 204 e US\$ 51 (CEMPRE, 2010). Essa perspectiva, radicada em imediatismo, ao considerar somente a razão entre receitas e despesas monetárias, acaba por dificultar uma prática ambientalmente correta e potencialmente benéfica a todo o setor produtivo, que começa na coleta seletiva e se confirma na reciclagem.

Não obstante, o número de prefeituras que possuem programas desse tipo cresceu de 81 para 443 municípios entre 1994 e 2010 (CEMPRE). No ano de 2000, quase a metade dos municípios brasileiros, 45,4%, segundo a PNSB, cobrava taxa para o custeio dos serviços de limpeza urbana. O comprometimento financeiro com essa atividade era, em média, de até 5% do orçamento municipal. A tabela abaixo traz o destino dos resíduos urbanos no Brasil, comparado a outros países.

Diversos fatores interferem na geração do lixo, desde as preferências dos consumidores, seus hábitos e costumes, às variações sazonais, climáticas, densidade demográfica, leis e regulamentações específicas. Uma vez que as questões socioeconômicas também têm relevância, a composição gravimétrica e a quantidade de resíduos *per capita* cons-

Tabela 2_Destino do lixo em alguns países selecionados

País	Lixões ou aterros	Incineração*	Compostagem e reciclagem
Brasil	89%	-	11%
Rep. Tcheca	76%	14%	10%
Espanha	62%	6%	32%
França	41%	32%	27%
Itália	58%	8%	34%
Portugal	73%	20%	7%
Reino Unido	79%	7%	14%
Hungria	92%	6%	2%
Suécia	9%	47%	43%
EUA	54%	13%	32%
Argentina	95%	-	5%
Colômbia	95%	-	5%

*com recuperação energética

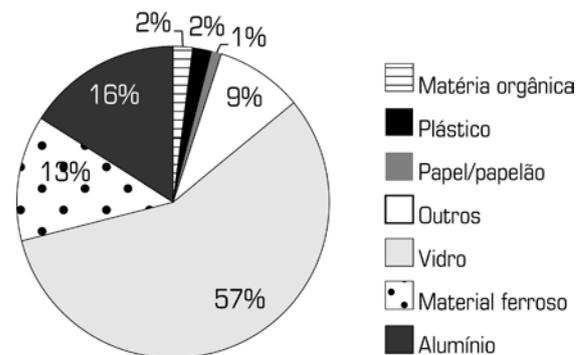
Fonte: Adeodato Filho (2007); CEMPRE (2007).

tituem parâmetros de comparação entre distintas regiões. Em geral, economias mais avançadas, em termos da industrialização e produção, geram maior quantidade de resíduos por habitante. Um exame entre os Estados brasileiros dá suporte a essa afirmativa. No Estado de São Paulo, que concentra boa parte da renda nacional, a coleta de resíduos *per capita* atinge o maior valor do país, 1,21 kg/dia, enquanto, por exemplo, no Estado da Bahia, esse valor atinge apenas 0,8 kg/dia (Abrelpe, 2006).

Segundo pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) em 2006, nas cidades acima de 50 mil habitantes, a composição dos resíduos domiciliares no Brasil apresenta a relação gravimétrica disposta no Gráfico 1.

Somados os percentuais de papel/papelão, plástico, vidro, alumínio e material ferroso, o total de 34% oferece o

Gráfico 1_Composição do lixo urbano no Brasil



Fonte: Abrelpe (2006).

primeiro indício do potencial econômico da reciclagem no país. De fato, a literatura econômica recente vem demonstrando a viabilidade da atividade. Por exemplo, Calderoni (1997) estimou em mais de um bilhão de reais o valor dos resíduos recicláveis desperdiçados no lixo. Freitas e Damásio (2009) calcularam em mais de 700 milhões a economia potencial de recursos que o Estado da Bahia deixou de obter no ano de 2003. O Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas calculou em R\$ 8 bilhões anuais os benefícios potenciais da reciclagem no Brasil (IPEA, 2010).

2.1 Sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos

A gestão integrada de resíduos sólidos é compreendida como a elaboração, a implantação e a execução de um modelo de administração dos resíduos sólidos, considerando a participação das autoridades competentes. Entrementes, na gestão dos resíduos, há significativas oportunidades de ganhos econômicos e ambientais. Não surpreende, portanto, a formação de um amplo mercado e a consolidação de interesses associados ao gerenciamento, à recuperação e à reciclagem de resíduos, bem como a crescente atenção de setores da sociedade civil pelo tema.

Nesse contexto, surgiu o conceito de gestão integrada e compartilhada de resíduos, que inclui a participação ativa de setores da sociedade, com destaque para a atuação dos catadores e a responsabilização dos produtores ao longo da cadeia produtiva de bens, e a perspectiva do desenvolvimento sustentável. Um plano de gestão deve considerar: i) a redução da geração de lixo na fonte, ii) a reutilização do material produzido, iii) a reciclagem, iv) a recuperação de energia, e v) o aterro sanitário.

A redução de lixo na fonte de geração associa-se tanto a mudanças tecnológicas nos produtos e nos processos produtivos quanto a modificações no padrão de consumo da população, sejam tais mudanças induzidas por políticas públicas ou não. Um exemplo é o aumento de 47% na produtividade da reciclagem das latas de alumínio desde 1968; nesse ano, eram produzidas 42 latas de 350 ml com um quilo de alumínio reciclado, e atualmente são produzidas 62 latas (CEMPRE, 2010). As mudanças no padrão de consumo derivam da maior consciência ambiental da população ou podem ser induzidas a partir de instrumentos. O que os estudos de caso têm indicado é que a cobrança pela quantidade de resíduos gerada, nos moldes do princípio do poluidor-pagador,² ao invés do pagamento de uma taxa única pelo serviço de limpeza urbana, traz melhor resultado por tornar visíveis aos usuários os custos da limpeza³ (Azevêdo, 2004).

A reciclagem em um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos remete às etapas de recuperação de recicláveis dos resíduos urbanos e sua utilização como matéria-prima secundária. Determina-se aqui como o processo de *recuperação da matéria-prima* o conjunto de ações envolvendo a coleta seletiva e a triagem dos resíduos, sua limpeza e prensagem e/ou enfardamento, conforme o tipo de material, deixando-o pronto para ser transformado como matéria-prima secundária. A esta última etapa fica reservado o termo “reciclagem” propriamente dita. Ademais, a reciclagem abrange

também a compostagem de matéria orgânica. A *recuperação de energia* consiste na incineração controlada dos resíduos com o objetivo de obtenção de energia. A disposição final dos resíduos sólidos urbanos, em aterros sanitários, aterros controlados ou incineração, deve ser uma atividade complementar aos quatro momentos anteriores.

No Brasil, foi aprovada e sancionada em 2010 a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, Lei nº 12.305/2010, regulamentada no Decreto nº 7.404/2010, que prevê, entre outros instrumentos, a concessão de subsídios e incentivos fiscais para a atividade de reciclagem. Além disso, indica proibições relacionadas ao tratamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos e confere responsabilidades aos geradores de resíduos e poder público. A PNRS institui a logística reversa na atribuição das responsabilidades sobre alguns tipos de resíduos, quais sejam: pilhas, baterias, agrotóxicos, pneus, óleos lubrificantes e suas embalagens, lâmpadas fluorescentes e equipamentos eletrônicos, e, mediante acordos setoriais ou regulamentação posterior, embalagens plásticas, de vidro ou metálicas e outras embalagens conforme seu impacto ambiental. No caso das embalagens, as empresas produtoras poderão estabelecer parcerias com cooperativas e associações de catadores de material reciclável. Enfim, chama a atenção a priorização e o apoio previstos às cooperativas e outras organizações de catadores de material reciclável no âmbito da gestão compartilhada dos resíduos sólidos.

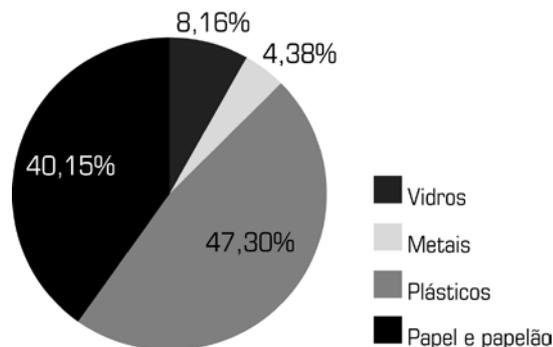
3 Atuação das cooperativas de catadores de recicláveis na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ)

Segundo a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb), em 2007, o volume diário de resíduos coletado pela empresa no município do Rio de Janeiro foi de 7.767 quilos, de origem pública e domiciliar, o que representou 47,4%

do total coletado (16.386 kg). Se os recicláveis representaram 36,26% desse total, tem-se, em termos absolutos, 2.816,31 quilos diários de material reciclável, ou 475,3 gramas por habitante (Carvalho, 2009).

Os principais materiais recicláveis se dividem basicamente em: papel/papelão, plástico, vidro e metal. De acordo com tal divisão, o Gráfico 2 revela a participação de cada material no total de material reciclável no ano de 2007.

Gráfico 2 Participação do material no total de recicláveis no município do Rio de Janeiro – 2007



Fonte: Comlurb – Diretoria técnica e Industrial – Relatório mensal de operações dos 10 materiais efetivamente coletados pela Comlurb.

As informações sobre as cooperativas de catadores foram obtidas em pesquisa de campo realizada no ano de 2008, na RMRJ.⁴ O trabalho teve como objetivo orientar a construção de uma rede de cooperativas e associações de catadores, composta de quatro entrepostos comerciais de reciclagem e uma central administrativa, estabelecidos em regiões estratégicas. Cada entreposto seria formado por um grupo de cooperativas de catadores de material reciclável. O intuito da rede é aumentar o poder de negociação dos catadores diante de um mercado tipicamente oligopsônico, à semelhança das redes de cooperativas em funcionamento nos Estados de São Paulo e da Bahia.

Tabela 3 Dados gerais: número de catadores, vendas totais, produção física e unidades de eficiências mensal das unidades pesquisadas – ago. 2008⁹

Cooperativa	Nº Catad.	Valor da produção (R\$)	Produção (kg)	Prod./cat (kg)	Fat./cat (R\$)
1	10	6.665,73	18.199	1.820	666,57
2	27	10.891,71	31.936	1.183	403,40
3	26	19.184,00	41.620	1.601	737,85
4	75	29.159,00	78.455	1.046	388,79
5	20	6.369,10	3.078	154	318,46
6	100	44.533,00	117.740	1.177	445,33
7	9	4.640,90	11.208	1.245	515,66
8	20	16.268,18	46.100	2.305	813,41
9	24	21.512,30	49.835	2.076	896,35
10	15	3.453,00	14.700	980	230,20
11	58	2.307,77	6.572	113	39,79
12	16	3.280,05	5.723	358	205,00
13	42	2.503,64	3.216	77	59,61
14	17	5.848,00	20.750	1.221	344,00
15	160	92.510,00	214.500	1.341	578,19
16	35	14.367,96	64.048	1.830	410,51
17	25	925,00	4.310	172	37,00
18	25	12.031,56	28.704	1.148	481,26
19	23	19.975,00	71.080	3.090	868,48
20	21	922,00	2.740	130	43,90
21	15	5.987,80	20.020	1.335	399,19
22	25	18.850,00	48.500	1.940	754,00
23	40	3.298,86	13.423	336	82,47
24	35	3.965,70	8.370	239	113,31
25	20	2.529,40	10.168	508	126,47
26	20	14.459,80	36.520	1.826	722,99
27	12	7.578,50	26.470	2.206	631,54
28	100	53.015,28	198.549	1.985	530,15
29	40	33.463,94	134.530	3.363	836,60
30	103	41.220,00	101.850	989	400,19
31	25	28.490,00	51.230	2.049	1.139,60
32	38	2.315,00	8.500	224	60,92
33	63	3.551,95	7.326	116	56,38
Total	1.284	536.074,13	1.526.971	1.168	417,50

Fonte: Centro de Referência Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis, 2009 – PANGEA.

Os dados utilizados no trabalho de concepção da chamada rede Cata-Rio foram obtidos por meio de pesquisa direta e resultam de uma *amostra intencional, estratificada e não aleatória*, com a finalidade de atender uma heterogênea distribuição territorial e dimensional das cooperativas, associações e grupos informais pesquisados. À época, identificou-se uma população (universo) formada por 77 cooperativas,⁵ das quais os dados trazidos aqui representam exclusivamente as atividades das 33 cooperativas, associações ou grupos de catadores considerados,⁶ ou 42% do total de cooperativas ativas na RMRJ, distribuídas em oito municípios (Rio de Janeiro, Niterói, Nova Iguaçu, São João de Meriti, São Gonçalo, Nilópolis, Duque de Caxias e Mesquita).

A estratificação da amostra visou a maior heterogeneidade entre o porte das cooperativas, tanto em termos físicos quanto organizacionais. As restrições à coleta de dados primários inerentes a esse setor caracteristicamente informal também pautou a escolha da amostra final composta das 33 cooperativas apresentadas. Ressalta-se que o alto grau de informalidade apresentado pela população estudada constituiu um significativo obstáculo ao levantamento de dados primários, impedindo a construção de uma amostra aleatória da atuação mais geral dos catadores na RMRJ. Por outro lado, a diferença de produtividade

entre as cooperativas escolhidas é característica desejável à investigação estatística das causas determinantes dos diversos níveis de Eficiência Física, Eficiência Econômica e Eficiência de Mercado.⁷

As cooperativas visitadas reuniam 1.284 catadores e produziam em média 1.500 toneladas de material reciclável por mês,⁸ cujo valor da produção atingia pouco mais de R\$ 536 mil/mês, conforme descrito na Tabela 3 (Geri, 2008b). Toda a quantidade coletada representa 83 tipos de material reciclável, alocados em quatro grandes grupos: metais, alumínio, papel e plástico. Ainda em relação à Tabela 3, percebe-se que cada catador produz a média de 1.168 kg de material reciclável por mês, e recebe, em média, R\$ 417,50 por tal produção.

Os dados de produção física total das cooperativas serão utilizados para o cálculo das receitas potenciais, que seriam obtidas aos preços máximos de venda dos materiais pelos atravessadores e intermediários às indústrias demandantes. Com base nas receitas potenciais, é calculada, em termos monetários, a economia direta, indireta e total de recursos propiciada pela reciclagem para o ano de 2006, como será detalhado adiante, na seção 5. A Tabela 4, na sequência, traz as principais medidas de dispersão da amostra, no intuito de comprovar sua significância.

Tabela 4_Medidas de dispersão da amostra

Variáveis	Valores totais	Valores mínimos	Valores máximos	Valores máximos/ valores mínimos	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação (%)
Nº. catadores	1.284	9	160	18	76	34	45
Produção (kg)	1.526.971	2.740	214.500	78	89.029	54	60
Produção/catador (kg)	1.168	77	3.363	44	1.216	890	73
Valor produção (R\$)	536.074	922	92.510	100	31.534	19.344	61
Fatia/catador (R\$)	418	37	1.140	31	434	303	70

Fonte: Elaboração dos autores.

Os valores máximos e mínimos dos indicadores de porte das cooperativas, bem como os seus respectivos desvios e Coeficientes de Variação revelam a grande diversidade existente entre as componentes da amostra. Evidencia-se a heterogeneidade das observações mediante a comparação entre os seus Coeficientes de Variação.¹⁰ Segundo Shimakura (2005), um Coeficiente de Variação pode ser considerado baixo quando for menor ou igual a 25%, indicando relativa homogeneidade da distribuição analisada. A menor variação em torno da média ocorre para a variável “Nº de Catadores”, em torno de 45% do valor médio, enquanto que a maior variabilidade entre os dados é observada na variável “Produção/Catador”, com variação de 73% em relação à sua média.

A produtividade total (Produção/kg) tem o seu desvio padrão correspondente a 60% da sua média, indicando forte dispersão dos valores da amostra em relação ao valor médio da distribuição. Complementarmente, pode-se observar que a cooperativa com maior produtividade física tem produção de aproximadamente 78 vezes superior à cooperativa com menor produtividade física. As diferenças nas performances desses indicadores constituem importante fonte de informações empíricas sobre os fatores determinantes dos resultados produtivos apresentados pelas cooperativas, gerando modelos de orientação dos investimentos em infraestrutura e capacitação que promovam a efetiva elevação do patamar de cooperativas de menor produtividade e consequentemente retornos crescentes em termos de benefícios sociais, econômicos e ambientais para a sociedade.

Os indicadores financeiros também confirmam a heterogeneidade entre as cooperativas, refletindo, além do diferencial entre a sua produtividade física, as condições em que essas estão posicionadas ao longo da cadeia produtiva da reciclagem. O indicador de valor total da produção, ou “Valor Produção (R\$)”, tem relação entre a média e o

desvio padrão em torno de 61%, sendo o valor máximo da distribuição cerca de 100 vezes superior ao valor mínimo.

Sabe-se que os preços obtidos pela venda do material reciclável coletados pelas cooperativas da RMRJ são inferiores aos preços pagos pelas indústrias aos atravessadores em 114%, em média (Carvalho, 2009, p. 87). A fim de não haver a subestimação dos impactos econômicos da reciclagem, resolveu-se usar o vetor de preços pagos pelas indústrias aos atravessadores para o cálculo da estimativa de economia de recursos. Para tanto, são utilizados preços coletados junto a 23 atravessadores sediados na RMRJ (Tabela 5), por meio de pesquisa telefônica realizada no mesmo período em que foram coletados os dados das cooperativas (maio – ago/2008). A escolha desse contingente amostral de comerciantes de material reciclável teve como critério a disponibilidade dos dados, isto é, aqueles atravessadores que se dispuseram a responder ao questionário são os que compõem a amostra, considerando uma população de 100 unidades de comercialização de material reciclável identificadas nos seguintes sites de cadastro: Rota da Reciclagem e Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE).

Observa-se que o grupo de material mais valorizado são os metais, especialmente pela presença de cobre e baterias automotivas na amostra, seguido pelos grupos de alumínio e plástico. O papel é o grupo de material com menor relação preço por quilo.

Tabela 5_Momentos estatísticos dos vetores de preços dos atravessadores

Grupo de materiais	Média	Preço máximo (R\$)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Alumínio	30,20	4,00	0,93	325%
Metais	5,67	18,50	5,44	104%
Papel	0,21	0,31	0,05	429%
Plástico	0,21	3,10	0,79	152%

Fonte: Elaboração dos autores..

Todos os grupos de material reciclável apresentam seus Coeficientes de Variação muito superiores a 25%, revelando grande variabilidade dos dados em torno da média e conseqüente heterogeneidade na distribuição analisada.

4_Procedimentos metodológicos: a Matriz de Relações Intersectoriais (MRI) do Estado do Rio de Janeiro

Quanto à construção de Matrizes de Relações Intersectoriais regionais, a literatura econômica recomenda a adoção de métodos não censitários. Entre esses métodos indiretos, um dos mais indicados é o método biproporcional RAS, descrito por Stone (1961) e Bacharach (1970), adaptado por Czamanski e Malizia (1969) para estimação de matrizes regionais. Isso porque metodologias que exigem dados censitários (*survey*) são de difícil aplicação e custo elevado.

Nesse sentido, a MRI da economia do Rio de Janeiro partiu da regionalização de uma matriz nacional de insumo-produto, através da modificação do algoritmo RAS,¹¹ conforme o método proposto em Silveira (1993); entretanto, expandindo o método de duas para três dimensões, inserindo fatores de correção em cada etapa do processo iterativo, conforme Leite (2009). Desta forma, parte-se de uma matriz original nacional de insumo-produto e dos vetores marginais retirados dos dados sobre a produção setorial da região objetivo. O resultado é uma aproximação da matriz regional. A principal exigência desse método é aceitar que a matriz estimada não reflete necessariamente a estrutura produtiva regional; trata-se de uma aproximação que pressupõe a evolução biproporcional das relações intersectoriais. Em Silveira (1993, p. 208):

A proposta não é procurar diretamente a [matriz] bi-proporcional da matriz A, para o tempo $t = 0$, mas sim uma matriz de insumos Q, que já tenha embutida a hipótese do

market-share. Este procedimento facilita as operações, uma vez que os valores passam a ser expressos diretamente em unidades monetárias. Decorre daí que variações de coeficientes estimadas podem refletir mudanças de perfil da produção, como também dos custos associados ao perfil tecnológico.

O processo iterativo $\{Q_o^*; c; q\}$ pode ser resumido na expressão:

${}^{t+2}Q_o^* = \langle r^t \rangle \cdot {}^tQ_o^* \cdot \langle s^t \rangle$, em que

$$\langle r^t \rangle = \left\{ r_i^t \mid r_i^t = \frac{q_{(1)j}}{q_{(0)j}^{t-1}} \right\} \quad (1)$$

$$\langle s^t \rangle = \left\{ s_j^t \mid s_j^t = \frac{c_{(1)j}}{c_{(0)j}^{t-1}} \right\} \quad (2)$$

O conjunto solução respeita as seguintes condições de chegada:

$$\langle r^t \rangle \cdot {}^tQ_o^* \cdot \langle s^t \rangle = Q_1 \quad (3)$$

$$i \cdot Q_1 = c_1 \quad (4)$$

$\{Q_o^*; c; q\}$, o vetor x_j traz a produção intermediária.

Os vetores utilizados a cada rodada podem ser anotados como:

$$r_i^{(t+1)/2} = \frac{q_{bi}^0}{q_{ai}^{t-1}} \quad s_i^{(t+1)/2} = \frac{c_{bi}^0}{c_{ai}^{t-1}} \quad (5)$$

Esse método não distingue a origem de insumos entre regionais e importados; desse modo, a matriz resultante pode ser considerada uma matriz híbrida.¹² Se interpretada pelo consumo intermediário, revela como os setores

produtivos da matriz regional demandam seus insumos, independentemente da origem desses insumos, nacional, estrangeira ou local. Se observada a produção setorial, mostra a produção dos setores que constituem a matriz da região considerada.

Os fatores de correção propostos em Leite (2009), inseridos em cada etapa do processo iterativo, tanto na pré-multiplicação da matriz A pelo vetor r quanto na pós-multiplicação pelo vetor s , pretendem assegurar a compatibilidade das matrizes estaduais à matriz nacional. Nesse método, as matrizes regionais que compõem a matriz nacional devem ser calculadas simultaneamente, de maneira a garantir que as matrizes subnacionais calculadas sejam compatíveis com a matriz nacional (Leite; Pereira, 2010; Ribeiro; Leite, 2012).

O fator de correção consiste em:

$$f_{ij}^t = q_{ij(N)} \frac{1}{\sum_{H=1}^k q_{ij(H)}^t} \quad (6)$$

Cada elemento da Matriz Q nacional, identificada pelo subscrito N , deve ser multiplicado por uma razão, qual seja $\frac{1}{x}$. Nesse caso, o x vai ser o somatório de todos os elementos correspondentes de todas as matrizes regionais, isto é, faz-se uso da álgebra tensorial. O somatório varia de acordo com o número de matrizes que se esteja trabalhando. Por exemplo, se forem para as grandes regiões brasileiras, o somatório variaria de um até cinco. Dessa etapa, resulta a Matriz Q Regional corrigida (Ribeiro, 2010).

Os impactos à montante do material reciclável representam as relações de demanda intersetoriais, e seu resultado indicará os recursos poupados pelos diversos setores da atividade econômica, a partir do uso do insumo reciclado. Na literatura especializada, são poucos os trabalhos que utilizam o insumo-produto para medir impactos da reciclagem.

Anderson *et al.* (1994) construíram um modelo hipotético que estudou o reflexo dos efeitos diretos e indiretos da geração de resíduos sólidos no desenvolvimento econômico regional. Nakamura (1999) propôs um modelo bastante adequado ao resíduo do tipo pós-consumo, já que o caráter espacialmente difuso da geração desse resíduo recebe tratamento explícito através da inclusão na MRI de uma atividade dedicada à catação de recicláveis. O modelo tradicional de insumo-produto é ampliado com as atividades de catação (com propósito de reciclagem), coleta e disposição de lixo e ainda com a reciclagem propriamente dita.

O modelo elaborado em Nakamura foi aplicado por Pimenteira (2002) para a cidade do Rio de Janeiro. O gasto médio das prefeituras municipais com a limpeza urbana e o vetor de demanda intermediária da administração pública da matriz de insumo-produto carioca foram utilizados para a aproximação linear dos coeficientes da atividade de coleta e disposição final de lixo. O objetivo do modelo de Nakamura é calcular o saldo líquido da emissão de poluentes, considerando as emissões evitadas pela reciclagem e as emissões resultantes da coleta de recicláveis.

O presente trabalho avança em relação aos trabalhos anteriores no conteúdo específico de seus dados, compilados com base na pesquisa primária junto às cooperativas de catadores e na utilização da matriz de insumo-produto para o cálculo dos custos do processo de produção tradicional, custos evitados em função da reciclagem.

O cálculo dos impactos econômicos da reciclagem partiu do modelo simples de insumo-produto, em que os efeitos totais (diretos e indiretos) são computados valendo-se da equação básica do modelo:

$$q = Aq + f \quad (7)$$

Em que:

$A = [a_{ij}]$ é a Matriz Tecnológica, em que cada a_{ij} representa a quantidade total do produto i utilizado como insumo produtivo na produção de uma unidade do produto j , $\forall j = 1, \dots, n$.

$q = [q_j]$ é o vetor de produto total da economia, em que cada q_j é a quantidade total de produto j , produzida pela indústria j , $\forall j = 1, \dots, n$.

$f = [f_j]$ é o vetor de demanda final da economia do produto de cada setor j .

A partir de manipulações algébricas, a equação 7 pode ser reescrita como:

$$q = (I - A)^{-1} f \quad (8)$$

$(I - A)^{-1}$ é a matriz inversa de Leontief, ou matriz dos requisitos diretos e indiretos para a produção do vetor q , dado o vetor de demanda final f . A equação 8 representa a solução do modelo de Leontief.

O produto total de determinada economia (q) é obtido mediante a soma entre o que foi consumido intermediariamente (m) e a produção final (f), isto é:

$$q = m + f \quad (9)$$

Dado certo padrão tecnológico, representado pela Matriz Tecnológica (A), em que cada a_{ij} é a quantidade de produtos utilizados como insumos pelo setor i para produzir uma unidade monetária de produto do setor j , tem-se que o consumo produtivo intermediário total da economia é representado por:

$$m = A \cdot q \quad (10)$$

Em que:

$m = [m_j]$ é o vetor de consumo produtivo intermediário, em que cada m_j representa a quantidade total do produto j consumido intermediariamente na cadeia produtiva de toda a economia.

Fazendo: $m = m_o + m_s$; então:

$$m_o = A \cdot q_o \quad (11)$$

$$m_s = A \cdot q_s \quad (12)$$

Neste caso, ms é a parte da produção intermediária que equivale à produção por meio da reciclagem. É também uma medida dos insumos diretos que seriam exigidos para a produção de qs pelo processo produtivo tradicional. Em função da inexistência de dados específicos sobre a produção a partir de matéria-prima recuperada, o modelo presume que o setor reciclador é o mesmo que produz através de matéria-prima original. Assim, ms é também uma medida dos recursos econômicos poupados pela utilização por meio de matéria-prima recuperada. É aquilo que o sistema produtivo evita gastar com a produção primária, uma vez que tal produção é substituída pela matéria-prima recuperada, na exata medida ms .

O vetor ms refere-se ao valor dos insumos necessários para a produção de qs ; entretanto, a própria produção dos insumos ms vai requerer indiretamente a produção de outros insumos. Essa medida é dada pela pré-multiplicação da Matriz Inversa de Leontief pelo vetor qs .

$$m_s^t = (I - A)^{-1} q_s \quad (13)$$

Em que o sobrescrito t indica o efeito total, direto e indireto. O vetor qs , ou vetor de acréscimos, será composto de valores nulos à exceção das células correspondentes ao material reciclável recuperado dos resíduos sólidos urbanos, em seus respectivos setores de produção primária e reciclagem.

A análise aqui é realizada por grupo de material (metais, alumínio, plásticos e papel), de acordo com a produção física das cooperativas de catadores e o preço máximo cobrado pelos comerciantes de resíduos sólidos. A escolha do preço máximo resulta da tentativa de uma aproximação dos valores efetivamente pagos pela indústria recicladora. Os setores recicladores na matriz são: 307 – Fabricação de Celulose e Produtos de Papel (reciclagem do papel), 318 – Fabricação de Artigos de Borracha e Plástico (reciclagem do plástico), 320 – Metalurgia Básica (reciclagem do alumínio), e 323 – Fabricação de Produtos de Metal – exclusive máquinas e equipamentos (reciclagem do ferro e do aço).¹³ Salienta-se que não foi possível a criação de coeficientes específicos da reciclagem em razão do nível de agregação dos setores disponíveis nas Contas Regionais e na Pesquisa Industrial Anual – 2006 do IBGE, necessários para a construção da MRI do Estado do Rio de Janeiro – 2006. Desta forma, admite-se algum grau de sobre-estimação dos custos evitados. Para lidar com tal limitação, adiante será proposta outra metodologia de cálculo dos custos evitados.

4.1 Resultados: os impactos econômicos da atividade das cooperativas de catadores de reciclável na RMRJ

Uma vez realizada a agregação do material, a próxima etapa foi calcular as receitas totais das cooperativas de acordo com o preço máximo de comercialização, *proxy* do valor de revenda à indústria. O preço do material reciclável pago às cooperativas pelos comerciantes de resíduos é subestimado em relação ao preço pago pela indústria recicladora. Na sequência, são apresentadas as receitas totais anuais, por tipo de material, que somadas alcançam R\$ 12.006.115,00.

A comparação entre o valor total do material reciclável recuperado pelas 33 cooperativas, aos preços de venda das cooperativas (R\$ 536 mil reais/mês ou R\$ 6,432 milhões/ano) e aos preços máximos de comercialização (R\$ 12 milhões/

Quadro 1 Valores do material recuperado dos resíduos sólidos urbanos pelas 33 cooperativas de catadores selecionadas, cotados aos preços máximos de comercialização, 2008

Metais	Alumínio	Plásticos	Papéis
R\$ 1.281.705,93	R\$ 614.113,54	R\$ 7.916.262,34	R\$ 2.194.034,08

Fonte: Elaboração dos autores.

ano), revela que as cooperativas recebem aproximadamente a metade do valor alcançado pelo seu material na indústria recicladora. A diferença é apropriada pelos comerciantes revendedores de recicláveis.

O passo seguinte foi estimar a economia de recursos decorrente da reciclagem originada com a recuperação de material reciclável realizada pelas cooperativas. O primeiro grupo de material cujos impactos foram calculados foi o grupo “metais”. O Gráfico 3, anexo, mostra, por setor de atividade econômica, os recursos totais, diretos e indiretos, poupados a partir da reciclagem dos metais das 33 cooperativas da amostra do Rio de Janeiro.

Destaca-se o próprio setor de Fabricação de Produtos de Metal – Exclusive Máquinas e Equipamentos, com uma economia total de recursos de aproximadamente R\$ 1,4 milhão, o que corresponde a quase 42% da economia total de toda a cadeia produtiva do Rio de Janeiro. O setor de Metalurgia Básica apresentou quase R\$ 540 mil de recursos poupados. Esses dois setores juntos correspondem a quase 60% da economia total de recursos na produção fluminense. Em conjunto, a indústria fluminense poupou, no total, R\$ 3,4 milhões a partir da reciclagem do metal recuperado pelas cooperativas.

O segundo grupo de material avaliado foi o grupo “alumínio”. A economia direta e indireta de recursos propiciada pela reciclagem do alumínio foi de aproximadamente R\$ 381 mil e R\$ 635 mil, respectivamente. A economia total de recursos atingiu quase R\$ 1,7 milhão. O Gráfico 4, em anexo, revela, por setor de atividade econômica, os valores poupados com a reciclagem.

A economia direta e indireta propiciada pela reciclagem do plástico atinge aproximadamente R\$ 5,3 milhões e R\$ 10 milhões, respectivamente. Esse grupo de material reciclável se destaca dos demais em termos dos valores que movimentou. O Gráfico 5, em anexo, mostra os setores mais impactados pela reciclagem do plástico. O próprio setor reciclador de plástico, Fabricação de Borracha e Materiais Plásticos, é responsável pela maior contribuição na economia total de recursos, atingindo aproximadamente R\$ 8,6 milhões, o que corresponde a quase 37% da economia total. Outro setor de destaque é o de Produtos Químicos, importante fornecedor de insumos para a indústria do plástico, que gerou uma economia total de recursos de aproximadamente R\$ 5 milhões, o que corresponde a quase 22% da economia total. Esses dois setores somados representam quase 60% da economia total de recursos gerada a partir da reciclagem do plástico. O setor de Produtos Químicos também se destaca na economia direta de recursos, a qual atinge aproximadamente R\$ 3 milhões, correspondendo a mais da metade da economia direta gerada pela soma de todos os setores.

No caso da reciclagem do papel, o próprio setor reciclador, Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel, foi o que gerou maior economia total de recursos, atingindo aproximadamente R\$ 2,8 milhões, ou 46% da economia total de recursos. O segundo e terceiro setores que mais geraram economias de recursos foram os de Fabricação de Produtos Químicos e Agricultura, Silvicultura e Exploração Florestal, atingindo, respectivamente, R\$ 572 mil e R\$ 363 mil. O Gráfico 6, em anexo, revela a distribuição setorial dos recursos poupados.

Quando somadas, as economias totais de recursos dos quatro grupos de material atingem R\$ 34 milhões. Do ponto de vista da contribuição *per capita*, cada catador da amostra foi responsável por aproximadamente R\$ 27 mil poupados para a economia estadual. Os dados estão resumidos na Tabela 6.

Tabela 6 Economia total de recursos, por tipo de material, originada na atuação das 33 cooperativas de catadores selecionadas, em 2008. (valores em R\$ 1.000,00)

Material reciclável	Recursos poupados
Metal	3.373,62
Alumínio	1.630,10
Plástico	23.215,47
Papel	5.957,96
Total	34.177,15

Fonte: Elaboração dos autores.

A estimativa do volume físico anual do material reciclável coletado pelas 33 cooperativas de catadores da RMRJ alcançou 17.606 toneladas, sendo 328 de alumínio, 2.204 de metal (ferro e aço), 10.564 de papel e 4.511 de plástico.

Alternativamente ao cálculo dos impactos econômicos da atuação das cooperativas de catadores via insumo-produto, é possível estimar os benefícios originados nessa atividade pela economia de recursos naturais e de outros insumos obtida a partir da reciclagem. Tais economias foram calculadas com base na visita à literatura especializada e na precificação dos recursos, conforme os valores praticados em seus respectivos mercados.

A Tabela 7 apresenta os recursos ambientais poupados graças à reciclagem do material recuperado pelas cooperativas, por tipo de recurso e equivalência de consumo. O cálculo que tornou possível os resultados expressos nesta tabela é exposto no Anexo 1.

A energia elétrica poupada alcançou mais de 77 mil MWh, e a água economizada somou mais de 1 milhão de m³. Essas quantidades poderiam abastecer mais de 24 mil pessoas no ano de referência, 2008. Além disso, quase 317 mil árvores foram poupadas em razão da reciclagem de papéis, o que equivale a aproximadamente 346 campos de futebol do estádio do Maracanã.

Tabela 7_Recursos ambientais poupados

Recursos poupados	Quantidade	Equivalência de consumo	
Energia (MWh) ¹²³⁴⁵	77.683	49.323	pessoas/ano ⁶
Água (m ³) ²	1.044.048	11.442	pessoas/ano ⁷
Petróleo (barril) ¹	54.827	13.054	pessoas/ano ⁸
Árvore (unid.) ⁵	316.908	346	campos do Maracanã ⁹
Bauxita (ton.) ³	1.641		
Minério de ferro (ton.) ³	2.512		
Carvão mineral (ton.) ³	342		
Recurso público (R\$) ¹⁰	950.739		

Fontes: 1) IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas; 2) SBRT - Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT501; 3) PUC - Paraná - Educação Ambiental/Benefícios da Reciclagem; 4) WEB-RESOL - curiosidades / ABIVIDRO; 5) AMBIENTEBRASIL - Resíduos Sólidos; 6) Eletrobras e IBGE; 7) MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia; 8) Agência Nacional do Petróleo - ANP / Portal Naval - Tabelas de Conversão Petróleo e Gás; 9) Embrapa - Cultivo do Eucalipto; 10) Adotado como referência o valor de R\$ 54,00 por tonelada para coleta e tratamento dos RSU. Elaboração dos autores.

Em relação à reciclagem do alumínio, foram poupadas diretamente mais de 1,6 mil toneladas de bauxita. Ainda foram poupados quase 59 mil barris de petróleo, 2,5 mil toneladas de ferro e 342 toneladas de carvão mineral. Todos esses recursos ambientais poupados evitaram o gasto de recursos públicos com a coleta e a destinação final de aproximadamente R\$ 950 mil.

Do ponto de vista monetário, isto é, precificando essas quantidades de recursos naturais poupadas, as economias com energia elétrica¹⁴ e água¹⁵ corresponderam a aproximadamente R\$ 17,3 milhões e R\$ 1,6 milhões. As economias de petróleo¹⁶, minério de ferro¹⁷, bauxita¹⁸ e carvão mineral¹⁹ somaram US\$ 5,3 milhões, R\$ 100,4 mil, R\$ 147,7 mil e R\$ 37,6 mil, respectivamente. Ao todo, a economia de recursos soma R\$ 32,5 milhões, respectivamente. O interessante é que esse

valor assemelha-se ao obtido via matriz de insumo-produto, expresso na Tabela 6.

5_ Comentários finais

O objetivo deste trabalho foi mensurar os impactos da reciclagem na estrutura produtiva fluminense, no ano de 2008, a partir da produção de 33 cooperativas de catadores de material reciclável. Naquele ano, cerca de R\$ 34 milhões foram poupados pelo sistema produtivo estadual, com destaque para a reciclagem do plástico, responsável por 67,93% dos recursos economizados. A reciclagem do papel representa 17,43% do total; a reciclagem do metal, 9,87%; e a do alumínio, 4,77%. A economia total com recursos naturais (água, petróleo, bauxita, minério de ferro, carvão mineral e outros insumos) evitou o gasto equivalente a R\$ 32,5 milhões.

Para além dos benefícios econômicos e ambientais estimados, há o aspecto social ligado ao trabalho desempenhado pelos catadores. A inserção desses agentes na cadeia de comercialização de recicláveis deve ser observada atentamente quando da confecção de uma política voltada à inclusão social. Atualmente, além da catação em lixões e logradouros públicos, que não atende às condições mínimas para o trabalho, o não reconhecimento da contribuição dada pelos catadores ao bem-estar coletivo, o baixo nível de organização, a agregação de valor à produção das cooperativas e a estrutura de mercado oligopsônica implicam uma situação de intensa vulnerabilidade social dos catadores.

A superação desse quadro pode ser fomentada pelo fortalecimento das cooperativas e associações e sua efetiva integração aos sistemas de gestão dos resíduos sólidos urbanos. A esse respeito, a PNRS (2010) define a prioridade de acesso aos recursos da União para os municípios que, em seus serviços de gerenciamento dos resíduos, “implantarem a coleta seletiva com a participação das cooperativas

ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda” (p. 10). Ademais, prevê a possibilidade de criação de incentivos financeiros, creditícios e fiscais para o estímulo da reciclagem e ainda a implantação de sistemas de logística reversa para o tratamento dos resíduos. No decreto que regulamenta a PNRS, o primeiro parágrafo do art. 18 afirma que a participação dos catadores nesses sistemas deve ser priorizada, especialmente no caso das embalagens pós-consumo. Além disso, os acordos setoriais visando à implementação da logística reversa deverão conter a possibilidade de contratação de organizações de catadores para a execução das ações propostas (art. 23).

Como se vê, o arcabouço legal para a integração dos catadores à gestão dos resíduos já está constituído. Resta às administrações públicas, em parceria com os atores sociais interessados, definir os incentivos mais adequados a esse objetivo. Uma possibilidade é a contratação direta pelas prefeituras municipais das organizações de catadores para a prestação dos serviços relacionados à coleta seletiva, ou a integração das cooperativas aos sistemas de logística reversa.

As estimativas oferecidas neste artigo contribuem para que a participação de cada indústria e de cada agente nos ganhos promovidos pela reciclagem seja avaliada de forma mais consistente. Conforme observado, as cooperativas de catadores se apropriam apenas da metade do valor do material reciclável negociado com as indústrias. A coleta que realizam poupa quase R\$ 1 milhão anuais aos cofres públicos, valor que custaria a coleta tradicional desses resíduos. Com efeito, o reconhecimento do trabalho dos catadores passa pela remuneração do serviço de coleta que hoje executam gratuitamente, em lugar dos responsáveis pela geração dos resíduos – os consumidores e os produtores – ou da coleta financiada com os recursos públicos. O valor da economia total de recursos dá a dimensão e o sentido de urgência

que envolve a busca da eficiência na gestão dos resíduos sólidos urbanos; são milhões de reais poupados apenas pelas cooperativas pesquisadas. Outros milhões de reais e milhares de postos de trabalho são desperdiçados anualmente nos aterros sanitários e nos lixões.

Este estudo não encerra a discussão acerca dos benefícios econômicos da reciclagem; ao contrário, um dos seus objetivos é estimular novas abordagens que aprimorem a ferramenta de análise. As principais limitações aqui se referem à insuficiência dos dados relativos à coleta e à reciclagem de resíduos, o que inviabilizou o cálculo de coeficientes técnicos diferenciados para tais atividades. Admite-se, então, que a atividade de reciclagem e a produção a partir da matéria-prima original são parte do mesmo setor, e que, portanto, possuem estruturas de insumos semelhantes. No mais, uma consequência da hipótese de tecnologia de setor simples, tradicional na análise de insumo-produto. A estrutura de insumos de um setor qualquer é dada pela estrutura média das atividades econômicas que compõem esse setor, ponderada pelo peso de cada uma das atividades.

O alto grau de informalidade na catação de recicláveis, que implica o desconhecimento do universo dos catadores e das cooperativas, também impediu a elaboração de uma amostra representativa da atividade de recuperação de resíduos. Todavia, o trabalho conta com dados primários inéditos. Enfim, os resultados devem ser interpretados como um primeiro exercício de aproximação dos recursos efetivamente poupados pela reciclagem originada nas 33 cooperativas da RMRJ e devem ser usados com a devida cautela. O emprego da metodologia de insumo-produto com coeficientes técnicos específicos para o setor de reciclagem e a maior desagregação dos setores da matriz são os próximos passos necessários para o aperfeiçoamento metodológico do presente trabalho.

Notas

¹ Estão entre as consequências da gestão inadequada dos resíduos, por exemplo: o lançamento do gás metano na atmosfera; o chorume, que, associado à água das chuvas, gera o lixiviado, capaz de contaminar corpos d'água e águas subterrâneas; a contaminação do solo no entorno de lixões e aterros; a desvalorização imobiliária local; a proliferação de microorganismos e vetores de doenças.

² “O princípio do poluidor-pagador versa sobre a necessidade de que qualquer tipo de taxa ou cobrança relativa a danos ambientais causadas por agentes deva estar diretamente relacionado com a produção e/ou consumo de um determinado produto ou, ainda, ao custo de recuperação do ambiente atingido (Chermont; Motta, 1996, p. 12)”.

³ Certamente, há severos custos de transação na tentativa de quantificação do resíduo gerado por cada agente econômico; contudo, soluções criativas têm sido apresentadas a esse respeito. Azevêdo (2004) traz algumas dessas alternativas comparando estudos de caso.

⁴ A realização técnica do projeto coube ao Grupo de Estudos das Relações Intersetoriais (GERI) da Universidade Federal da Bahia.

⁵ Consta no Anexo 2 o nome das 77 cooperativas que compõem a população.

⁶ Chamados até aqui e doravante apenas de cooperativas, em favor da simplicidade do texto.

⁷ São medidas de produtividade média que aloca as cooperativas em quatro níveis de eficiência produtiva através da técnica estatística multivariada, a análise discriminante: Eficiência Física – produção física per capita medida em kg/mês; Eficiência Econômica – valor comercializado da produção física per capita medida em R\$ / mês; Eficiência de Mercado – representa a capacidade da cooperativa em colocar os seus produtos recicláveis de forma vantajosa no mercado, dada pela razão entre Eficiência Econômica e Eficiência Física (Geri, 2005).

⁸ Esta quantidade de material reciclável engloba vidro (59.780,83 kg/mês). Entretanto, os autores desconsideraram esse grupo de material na simulação dos impactos por ser pouco expressivo em termos físicos (3,91%) e monetários.

⁹ Os autores optaram em manter em sigilo a correspondência das produções e receitas em relação ao nome das cooperativas.

¹⁰ É a razão entre a média e o desvio padrão que permite a comparação entre diferentes distribuições de dados (Bussab; Morettin, 1987).

¹¹ O RAS é a aplicação de um algoritmo biproporcional a uma matriz de insumo-produto observada, de forma que se obtenha, ao fim de várias iterações, uma matriz que se aproxime suficientemente bem da matriz objetivo, não observada, contudo, com seus vetores marginais conhecidos. Formalmente: o problema biproporcional é para encontrar A^b , tal que $A^b \geq 0$.

$$A^b \cdot i = u; i \cdot A^b = v$$

$A^b = \lim_{t \rightarrow \infty} \langle r^t \rangle A \langle s^t \rangle$, para as sequências $\{r^t\}$, $\{s^t\}$ dos vetores, com $r_i^t = 1$, $\forall t$; em que A é uma matriz $m \cdot n$ tal que: $a^i \wedge a^j \geq 0$, $\forall i, j$; $u > 0$, $v > 0$.

Em que a^i e a^j indicam a i -ésima linha e a j -ésima coluna de A . O sinal ≥ 0 denota semipositividade, e > 0 positividade estrita, i é o vetor soma. O processo biproporcional, então, consiste em: $A^{2t+1} = \langle r^{t+1} \rangle A^{2t}$,

$$A^{2t+2} = A^{2t+1} \cdot \langle s^{t+1} \rangle = \langle r^{t+1} \rangle A^{2t} \langle s^{t+1} \rangle$$

Em que, $r_i^{t+1} = \frac{u_i}{\sum a_{ij}^{2t+1}}$, com

$$j = 1, \dots, n; s_j^{t+1} = \frac{v_j}{\sum a_{ij}^{2t+1}}, \text{ com}$$

$i = 1, \dots, m$. t assume os valores $0, 1, 2, \dots$ e $A^0 = A$.

¹² Ver Round (1983) e Lahr e Dietzenbacher (2001).

¹³ À época da elaboração deste trabalho, as mais recentes tabelas de Recursos e Usos publicadas pelo IBGE, necessárias para a elaboração das matrizes Tecnológica e Inversa de Leontief da economia fluminense, eram as tabelas de 2006. Deste modo, os autores assumem a hipótese implícita de estabilidade dos coeficientes tecnológicos no curto período entre 2006 e 2008.

¹⁴ Tomado por base o preço médio da tarifa industrial da região Sudeste do Brasil de R\$ 222,79 por MWh de energia (ANEEL, 2007).

¹⁵ Adotado o preço médio da tarifa de aproximadamente R\$ 1,52 por m³ de água, de acordo com a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CDAE) – 2008 do Rio de Janeiro.

¹⁶ Adotado o preço do barril do petróleo em 2008 de US\$ 96,94 (Europe Brent, 2008).

¹⁷ Adotado o preço de R\$ 40,00 por tonelada de minério de ferro (Brasil, 2008a).

¹⁸ Adotado o preço de R\$ 90,00 por tonelada de bauxita (Brasil, 2008b).

¹⁹ Adotado o preço de R\$ 110,15 por tonelada de carvão (ANP, 2007).

Referências bibliográficas

ADEODATO FILHO, S. *A arte da reciclagem*. São Paulo: Horizonte, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Tarifas médias por classe de consumo regional e Brasil*. 2007. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifamedia>>. Acesso em: 2 maio 2011.

ANDERSON, W.; BAETZ, B.; HUANG, G. Environment input-output analysis and its application to regional solid-waste management planning. *Journal of Environment Management*, v. 42, p. 63-79, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. 2006. Disponível em: <www.abrelpe.org.br/downloads/Panorama2006.pdf>. Acesso em: 7 jan. /2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: 2004. Disponível em: <<http://www.saac.com.br/pdf/NBR10004-2004>>. ClassificadodeResiduosSolidos.pdf. Acesso em: 7 jan. /2010.

AZEVEDO, G. O. *Por menos lixo: A minimização dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Salvador/Bahia*. 2004. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana) – Faculdade de Engenharia Ambiental e Urbana da Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

BACHARAH, M. *Biproportional matrices and input-output change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1970.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). *Anuário Estatístico Setor Metalúrgico*. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/MME, 2008a.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). *Anuário Estatístico Setor de Transformação de não metálicos*. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/MME, 2008b.

BUSSAB, W.; MORETTIN, P. A. *Estatística Básica*. 4. ed. São Paulo: Atual, 1987.

CALDERONI, S. *Os bilhões perdidos no lixo*. São Paulo: Humanitas Publicações FFLCH/USP, 1997.

CARVALHO, J. T. A. *Análise da apropriação dos excedentes econômicos gerados na etapa de comercialização de materiais recicláveis* – Estudo de caso na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

CHERMONT, L. S.; MOTTA, R. S. Aspectos econômicos da gestão integrada de resíduos sólidos. IPEA - *Texto para Discussão*, nº 416, 1996.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM (CEMPRE). Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 1º nov. 2010.

CZAMANSKI, S.; MALIZIA, E. Applicability and limitations in the use of national input-output tables for regional studies. *Paper Regional Science Association*, n. 23, p. 65-77, 1969.

FREITAS, L. F. S.; DAMASIO, J. Potencial econômico da reciclagem de resíduos sólidos urbanos na Bahia. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 40, n. 2, abr./jun. 2009.

GERI – Grupo de Estudos de Relações Intersectoriais. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Economia. Análise do custo de geração de postos de trabalho na economia urbana para o segmento dos catadores de materiais recicláveis. *Relatório de Pesquisa*, 2005.

GERI – Grupo de Estudos de Relações Intersectoriais. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Economia. Rede Cata Rio. *Relatório de Pesquisa*, 2008a.

GERI – Grupo de Estudos de Relações Intersectoriais. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Economia. Cadeia produtiva da reciclagem e organização de redes de cooperativas de catadores: Oportunidades e elementos críticos para a construção de tecnologia social de combate à pobreza e inclusão social no estado da Bahia. *Relatório de Pesquisa*, 2008b.

IBGE. *Tabelas de Recursos e Usos* – Sistema de Contas Nacionais. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE. *Contas Regionais por Unidade de Federação*. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE. *Pesquisa Industrial Anual* – PIA por Unidade da Federação. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008* – PNSB. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoedevida/pnsb2008>>. Acesso em: 25 maio 2010.

IPEA. Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para a gestão de resíduos sólidos. *Relatório de Pesquisa*. 2010. Disponível em: <<http://www.portalodm.com.br/relatorio-da-pesquisa-pagamento-por-servicos-ambientais-urbanos-para-gestao-de-residuos-solidos--bp--313.html>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

LAHR, M. L.; DIETZENBACHER, E. *Input-output analysis: Frontiers and extensions*. Houndmills: Palgrave, 2001.

LEITE, A. P. V. *Uma metodologia para a construção de matrizes de regionais compatíveis* – O RAS modificado agregado: Uma aplicação para as grandes regiões do Brasil em 2006. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

LEITE, A. P. V.; PEREIRA, R. M. Matriz Insumo-Produto da economia baiana: Uma análise estrutural e subsídios às políticas de planejamento. *Revista Desenharia*, v. 7, p. 99-134, 2010.

NAKUMARA, S. An inter-industry approach to analyzing economics and environment effects of waste. *Ecological Economics*, v. 28, p. 133-145, 1999.

PIMENTEIRA, C. P. *Aspectos socioeconômicos da gestão de resíduos sólidos na cidade do Rio de Janeiro: Uma abordagem insumo produto*. 2002. 168 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

RIBEIRO, L. C. S. *O impacto econômico dos materiais recicláveis das cooperativas de catadores no estado do Rio de Janeiro em 2006: Uma análise de insumo-produto*. 2010. 140 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

RIBEIRO, L. C. S.; LEITE, A. P. V. Estrutura econômica do estado de Sergipe em 2006: Uma contribuição através da matriz de insumo-produto. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 43, n.4, p. 95-117, 2012.

ROUND, J. I. Nonsurvey techniques: A critical review of the theory and the evidence. *International Regional Science Review*, v. 8, n. 3, p. 189-212, 1983.

SHIMAKURA, S. Modelo de fragilidade para eventos recorrentes. In: REUNIÃO DA REGIÃO BRASILEIRA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 50., 2005, Londrina. *Anais...* Londrina: Editora da Uel, 2005.

SILVEIRA, A. H. P. Uma variante do método bi-proporcional para a estimativa de relações inter-setoriais na ausência de dados sobre produção intermediária. In: XXI Encontro Nacional de Economia, 1993. *Anais...* Belo Horizonte: Associação Nacional de Centros de Pós Graduação em Economia, 1993.

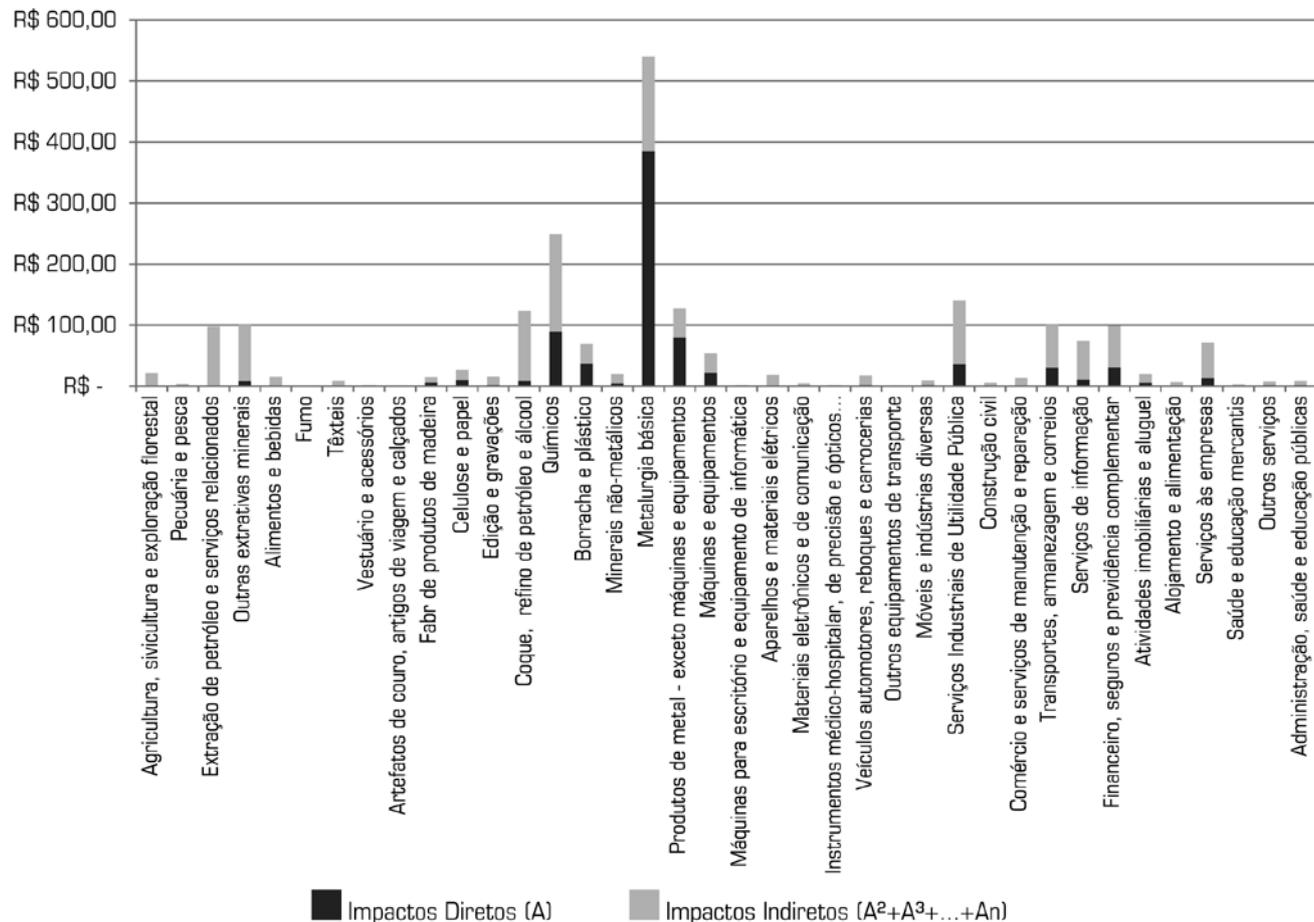
STONE, R. *Input-output and national accounts*. Paris: Organization for European Economic Cooperation (OECD), 1961.

E-mail de contato dos autores:

ribeiro.luzB4@gmail.com
lucioffreitas@yahoo.com.br
juliatac@ig.com.br
damasio@ufba.br

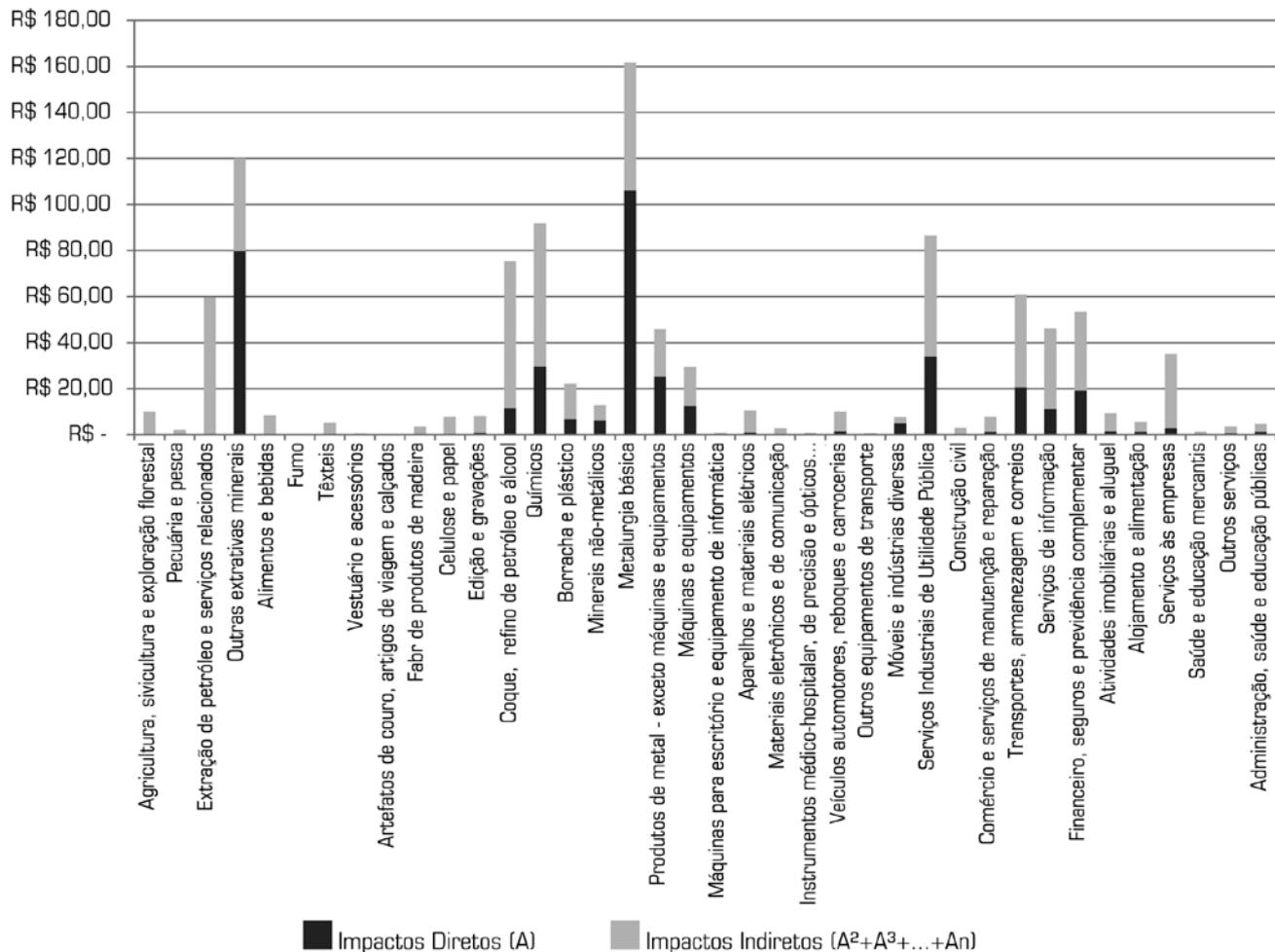
Artigo recebido em outubro de 2011 e
aprovado em novembro de 2012

Gráfico 3_ Impactos para trás da reciclagem do metal sobre os insumos nacionais, por parte das 33 cooperativas dada a variação na produção do setor de Fabricação de Produtos de Metal – Exceto Máquinas e Equipamentos – (valores em R\$ 1.000,00 correntes)



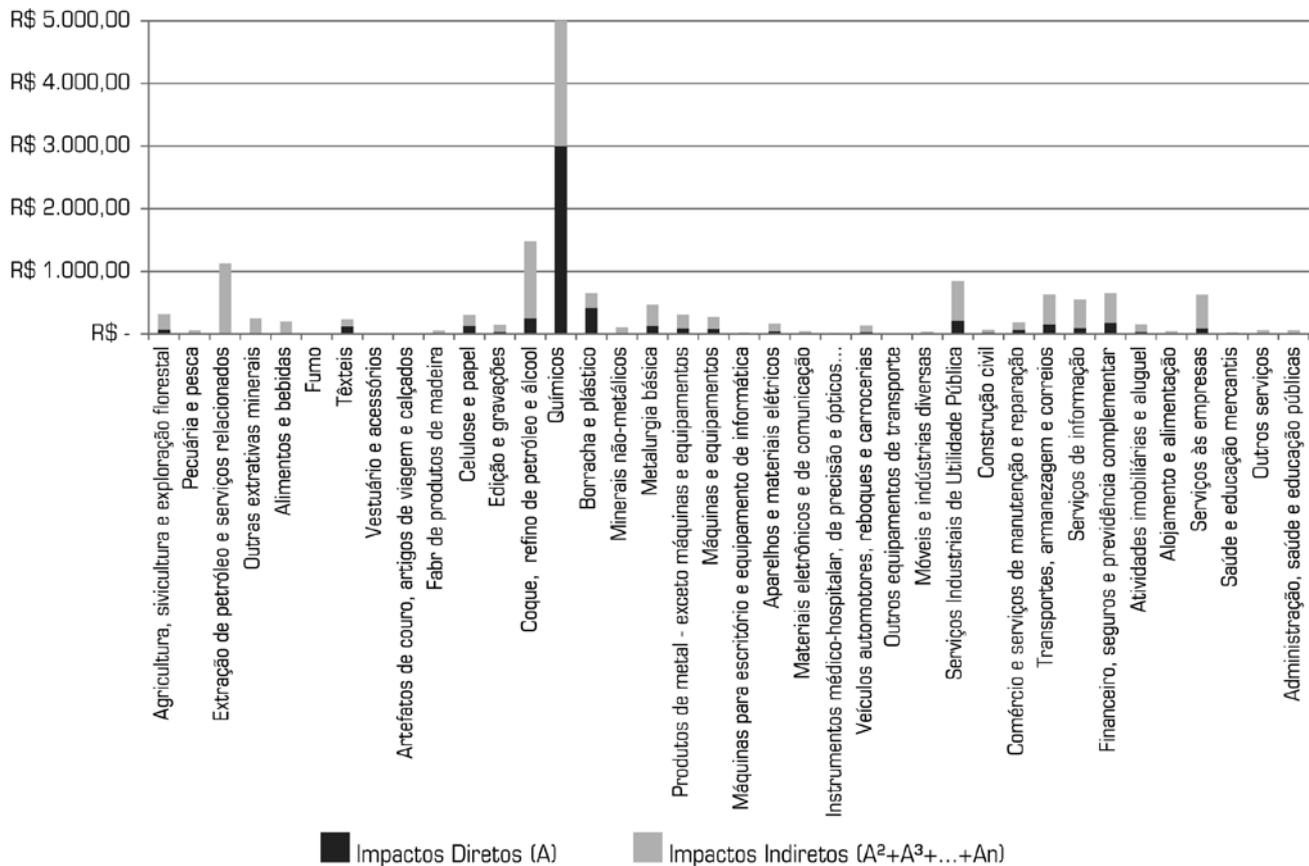
Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 4_ Impactos para trás da reciclagem do alumínio sobre os insumos nacionais, por parte das 33 cooperativas dada a variação na produção do setor de Metalurgia Básica - (valores em R\$ 1.000,00 correntes).



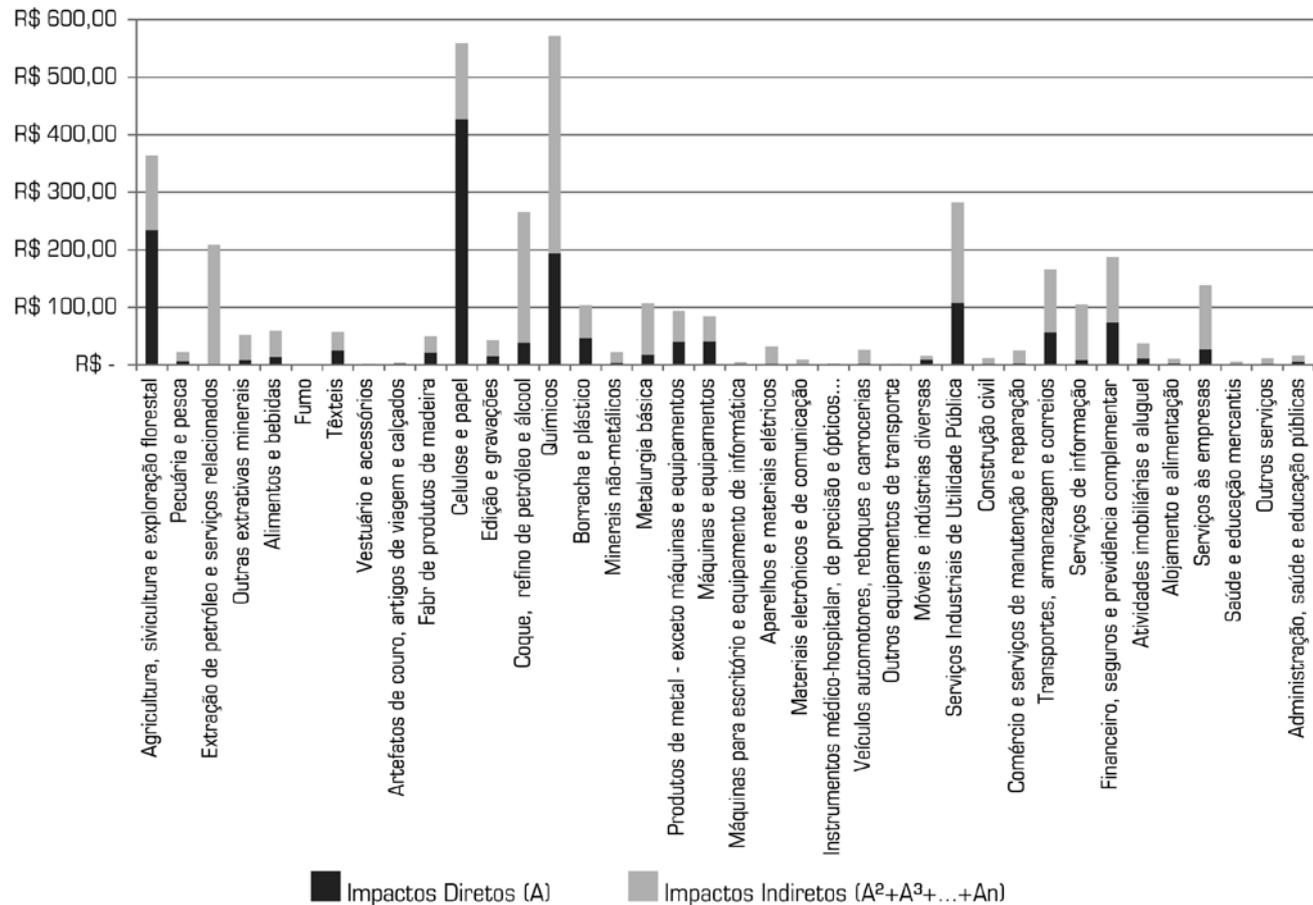
Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 5_ Impactos para trás da reciclagem do plástico sobre os insumos nacionais, por parte das 33 cooperativas dada a variação na produção do setor de Fabricação de Artigos de Borracha e Material Plástico – (valores em R\$ 1.000,00 correntes)



Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 6_Impactos para trás da reciclagem do papel sobre os insumos nacionais, por parte das 33 cooperativas dada a variação na produção do setor de Fabricação de Produtos de Metal – Exceto Máquinas e Equipamentos – (valores em R\$ 1.000,00 correntes)



Fonte: Elaboração dos autores.

Anexo 1 Recursos naturais utilizados na produção de uma tonelada de cada resíduo

Material	Redução da poluição		Água (l)			Energia (Kwh)			Recursos naturais (ton.)			
	Ar	Água	Utilizada	Poupada	%	Utilizada	Poupada	%	Material	Utilizada	Poupada	%
Alumínio	95%	97%				17.600	16.900	96%	bauxita	5,00		100%
Papel	74%	35%	100.000	98.000	98%	4.980	3.510	70%	árvore petróleo (barril)		30 2,5	
Plástico	90%					6.740	5.300	79%	petróleo (barril)		6,3	
Aço	85%	76%	10.000	4.000	40%	6.840	5.060	74%	ferro cal carvão mineral		1,14 0,018 0,155	

Fontes: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas; SBRT - Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas; PUC - Paraná - Educação Ambiental/Benefícios da Reciclagem; WEB-RESOL - curiosidades / ABIVIDRO; AMBIENTEBRASIL - Resíduos Sólidos; ELETROBRAS e IBGE; MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia; ANP - Agência Nacional do Petróleo / Portal Naval - Tabelas de Conversão Petróleo e Gás; EMBRAPA - Cultivo do Eucalipto.

Anexo 2 Unidades totais de catadores - 77 cooperativas

(Continua)

Nome das unidades

1	ACAMJG - Gramacho	40	COOPERNORTE - Sampaio
2	ACMR - Coelho Neto	41	COOPERNORTE - Vila Isabel
3	ASSOC BENEF PADRE NAVARRO	42	COOPERRIO
4	ASSOC ESPERANÇA - Mesquita	43	COOPERSERC - Boa Esperança
5	ASSOCIAÇÃO DO CASTELO	44	COOPERSOCIAL
6	BARRA COOP - Taquara	45	COOPERSOL - Jardim Gramacho
7	BARRA COOP - Vargem Pequena	46	COOPERSUL - Botafogo
8	BARRACOPE- Barra da Tijuca	47	COOPERSUL - Humaitá
9	CCOPERQUITUNGO	48	COOPERTATIVA MÃOS AMIGAS
10	COARE-QM - Queimados	49	COOPERVARGEM - Vargem Grande
11	COOMUB - Mesquita	50	COOPEVAPE - Irajá
12	COOP ALIANÇA - Itaguaí	51	COOPGUANABARA - Bonsucesso
13	COOP BEIJA-FLOR	52	COOPSANTA - Santa Tereza
14	COOP Compromisso Ambiental - Barra	53	COOPTRAMARÉ - Maré

Unidades totais de catadores – 77 cooperativas

(Conclusão)

Nome das unidades

15	COOP EU QUERO LIBERDADE	54	COOTRABOM - Bonsucesso
16	COOP GALEÃO	55	COOTRAMUB - Benfica
17	COOP GERICINÓ	56	COOTRANIT - Eng. Mato - Niterói
18	COOP GUARABU	57	COTRACOM - Campo Grande
19	COOP Projeto ATOS - Santíssimo	58	C.T. Comum. S. Francisco - Niterói
20	COOP RECICLA NILÓPOLIS	59	GAMACOOPEA
21	COOP SÃO VICENTE DE PAULO	60	GRUPO DA CLAUDETE
22	COOP Vale da Safira - Vila Aliança	61	GRUPO DA ELIZABETH
23	COOP Amigos da Natureza - Jacarepaguá	62	GRUPO DE VARGEM PEQUENA
24	COOP FOLHA VERDE - Ilha do Govern	63	LIXÃO DE ITAGUAÍ
25	COOP TUBIACANGA - Ilha do Govern.	64	LIXÃO DE JAPERI
26	COOPAMA	65	LIXÃO DE PARACAMBI
27	COOPAR	66	LIXÃO DE SEROPÉDICA
28	COOPCAL - Complexo do Alemão	67	LIXÃO BONGABA - Magé
29	COOPCARMO - Mesquita	68	O. S. Novo Palmares - Vargem Pequena
30	COOPER CENTRO	69	Proj. Reciclar - COOPERSERC - Olaria
31	COOPER MORRO DO CÉU	70	Projeto Mãos Amigas - Ramos
32	COOPERANGEL	71	Reciclagem VIDA NOVA - Cid. Deus
33	COOPERATIVA DA ROCINHA	72	Reciclagem VIVA A VIDA - SJ Meriti
34	COOPERATIVA MISTA	73	RECICOOP - Nova Iguaçu
35	COOPEREOS - Sepetiba	74	RECOOPERAR
36	COOPEREUROS - Vidigal	75	RIO COOP 2000
37	COOPERGRAMACHO	76	SARAIVA COOP
38	COOPERNORTE - Bonsucesso	77	TRANSFORMANDO
39	COOPERNORTE - Rocha Miranda		

Fonte: Pesquisa direta – dados trabalhados pelo projeto – PANGEA – 2008.