



MODELAGEM DO IMPACTO SOCIOECONÔMICO DO TRATAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA ECONOMIA BRASILEIRA

Octavio Pimenta Reis Neto¹ (octaviopr@fem.unicamp.br)

1 DOUTORANDO DO PROGRAMA INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS DA FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UNIVERSIDADE DE CAMPINAS – UNICAMP

RESUMO

O Brasil está entre as 10 nações que mais geram resíduos sólidos urbanos (RSU) no mundo. A massa de resíduos gerado diariamente foi de pouco mais de 156 mil t, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2009. Na oportunidade o Brasil tinha uma população de 192 milhões de habitantes e um PIB de R\$ 3,1 trilhões (ou USD 1,7 trilhões). Sexta maior economia mundial, o país busca alinhamento com as políticas de desenvolvimento sustentável e tem trabalhado, com relativa baixa eficiência, para implementar políticas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através da Lei 12.305 de 2010, tinha como marco 100% do país coberto por soluções sustentáveis de tratamento de RSU até a data de 02/08/2014. Infelizmente, até a data mencionada mais de 60% dos municípios no país continuam com o manejo inadequado, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) e, o restante, ainda conta com o uso indiscriminado da terra para a destinação dos resíduos. Neste trabalho são apresentados cenários de aproveitamento de resíduos sólidos e, através de um modelo insumo-produto é discutido os impactos sobre a economia e seus setores em 2009, tais como, produto interno bruto (PIB) e empregos.

Palavras chave: resíduos sólidos, insumo-produto, reciclagem.

IMPACT MODELING OF AN INTEGRATED MUNICIPAL WASTE TREATMENT IN BRAZILIAN ECONOMY

ABSTRACT

Brazil is one of the 10 biggest countries, which generates Municipal Solid Waste (MSW) in world. This amount of generation is a little higher than 156k metric tons daily in accordance with Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) in 2009; an official Brazilian research institute. In that opportunity, Brazil had 192 million citizens and a GDP of USD 1.7 trillion. Sixth biggest worldwide economy, the country is working to be in line with sustainable development policies but is unquestionable its low efficiency on Municipal Solid Waste Management (MSWM). National policy of solid waste, well known as PNRS and laid down by the law nr.12.305/2010, had a challenge to cover a 100% of the country with sustainable MSW's solutions until Aug., 2nd/2014. Unfortunately, until now a days, more than 60% of the cities have improper management based o ABRELPE reports; a Brazilian organization which is responsible for public cleaning and residues' data. And for those who have MSWM, the indiscriminate land use is the unique solution. In this article are presented some solid waste recovery scenarios where are shown social and economic impacts through input-output modeling in 2009.

Keywords: solid residues, input-output, recycling.



1. INTRODUÇÃO

Em função do nível de desenvolvimento econômico-social, os países integrantes dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) produzem trabalhos que discutem propostas para as particularidades da gestão do RSU de cada localidade. RUOFEI e SIBEI (2010) discorrem sobre o crescimento populacional acentuado na China e a geração de resíduos sem tratamento adequado. A solução para o problema, assim como a grande maioria dos trabalhos encontrados para os países do bloco em desenvolvimento, segue a propositura da replicação de *cases* europeus, em especial, o modelo dinamarquês de GRSU. Tarefa aparentemente simples, não fosse o fato da Dinamarca ser uma das 6 nações europeias que têm no mínimo 90% dos seus resíduos destinados à conservação e geração de energia através da coleta seletiva para a reciclagem de metais, vidro, papel e plástico, e o tratamento térmico com geração de eletricidade e vapor para calefação. Nestes países desenvolvidos a cultura da consciência da mitigação dos impactos ao meio ambiente pela prática dos 3Rs (Reduzir o consumo, Reutilizar e Reciclar) já está consolidada. Há o entendimento de que lixo é um problema de saúde pública e os governos não poupam investimentos em soluções que não demandam a ocupação de grandes áreas e/ou a utilização massiva do solo. A escassez deste último recurso na Europa certamente dá a medida da urgência da GRSU, na contramão do que se tem nos BRICS.

Tomando como base os dados do *The World Bank* (2012) é possível associar o nível de renda, a geração de RSU e sua composição. Na Tabela 1, países com renda baixa e/ou subdesenvolvidos, em sua grande maioria africanos, são responsáveis não mais que 6% de todo o RSU gerado no mundo. Fato marcante no resíduo gerado é a grande quantidade de orgânicos que nada mais são que restos de alimento. Isso mesmo, o continente onde há mais fome e desnutrição, é o que mais descarta alimentos.

Tabela 1. Geração e composição do RSU no mundo por nível econômico dos países

NÍVEL DE RENDA	PERÍODO	TOTAL (milhões t)	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA						TOTAL
			Orgânicos	Papel	Plástico	Vidro	Metal	Outros	
Baixa	Atual	75	64%	5%	8%	3%	3%	17%	100%
Média		612	57%	11%	11%	4%	3%	14%	100%
Alta		602	28%	31%	11%	7%	6%	17%	100%
Média mundial		1.289	44%	20%	11%	5%	4%	15%	100%

Fonte: *The World Bank* (2012)

Os países de média renda, que experimentam um processo de desenvolvimento e eventual melhor distribuição da mesma, mantêm a cultura do desperdício de alimentos, agravado pela maior geração de resíduos. Tais países, como Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, por exemplo, compõem um grupo responsável por 47% de todo o RSU mundial.

Os países desenvolvidos (EUA, Alemanha, França, Japão, Inglaterra, Suécia entre outros), onde a renda é alta, também apresentam considerável participação mundial com praticamente a mesma quantidade daqueles em desenvolvimento. No entanto, há uma característica cultural marcante: o desperdício de alimentos é consideravelmente baixo. Na Tabela 2, verifica-se que em 13 anos o volume de resíduos se manterá no mesmo nível, indicando que as pessoas nestes países ao menos atingiram uma consciência por um consumo sustentável.



Tabela 2. Geração e composição projetada do RSU no mundo por nível econômico

NÍVEL DE RENDA	PERÍODO	TOTAL (milhões t)	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA						TOTAL
			Orgânicos	Papel	Plástico	Vidro	Metal	Outros	
Baixa	2025	201	62%	6%	9%	3%	3%	17%	100%
Média		1.382	53%	12%	12%	4%	4%	15%	100%
Alta		686	28%	30%	11%	7%	6%	18%	100%
Média mundial		2.269	46%	17%	12%	5%	4%	16%	100%

Fonte: *The World Bank* (2012)

Já os países subdesenvolvidos e em processo de desenvolvimento, mantém a característica do desperdício de alimentos, além de um perturbador fato: sozinhos serão responsáveis pelo aumento de 76% na geração de RSU em 13 anos.

Dado alarmante vem dos países subdesenvolvidos que tratam apenas 5% de seu RSU. No entanto, a solução aterro sanitário é responsável por receber quase 60% deste total; o que mostra que ao menos utilizam a prática de menor impacto ao meio ambiente quando comparado aos lixões.

Países subdesenvolvidos invariavelmente lançam mão do solo para receber seu RSU. E, infelizmente, o uso de lixões é extremamente alta, gerando impactos ao meio ambiente e à saúde das pessoas.

Um exemplo é a tese apresentada por PIPO (2012), que propõe uma GRSU para a cidade de Kostomuksha na Rússia, também considerando o case da cidade de Oulu na Finlândia. Neste trabalho não se verifica a preocupação com a redução no uso do solo. Discute-se a estruturação da coleta seletiva para viabilizar a reciclagem, e o uso de aterros sanitários vem como complementação da prática mais adequada para o tratamento do restante. Não se discute o conteúdo energético de produto descartado, nem a contaminação potencial do solo e do ar pela geração do CH₄ na biodigestão anaeróbica.

2. OBJETIVO

Apresentar, via modelo insumo-produto, que o tratamento integrado de resíduos sólidos no Brasil tem considerável impacto socioeconômico positivo.

3. METODOLOGIA

A fim de mostrar o impacto das diferentes origens de resíduos recicláveis, o trabalho segue considerando 2 (dois) cenários de oferta de insumo, ou sucata reciclada:

- 1) PÓS-CONSUMO FABRIL
- 2) PÓS-CONSUMO RESIDENCIAL

No primeiro será seguida a ponderação de destinação de sucata reciclada pelos 6 setores da economia (Tabela 3), conforme a tabela de USO (U) do Sistema de Contas Nacionais de 2009 (GUILHOTO e IBGE):

Tabela 3. Destino da sucata pós-consumo fabril

SETOR 12	SETOR 23	SETOR 25	SETOR 26	SETOR 27	SETOR 28
Celulose e produtos de papel	Artigos de borracha e plástico	Outros produtos de minerais não-metálicos	Fabricação de aço e derivados	Metalurgia de metais não-ferrosos	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos
14,9%	4,1%	2,1%	57,3%	15,0%	6,5%

Na segunda, o autor lança mão de informação sobre gravimetria média do RSU e de valores de mercado para reciclados (Tabela 4) a fim de avaliar como a oferta em grande escala de pós



consumo recicláveis poderiam impactar a economia mantendo a relação de suprimento já estabelecida no Cenário 1:

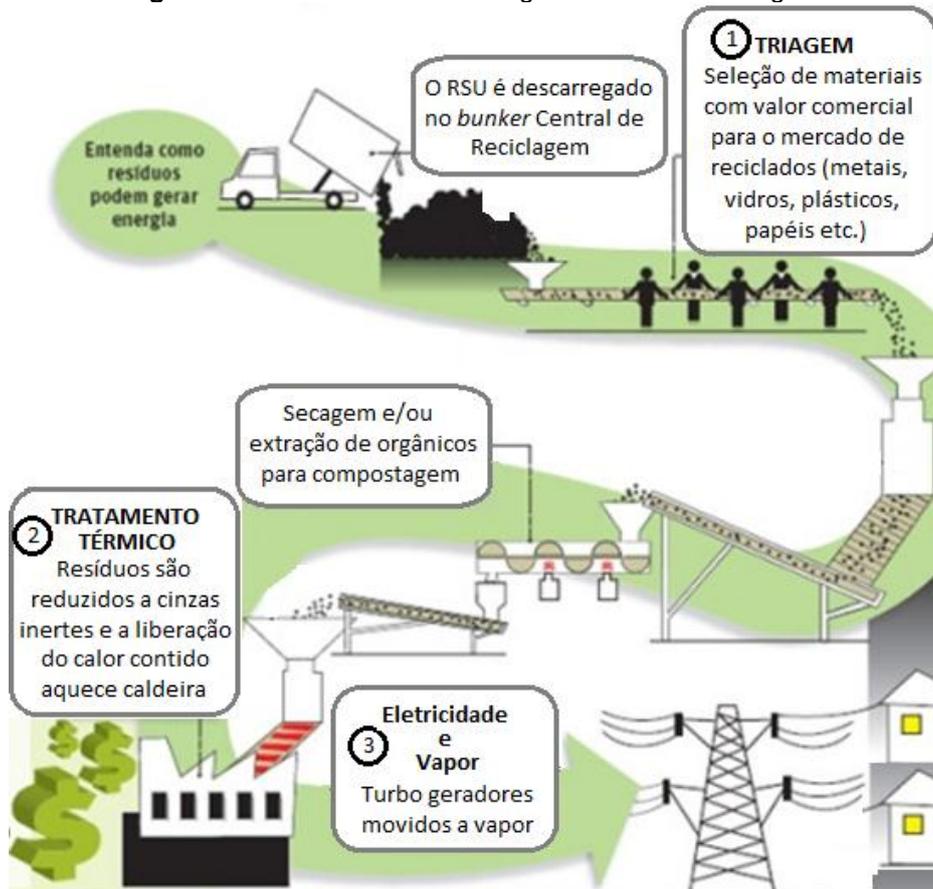
Tabela 4: Destino da sucata pós-consumo residencial

SETOR 12	SETOR 23	SETOR 25	SETOR 26	SETOR 27	SETOR 28
Celulose e produtos de papel	Artigos de borracha e plástico	Outros produtos de minerais não-metálicos	Fabricação de aço e derivados	Metalurgia de metais não-ferrosos	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos
7,5%	66,6%	1,3%	0,0%	24,5%	0,0%

Importante notar que os setores 26 e 28 passam a não contar com a sucata oriunda do RSU, pois ao contrário da origem fabril do Cenário 1, é raro encontrar na composição do pós-consumo residencial sucata de aço e/ou derivados, pois essa já há muito tempo foi substituída pelo alumínio (metal não-ferroso).

No Cenário 2, a título de ilustração, ocorre projetando-se um cenário de existência de unidades fabris, ou Centrais de Reciclagem (Figura 1), distribuídas ao longo do território nacional, aproveitando o serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU), porém, substituindo os atuais lixões ou aterros sanitários. Nestas centrais, o RSU é tido como insumo numa linha de seleção para aproveitamento de matérias-primas pós-consumo, e o restante, de aproveitamento inviável, seria convertido em calor para a geração de energia.

Figura 1. Modelo fabril de reciclagem de resíduos integrado

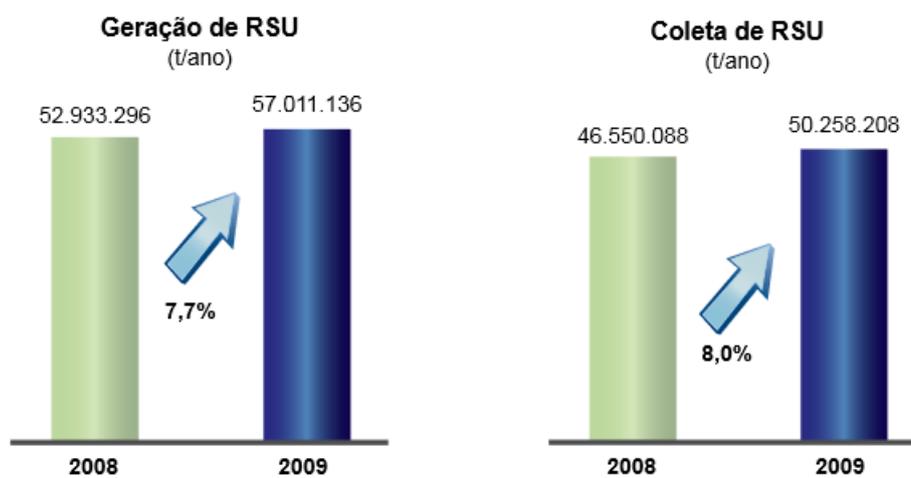




Uma vez mais importante ressaltar o caráter fabril do tratamento dos resíduos, com empregos formais, o lixo como input, os reciclados e a eletricidade como output para as cadeias produtivas da economia.

O cenário temporal escolhido foi o de 2009 para o panorama dos resíduos e o status da economia. Neste ano, do total dos resíduos domiciliares gerados (57 milhões t), cerca de 88% (50 milhões t) foram coletados e destinados aos lixões e aterros sanitários (Figura 2.).

Figura 2. Evolução da Geração e Coleta de RSU no Brasil



Fonte: ABRELPE (2009)

Segundo a ABRELPE, a composição média deste RSU é em grande parte passível de reciclagem após uma operação de triagem manual, inclusive a porção úmida, ou orgânica, para posterior comercialização a preços de mercado da época.

A porção residual, com teor de úmidos reduzido e PCI elevado em função da presença de plásticos e papéis comercialmente inviáveis de reciclagem, poderiam ser reduzidos termicamente gerando calor para turbo-geradores de eletricidade (Tabela 5).

Tabela 5. Composição RSU e Valores de Mercado para Reciclados em 2009

MATERIAL	GRAVIMETRIA MÉDIA	COMPOSIÇÃO TRIAGEM	PREÇO BASE	
Metal	2,90%	2,90%	2800	R\$/t
Papel	13,10%	8,30%	300	R\$/t
Plástico	13,50%	7,60%	2900	R\$/t
Vidro	2,40%	2,40%	180	R\$/t
Composto orgânico	51,40%	42,60%	100	R\$/t
Outros	16,70%	1,70%	6	R\$/t
Eletricidade	-	34,50%	258	R\$/t
Tratamento RSU	-	-	80	R\$/t

Em linhas gerais, em 2009 o potencial em valor para o Reciclagem seria de R\$ 16,6 bilhões, sendo 66,6% das receitas oriundas da venda de Plásticos, 24,5% de Metais (em especial o alumínio), 7,5% de Papéis e 1,3% de Vidros. Se considerada a capacidade de geração de Eletricidade (R\$ 4,5 bilhões) e o Composto Orgânico (R\$ 2,1 bilhões) possível de ser utilizado pelo setor de produção de Adubos e Fertilizantes, essa receita seria incrementada em R\$ 6,6 bilhões anuais.



A partir dos dados das tabelas de Uso e Produção com 56 setores e 110 produtos do Sistema de Contas Nacionais do IBGE para o ano de 2009, onde se encontra o setor de Sucatas, foi criado um modelo dinâmico para impacto sobre a oferta de Sucatas Recicláveis a partir das tabelas de Produção (V) e Consumo (U) a preços básicos. Verificou-se que o setor de Sucatas produziu R\$ 1,6 bilhões de Sucatas Recicláveis que serviram de insumos para os setores de Fabricação de Aços e Derivados (57,3%), Metalurgia de Metais Não-Ferrosos (15%), Celulose e Produtos de Papel (14,9%), Produtos de Metais exclusive Máquinas e Equipamentos (6,5%), Artigos de Borracha e Plásticos (4,1%) e Outros Produtos de Minerais Não-Metálicos (2,1%).

Assim, o modelo dinâmico foi construído respeitando a condição de equilíbrio de mercado (Produção = Demanda), bem como, os respectivos coeficientes técnicos de Produção e Consumo de produtos por cada setor.

A partir da tabela de USO (U), tem-se:

$$\sum X_{i,j} + E_{i,j} = Q_i$$

Onde: $X_{i,j}$ = Valor consumido do produto i pelo setor j

$E_{i,j}$ = Demanda final pelo produto i pelo setor j

Q_i = Valor total, ou demanda total, do produto i

Podendo também ser escrita a partir do coeficiente técnico de cada setor como segue:

$$\sum B_{i,j} \cdot X_j + E_{i,j} = Q_i \quad (I)$$

Onde: $B_{i,j} = X_{i,j}/X_j$ (Coeficiente técnico de USO do produto i pelo o setor j)

Já para a tabela de PRODUÇÃO (V), segue:

$$\sum Q_{i,j} = X_i$$

E igualmente escrita usando o coeficiente técnico:

$$\sum D_{i,j} \cdot Q_j = X_i \quad (II)$$

Considerando o equilíbrio da economia (DEMANDA = OFERTA), o modelo se baseia em 2 (duas) igualdades:

$$\sum B_{i,j} \cdot X_j + E_{i,j} - Q_i = 0 \quad (I)$$

$$\sum D_{i,j} \cdot Q_j - X_i = 0 \quad (II)$$

Os dados disponíveis para 2009 apresentam 56 setores com a desagregação de 1 setor adicional oriundo de Móveis e Produtos das Indústrias Diversas (Cód. Atividade 0334) que, originalmente, produz o produto Sucatas Recicladas (Cód. Produto 03342). Desta forma, serão 283 variáveis, a saber: 57 setores, 110 produtos, 110 setores da demanda final e 6 setores onde há composição de produtos “virgens” e reciclados.

Nesta condição o modelo é composto por 109 equações para $B \cdot X + E = Q$, 57 para $X = D \cdot Q$ e outras 6 para a composição “virgem” e reciclados.

Como variáveis ENDÓGENAS serão 172 e EXÓGENAS um total de 111, considerando a oferta de Sucatas Recicladas para o impacto.

Sabendo que:

$$M \text{ (Variáveis ENDÓGENAS)} + N \text{ (Variáveis EXÓGENAS)} = 0$$

$$M \text{ (Variáveis ENDÓGENAS)} = - N \text{ (Variáveis EXÓGENAS)}$$

$$\text{Variáveis ENDÓGENAS} = M^{-1} \cdot [- N \text{ (Variáveis EXÓGENAS)}] \quad (III)$$



A fim de ilustrar o modelamento é apresentado uma economia hipotética com 6 setores produtivos, 1 setor da demanda final e 6 produtos:

Matriz de **PRODUÇÃO (V)**:

V		Minério de ferro	Celulose	Aço	Papel	Produtos reciclados	Outros produtos	X
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Produção de minério de ferro	S1	200	0	0	0	0	0	200
Produção de celulose	S2	0	500	0	0	0	0	500
Produção de aço	S3	0	0	400	0	0	0	400
Produção de papel	S4	0	0	0	700	0	0	700
Reciclagem	S5	0	0	0	0	50	0	50
Resto da economia	S6	0	0	0	0	0	4.000	4.000
Q^T		200	500	400	700	50	4.000	

i. Cálculo dos **COEFICIENTES TÉCNICOS DE PRODUÇÃO (D)**:

D		Minério de ferro	Celulose	Aço	Papel	Produtos reciclados	Outros produtos
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Produção de minério de ferro	S1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Produção de celulose	S2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Produção de aço	S3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
Produção de papel	S4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
Reciclagem	S5	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
Resto da economia	S6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

ii. Matriz de **USOS (U)** -

U		Produção de minério de ferro	Produção de celulose	Produção de aço	Produção de papel	Reciclagem	Resto da economia	Q
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Minério de ferro	P1	0	0	100	0	0	0	100
Celulose	P2	0	0	0	200	0	0	300
Aço	P3	0	0	0	0	0	350	50
Papel	P4	0	0	0	0	0	500	200
Produtos reciclados	P5	0	0	10	30	0	0	10
Outros produtos	P6	100	200	90	170	10	1.000	2.430
VA		100	300	200	300	40	2.150	
X^T		200	500	400	700	50	4.000	

PIBr 3.090
PIBd 3.090



Cálculo dos COEFICIENTES TÉCNICOS DE USO (B):

B		Produção de minério de ferro	Produção de celulose	Produção de aço	Produção de papel	Reciclagem	Resto da economia
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Minério de ferro	P1	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000
Celulose	P2	0,000	0,000	0,000	0,286	0,000	0,000
Aço	P3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,088
Papel	P4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,125
Produtos reciclados	P5	0,000	0,000	0,025	0,043	0,000	0,000
Outros produtos	P6	0,500	0,400	0,225	0,243	0,200	0,250
VA		0,500	0,600	0,500	0,429	0,800	0,538

iv. Composição das equações de USO (B.X + E - Q = 0):

			Produção de minério de ferro	Produção de celulose	Produção de aço	Produção de papel	Reciclagem	Resto da economia														
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Z1,3	Z2,4
Q1	B.X+E=Q	Eq1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Q2	B.X+E=Q	Eq2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Q3	B.X+E=Q	Eq3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,088	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Q4	B.X+E=Q	Eq4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,125	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Q6	B.X+E=Q	Eq5	0,500	0,400	0,225	0,243	0,200	0,250	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0

v. Composição das equações de PRODUÇÃO (X - D.Q = 0):

			Produção de minério de ferro	Produção de celulose	Produção de aço	Produção de papel	Reciclagem	Resto da economia														
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Z1,3	Z2,4
X1	X=D.Q	Eq6	1	0	0	0	0	0	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0
X2	X=D.Q	Eq7	0	1	0	0	0	0	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0
X3	X=D.Q	Eq8	0	0	1	0	0	0	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0
X4	X=D.Q	Eq9	0	0	0	1	0	0	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0
X5	X=D.Q	Eq10	0	0	0	0	1	0	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0
X6	X=D.Q	Eq11	0	0	0	0	0	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0	0	0	0	0	0	0	0

vi. Composição das equações para a composição "virgem" e reciclados:

			Produção de minério de ferro	Produção de celulose	Produção de aço	Produção de papel	Reciclagem	Resto da economia															
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Z1,3	Z2,4	
(Minério+Rec.) p/ aço	Eq12		0	0	0,275	0	0	0	0	0	0	0	-0,250	0	0	0	0	0	0	0,250	0	-1	0
(Celulose+Rec.) p/ papel	Eq13		0	0	0	0,329	0	0	0	0	0	0	-0,750	0	0	0	0	0	0	0,750	0	0	-1

vii. Matrizes de variáveis ENDÓGENAS (M) e EXÓGENAS (N):

M	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Q1	Q2	Q3	Q4	Q6	Z1,3	Z2,4
Eq1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
Eq2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
Eq3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,088	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eq4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,125	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000
Eq5	0,500	0,400	0,225	0,243	0,200	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000
Eq6	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eq7	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eq8	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eq9	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000
Eq10	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eq11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000
Eq12	0,000	0,000	0,275	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000
Eq13	0,000	0,000	0,000	0,329	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000

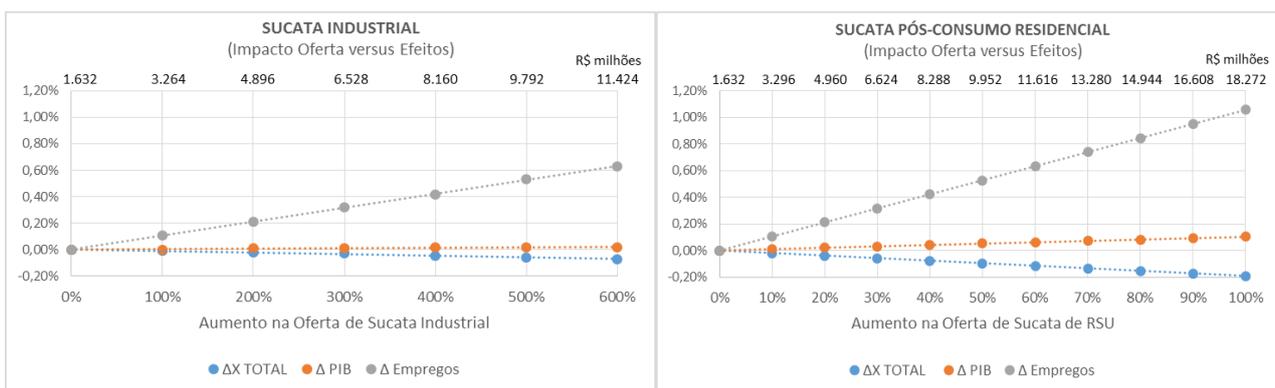


-N	Q5	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Exo	-N.Exo
Eq1	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50	-100
Eq2	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100	-300
Eq3	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	300	-50
Eq4	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	50	-200
Eq5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,000	200	-2.430
Eq6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10	0
Eq7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2.430	0
Eq8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0
Eq9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0
Eq10	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		50
Eq11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0
Eq12	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,250	0,000		10
Eq13	0,750	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,750	0,000		30

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo o Sistema de Contas Nacionais de 2009, o PIB brasileiro foi de R\$ 3,089 trilhões, com a sua produção (X) calculada em R\$ 5,481 trilhões e uma massa de trabalhadores de 96,647 milhões. Considerando o Cenário 1, onde a sucata teria origem industrial, inicialmente há uma oferta de produto no valor de 3 a 4% da produção do setor de origem (Cód. 0334 - Móveis e Produtos das Indústrias Diversas) onde desagregamos o novo setor denominado Sucata. O impacto na oferta de sucata de até 600% (7 vezes maior) praticamente mantendo o valor da produção da economia ($\Delta X = -0,07\%$), do PIB ($\Delta \text{PIB} = 0,02\%$) e aumentando os postos de trabalho em 0,63%, ou ainda, 609 mil novos empregos. Entretanto, como esta magnitude de impacto é pouco plausível de ocorrer na economia, seja no crescimento de um setor, ou ainda, na geração de sucata fabril, o Cenário 2 de oferta de sucata oriunda do RSU é posicionado para comparação. A composição deste resíduo, sua abundância e taxa de crescimento médio anual de 8%, confere ao RSU maior amplitude de efeitos sobre a economia. Como mostrado na Figura 3, o valor da produção cai em qualquer um dos cenários de oferta. No entanto, o PIB no Cenário 2 pode aumentar em 0,10% se considerarmos a oportunidade do tratamento de 100% do RSU brasileiro em 2009. O número de postos de trabalho, por sua vez, pode aumentar em 1,05%, ou ainda, 1,019 milhões de postos adicionais.

Figura 3. Impactos e Efeitos da Oferta de Sucata sobre a Economia em 2009



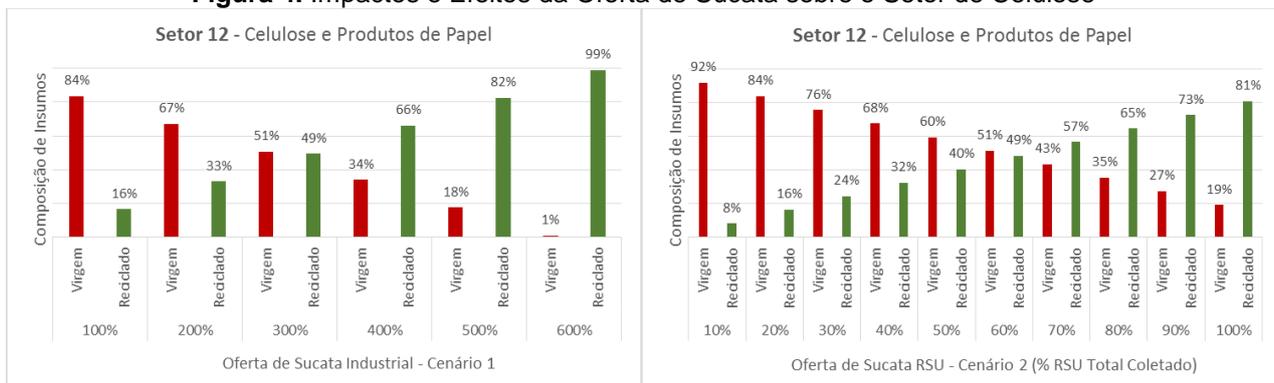
A explicação para este aumento no PIB, mesmo com uma queda no valor da produção (X), se dá pelo aumento na demanda final considerada no modelo a partir da variação de estoque existente em 2009.

Os principais insumos encontrados em meio à sucata são: Papel, Plástico, Vidro, Alumínio, Aço e derivados. Este último presente no Cenário 1, porém, já não mais encontrado no RSU. No Cenário 2 o Alumínio já há muito tempo se consolidou como sucedâneo versátil para embalagens (mais leve, fácil moldagem, resistente à oxidação entre outros).



Considerando que a Sucata de Papel pode deslocar o uso de Celulose “virgem”, pode-se constatar na Figura 4 que no Cenário 1 o equilíbrio entre insumo novo e pós-consumo se daria com um aumento na oferta de sucata de 300%. Já no Cenário 2 de aproveitamento do lixo residencial, se considerado que 60% do que é coletado for tratado, o equilíbrio seria atingido. Se considerado no Cenário 1 o incremento na oferta de sucata de 600%, praticamente não seria mais necessário o uso de Celulose como insumo para papel. No entanto, o Cenário 2 atinge pouco mais de 80% de uso de Sucata de Papel, pois o RSU conta com menor composição deste insumo em função de coleta prévia ao descarte e/ou pela redução de papel em substituição a outros sucedâneos como o plástico, por exemplo.

Figura 4. Impactos e Efeitos da Oferta de Sucata sobre o Setor de Celulose



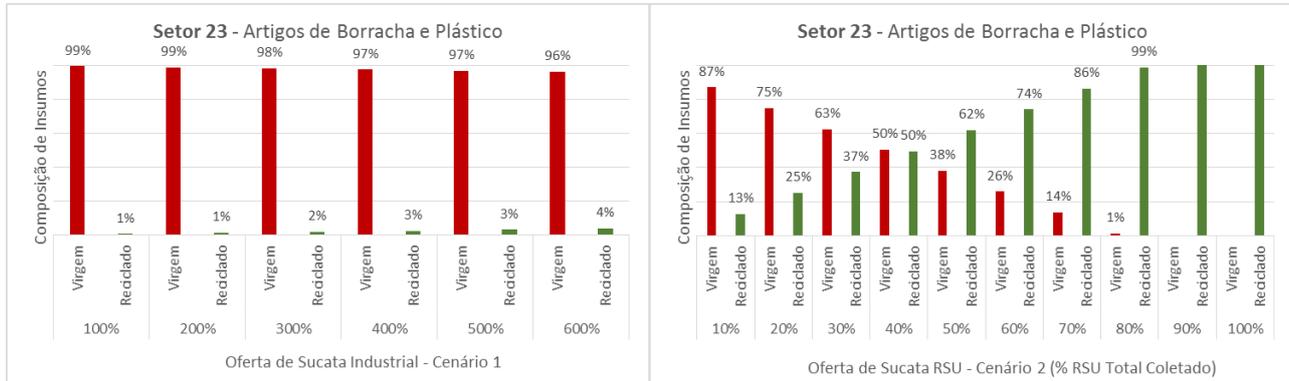
Há uma queda de 1,72% na atividade econômica do setor de Celulose e Produtos de Papel com o consumo de Sucata de Papel vinda da triagem de 50% de todo o RSU brasileiro, como mostrado na Figura 5. No setor de Jornais, Revistas e Discos, à jusante, não se verifica tamanha queda na atividade e, tão pouco no de Agricultura, Silvicultura e Exploração Florestal, à montante. Tal fato provavelmente se dá em função do nível de agregação de outros setores, o que mitiga o efeito da sucata ao longo da cadeia de valor.

Figura 5. Atividade econômica na cadeia de valor do setor de Celulose e Produtos de Papel



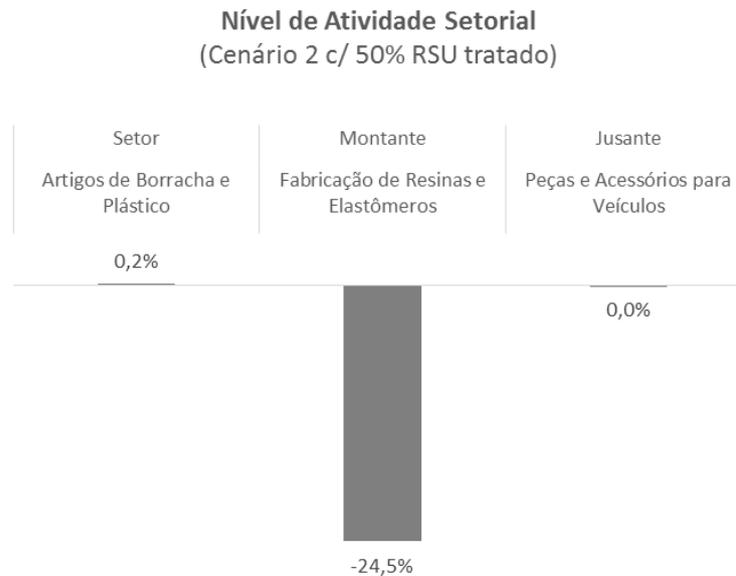
O setor de Artigos de Borracha e Plástico é pouco sensível à oferta de sucata oriunda do pós-consumo fabril do Cenário 1. Entretanto, a presença abundante de plástico no RSU daria ao setor outra opção de fonte de insumo, o que pode ser constatado na Figura 6. Se 40% de todo o RSU brasileiro fosse triado, teríamos um equilíbrio de valor de oferta e demanda por sucata plástica e resina virgem no mercado. Já 80% do tratamento de todo o RSU resultaria em praticamente plástico reciclado no mercado, certamente comprometendo a existência do setor à jusante.

Figura 6. Impactos e Efeitos da Oferta de Sucata sobre o setor de Artigos de Borracha e Plástico



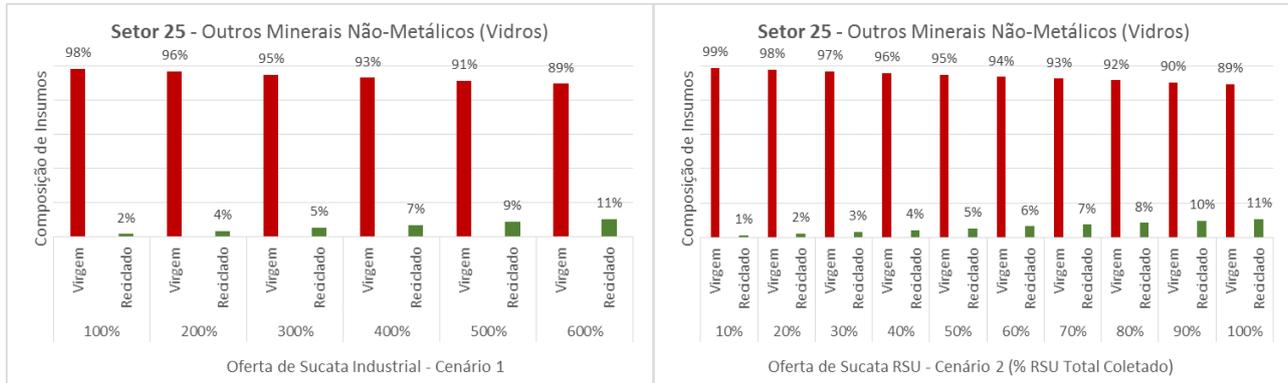
Esta afirmação pode ser observada na Figura 7. Considerando a triagem de 50% de todo o RSU gerado no território nacional, o setor de Fabricação de Resinas e Elastômeros, à montante do setor de Artigos de Borracha e Plástico, apresenta uma queda na atividade econômica de 24,5%. Em termos práticos isso significa uma baixa de 6.514 postos de trabalho e uma redução no PIB petroquímico de R\$ 1 bilhão no ano. Já à jusante, tendo como exemplo o setor de Peças e Acessórios para Veículos, se mantém inalterado com a substituição de plástico virgem por reciclado.

Figura 7. Atividade econômica na cadeia de valor do setor de Artigos de Borracha e Plástico



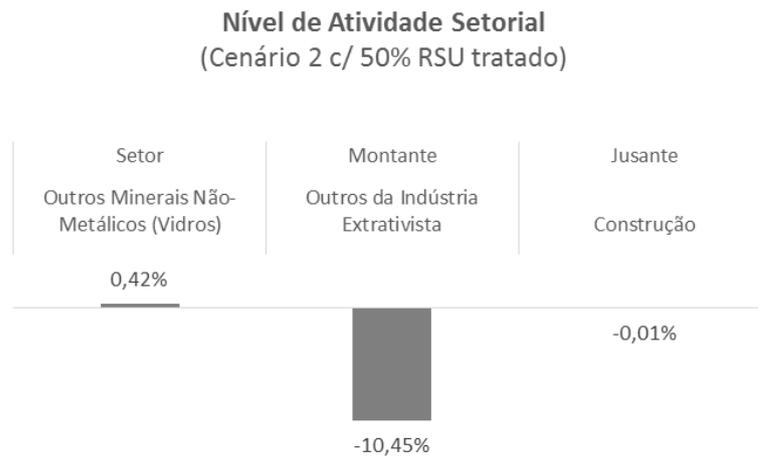
O setor de Outros Minerais Não-Metálicos, identificado como àquele que receberia a Sucata de Vidro, é pouco sensível ao impacto de oferta do insumo em Cenário 1 ou 2, como apresentado na Figura 8. Isso se deve ao fato do Vidro sofrer ataques dos sucedâneos, principalmente os plásticos, e reduzindo sensivelmente seu uso em componentes e/ou embalagens. E, as aplicações que ainda restam são enquadradas num processo de logística reversa (por exemplo, vasilhames retornáveis) e/ou processo de coleta seletiva dedicada.

Figura 8. Impactos e Efeitos da Oferta de Sucata sobre o setor de Outros Minerais Não-Metálicos



Ainda assim, à montante do setor de Outros Minerais Não-Metálicos (Vidros), há uma redução importante na atividade econômica no setor Outros da Indústria Extrativista, apontado na Figura 9. Uma hipótese para tal ocorrência pode ser o nível de agregação deste setor que deve estar sendo afetado pela substituição de outro insumo, como por exemplo, a bauxita, que tem sua utilização mitigada com a introdução da Sucata de Alumínio na economia, a ser analisado em seguida.

Figura 9. Atividade econômica na cadeia de valor do setor de Outros Minerais Não-Metálicos

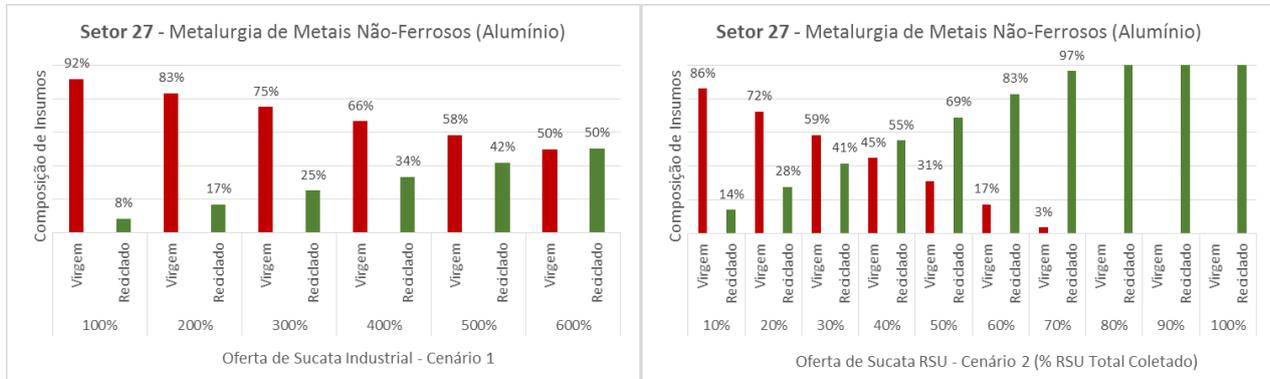


Apesar de muito cobijado pela coleta seletiva no país, ainda há muito Alumínio que segue para os lixões e aterros sanitários. Seu valor alto por unidade de peso faz com que seja praticamente 100% reutilizado no Cenário 1. Em média, somente 4% de todo o Alumínio usado na indústria é sucata para ser reciclada. Assim, mesmo com a hipótese de uma oferta 7 vezes superior à encontrada em 2009, somente 50% do Alumínio virgem seria deslocado pelo reciclado de pós-consumo industrial (Figura 10).

No entanto, no Cenário 2, o Alumínio no RSU é muito abundante e, se 35%, aproximadamente, de todo o RSU fosse triado, já teríamos um equilíbrio de valor entre virgem e reciclado. No extremo, com pouco mais de 70% de todo o RSU coletado, já não seria mais necessário, ou mitigado para aplicações específicas, a extração de bauxita.

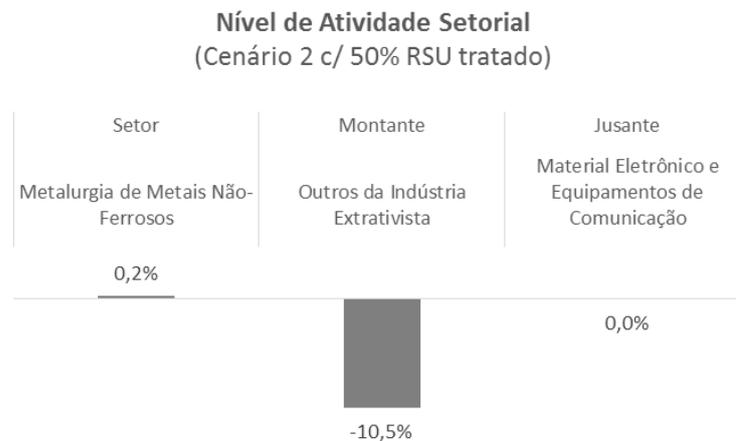


Figura 10. Impactos e Efeitos da Oferta de Sucata sobre o setor de Metalurgia de Metais Não-Ferrosos



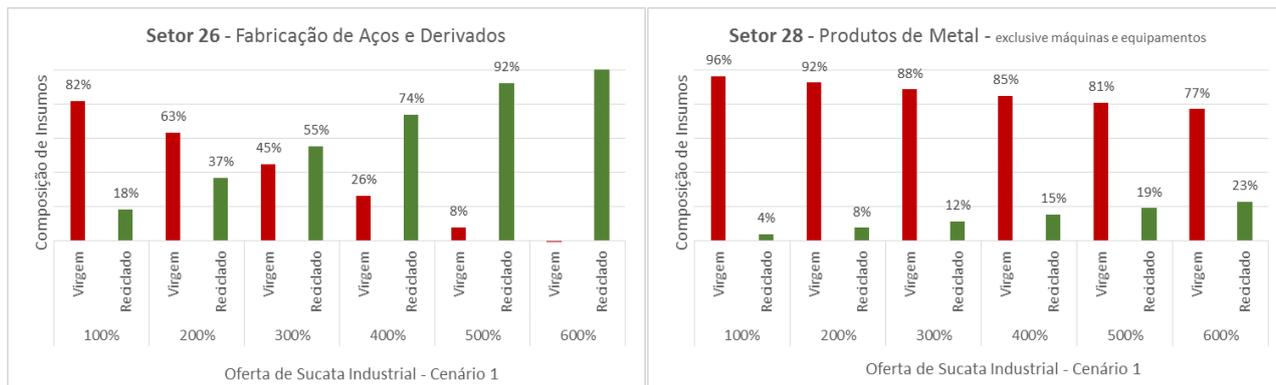
Na Figura 11 pode-se ter uma ideia de como o uso da Sucata de Alumínio impactaria a atividade econômica no setor Outros da Indústria Extrativista, como sendo aquele que usaria a bauxita para a fabricação do Alumínio destinado à metalurgia.

Figura 11. Atividade econômica na cadeia de valor do setor de Metalurgia de Metais Não-Ferrosos



Exclusivamente analisando o Cenário 1, onde há é possível encontrar em meio aos resíduos de pós-consumo industrial Metais Ferrosos, impactando a oferta deste resíduo em 7 vezes o que foi encontrado na economia em 2009, praticamente deixaria o setor de Fabricação de Aços e Derivados praticamente operando com sucata. E, o setor de Produtos de Metal operaria com 23% de sucata em substituição à matéria-prima virgem (Figura 12).

Figura 12. Impactos e Efeitos da Oferta de Sucata de Aço e Derivados



Mesmo não sendo possível a análise no Cenário 2, pois já foi largamente substituído pelo Alumínio e suas ligas, a Sucata de Aço é, sem dúvida, o material mais reciclado no meio fabril, seguido pela Sucata de Papel.

5. CONCLUSÃO

A geração de resíduos é intrínseca aos processos produtivos e de consumo. Emissão ou descarte “zero” é utopia. Uma vez reconhecido esse fato, há que se analisar as cadeias, desenvolver e aplicar práticas que reaproveitem o descarte, poupando energia e insumos naturais.

Com base nas análises de oferta de resíduos industriais (Cenário 1) e residenciais (Cenário 2), fica claro o maior impacto gerado na economia quando dado um tratamento adequado ao RSU, uma vez que há abundância do recurso “lixo” e que a indústria já faz sua parte na busca pela eficiência da relação consumo de insumo e produção de produtos.

É fato que a projeção de um tratamento fabril dado ao RSU traria uma redução considerável na atividade econômica de Setores como o de Fabricação de Resinas e Elastômeros, e o da Indústria Extrativista. Porém, se observada a economia como um todo, fica claro que o Tratamento Integrado do RSU traz benefícios à economia do país. Em 2009, se houvesse o tratamento de 100% de todo o RSU coletado, como pede a Lei nº 12.305/10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o país teria 1,02 milhões de postos de trabalho adicionais, sem comprometimento do valor de seu PIB.

E é importante relevar sobre as perdas de setores diretamente afetados, pois poderiam ser compensadas, caso houvesse uma legislação que imputasse às indústrias de base a responsabilidade pelo tratamento dos resíduos pós-consumo. No estudo toda a diferença de atividade econômica criada na economia foi deslocada para o Setor Sucata, criado para os devidos impactos de oferta de insumo sucata na economia. No entanto, este setor poderia ser claramente substituído por aqueles que ofertam insumos “virgens”, tendo em seu portfólio de produtos a versão reciclada, e todos os resultados oriundos da sua comercialização nas cadeias de valor, compensando eventuais perdas.

Além disso, e como sugestão para complementação do trabalho, o tratamento fabril do RSU praticamente acabaria com o uso do solo a partir de aterros sanitários ou lixões, mitigando as emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa), além de poupar quantidade considerável de energia elétrica ao promover a reciclagem e geração, ainda que pequena, de eletricidade a partir da queima da porção dos resíduos que não têm viabilidade comercial.



REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil- 2009. São Paulo: Abrelpe, 2009.

ANNEPU, R. K. Sustainable Waste Management in India – Columbia University/NY, 2012, Sponsored by Waste to Energy Research and Technology Council (WTERC).

GUILHOTO, J. Sistema de Matrizes Insumo-Produto (1995-2009). Disponível em: <http://www.usp.br/nereus/?fontes=dados-matrizes>.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Disponível em: www.ibge.gov.br/.
IBGE. Sistema de Contas Nacionais 2009. Disponível em: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm.

PIIPO, S. Municipal Solid Waste Management (MSWM) in sparsely populated Northern areas: Developing a MSWM strategy for the city of Kostomuksha, Russian Federation. University of Oulu, 2012.

SANTOS, G. G. D. dos. Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos: O caso da incineração e da disposição em aterros. 01/03/2011 193 f. Mestrado Acadêmico em Planejamento Energético Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio de Janeiro - Biblioteca depositária: PPE-COPPE/UFRJ.

THE WORLD BANK. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Urban Development Series Knowledge Papers. HOORNWEG, D. and BHADA-TAT, P. in March 2012, No.15.