



PERS PR

PLANO ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO PARANÁ

**RELATÓRIO 9.5 – PRODUTO 9.5 – RELATÓRIO CONTENDO OS ESTUDOS
ECONÔMICOS PARA RESÍDUOS SÓLIDOS – SUBSÍDIOS AO
PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DO PERS/PR**

CURITIBA/PR

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Cida Borghetti
Governadora

Antonio Carlos Bonetti
Secretário do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Vinício Costa Bruni
Coordenador de Resíduos Sólidos da SEMA/PR
Coordenador do Comitê Diretor do PERS/PR

CONTRATO DE REPASSE Nº 375.157-11/2011/MMA/CEF



**MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE**

MAIO/2018

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	3
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE QUADROS.....	6
1. Introdução	9
2. Base de Análise para os Estudos Econômicos.....	12
2.1. Fluxos de Coleta de RSU	12
2.2. Custos Estimados com a Coleta de RSU.....	21
2.3. Custos Estimados com a Destinação Final de RSU	25
2.4. Síntese da Base de Análise	36
3. Hipóteses para a Adequação da Disposição Final de RSU.....	43
3.1. Hipótese Ind.: Substituição de Disposições Inadequadas por Aterros Sanitários	44
3.2. Hipótese Conj.: Substituição de Disposições Inadequadas e de Soluções Individuais por Aterros Sanitários de Operação Conjunta	48
3.3. Síntese das Hipóteses Ind. e Conj. de Adequação da Disposição Final de RSU	53
4. Reciclagem: Fluxos, Empregos, Benefícios e Dificuldades	56
4.1. Empresas e Empregos da Cadeia de Recuperação de Materiais	56
4.2. Fluxos e Tipologias de Materiais Recicláveis nos Resíduos Sólidos Urbanos	63
4.3. Fluxos e Tipologias de Materiais Recicláveis nos Resíduos Sólidos Industriais	69
4.4. Recicláveis Totais Oriundos dos RSU e RSI	72
4.5. Estimativa dos Benefícios da Reciclagem	75
4.6. Sobre o Mercado da Recuperação de Materiais: o Paradoxo dos Baixos Níveis de Reciclagem	82
5. Ensaio sobre Aprimoramentos na Gestão de Resíduos	101
5.1. Gestão de RSU pela Não-Geração e Redução da Geração	103
5.2. Melhorias e Alterações na Coleta de RSU.....	113
5.2.1. Universalização da Coleta Regular de RSU no Paraná.....	113
5.2.2. Aumento da Eficiência da Coleta Seletiva de RSU no Paraná	117
5.2.3. Universalização do Programa Câmbio Verde de Curitiba.....	122
5.2.4. Aprimoramento na Comunicação sobre a Reciclabilidade dos Materiais Pós-Consumo	127
5.2.5. Maior Efetividade da Logística Reversa	131
5.2.6. Containerização da Coleta em Áreas Urbanas Adensadas	140
5.3. Melhorias e Alterações na Gestão de Resíduos Orgânicos	154
5.3.1. Aumento do Tratamento da Fração Orgânica de RSU via Compostagem	154
5.3.2. Incentivo à Compostagem In Situ de Resíduos Orgânicos.....	161

5.3.3.	Combate à Perda e Desperdício de Alimentos	168
5.4.	Aplicação de Incentivos Econômicos na Gestão de Resíduos Sólidos	175
5.4.1.	Cobrança da Taxa de Lixo Vinculada ao Volume de Geração	175
5.4.2.	Outros Incentivos Econômicos Não Simulados	183
6.	Referências.....	188

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curvas paramétricas de instalação e operação de um aterro sanitário padrão.	27
Figura 2: Evolução da destinação de RSU na União Europeia (kg/hab./dia).	83
Figura 3: Evolução dos valores de venda de materiais recicláveis por cooperativas e associações (R\$/t).	92
Figura 4: Pirâmide invertida da Gestão de Resíduos Sólidos.....	103
Figura 5: Custos anuais no longo prazo (R\$, milhões) com diferentes hipóteses de geração de resíduos.	108
Figura 6: Evolução da geração per capita de RSU na região Sul do Brasil (kg/hab./dia).	109
Figura 7: Evolução da geração per capita de RSU na região Sudeste do Brasil (kg/hab./dia).	109
Figura 8: Evolução da geração per capita de RSU em países europeus selecionados (kg/hab./dia).....	113
Figura 9: Curvas paramétricas de instalação e operação de unidade-padrão de compostagem de resíduos orgânicos.	148

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Grau de cobertura dos serviços de coleta e volume disponibilizado para coleta	13
Quadro 2: Fração coletada de recicláveis por esquemas formais de coleta seletiva e respectivo volume coletado	15
Quadro 3: Fração de rejeitos produzidos por esquemas formais de triagem e respectivo volume enviado à reciclagem	17
Quadro 4: Volume de resíduos recicláveis coletados de forma autônoma.....	19
Quadro 5: Volume de resíduos recicláveis totais coletados e enviados à reciclagem (líquido de rejeitos) e fração correspondente ao total de RSU gerado	20
Quadro 6: Volume de RSU coletados e enviados à destinação final	21
Quadro 7: Valores dispendidos com coleta regular de RSU por faixa populacional.	21
Quadro 8: Custo anual com a coleta regular de RSU	23
Quadro 9: Valores dispendidos com coleta seletiva de RSU por faixa populacional.	24
Quadro 10: Custo anual com a coleta seletiva de RSU	25
Quadro 11: Amostra de municípios com valores de disposição final de RSU destoantes	33
Quadro 12: Custos anuais com disposição final de RSU (R\$, mil)	34
Quadro 13: Custos anuais com transbordo e transporte de RSU até a destinação final (R\$, mil).....	36
Quadro 14: Base de análise quantitativa para os estudos econômicos em t/ano.	36
Quadro 15: Base de análise de custos para os estudos econômicos (R\$, mil).....	38
Quadro 16: Custos declarados e estimados com a gestão de RSU R\$, mil.	40
Quadro 17: Custos totais atuais e perspectivas com o manejo de RSU (R\$, mil).....	42
Quadro 18: Custos com a substituição das áreas inadequadas por aterros sanitários da Hipótese Ind. (R\$, mil).	46
Quadro 19: Custos de manejo da Hipótese Ind. de adequação da destinação final (R\$, mil).	47
Quadro 20: Custos anuais de destinação final da Hipótese Ind. de adequação da destinação final (R\$, mil).	47
Quadro 21: Critérios para soluções de destinação de resíduos por região da Hipótese Conj.	49
Quadro 22: Custos de manejo da Hipótese Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil).	52
Quadro 23: Custos anuais de destinação final da Hipótese Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil).	53
Quadro 24: Custos anuais de transbordo e transporte da Hipótese Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil).	53
Quadro 25: Custos de manejo atual e em comparação com as Hipóteses Ind. e Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil).	54
Quadro 26: Custos de manejo atual e em comparação com as Hipóteses Ind. e Conj. de adequação da destinação final por cenário e horizonte temporal (R\$, mil).....	55
Quadro 27: Quantidade de estabelecimentos dedicados à recuperação de materiais constantes na base da RAIS/PDET/MT de 2016.	59

Quadro 28: Quantidade de estabelecimentos e empregos do mercado de recuperação de materiais.....	63
Quadro 29: Comparação entre diferentes análises gravimétricas de RSU e o adotado no panorama do PERS/PR.....	65
Quadro 30: Geração, reciclagem e disposição final de resíduos recicláveis urbanos (RSU) na Cena Atual (t/ano).	67
Quadro 31: Fração de resíduos recicláveis na massa dos RSU enviados à disposição final.	68
Quadro 32: Perfil da geração de resíduos recicláveis industriais, segundo amostra CTF/Paraná de 2016.	71
Quadro 33: Estimativa de geração de resíduos recicláveis pela indústria paranaense.	72
Quadro 34: Estimativa de geração de resíduos recicláveis dos RSU e RSI (t).	73
Quadro 35: Quantidade de estabelecimentos e empregos do mercado de recuperação de materiais e relação com o volume de materiais disponibilizados para reciclagem.	74
Quadro 36: Benefícios econômicos da reciclagem (IPEA, 2010).	76
Quadro 37: Benefícios ambientais da reciclagem associados à redução no consumo de energia (IPEA, 2010).....	78
Quadro 38: Benefícios da reciclagem no Paraná, com base em IPEA (2010).	79
Quadro 39: Barreiras ao desenvolvimento da coleta seletiva (Conke, 2015).	94
Quadro 40: Situações-problema identificadas por Jorge (2015) para a cadeia de reciclagem do plástico pós-consumo na Região Metropolitana de Porto Alegre.	95
Quadro 41: Taxa de geração per capita de RSU considerada para os ensaios de não-geração, por faixa populacional.	105
Quadro 42: Volume de RSU que demandam disposição final na situação atual e variação com hipóteses de efetividade de incentivo à não-geração de resíduos (mil toneladas).	106
Quadro 43: Custos totais atuais com o manejo de RSU e variação com hipóteses de efetividade de incentivo à não-geração de resíduos (R\$, mil).....	107
Quadro 44: Resultados da universalização dos serviços de coleta regular de RSU.	116
Quadro 45: Resultados do aumento da eficiência dos serviços de coleta seletiva de RSU.	120
Quadro 46: Resultados nos custos de manejo oriundos do aumento da eficiência dos serviços de coleta seletiva de RSU.	121
Quadro 47: Benefícios do simulado aumento da eficiência da coleta seletiva pela reciclagem no Paraná, com base em IPEA (2010).	122
Quadro 48: Resultados da universalização do programa câmbio verde.	124
Quadro 49: Resultados nos custos de manejo oriundos da universalização do programa câmbio verde como complemento à coleta seletiva.	126
Quadro 50: Benefícios da simulada universalização do programa câmbio verde pela reciclagem no Paraná, com base em IPEA (2010).....	127
Quadro 51: Simulação de melhor segregação de resíduos na fonte, resultando em menor fração de rejeitos produzidos por esquemas formais de triagem.	128
Quadro 52: Resultados nos custos de manejo oriundos da melhor segregação de recicláveis na fonte.	129
Quadro 53: Benefícios do simulado aprimoramento na segregação na fonte de recicláveis, com base em IPEA (2010).	131
Quadro 54: Simulação de maior efetividade da logística reversa.	136
Quadro 55: Resultados nos custos de manejo oriundos da maior efetividade da logística reversa.	137
Quadro 56: Benefícios da simulada efetividade da logística reversa de recicláveis, com base em IPEA (2010).	138

Quadro 57: Volume de resíduos coletados via coleta containerizada em áreas urbanas adensadas.	149
Quadro 58: Volume de resíduos coletados via coleta regular e seletiva porta-a-porta.	149
Quadro 59: Diferença de volumes coletados a partir do estabelecimento de parte da coleta por meio de contêineres em áreas urbanas adensadas.	150
Quadro 60: Resultados nos custos de manejo oriundos da containerização da coleta de RSU em áreas urbanas adensadas.	152
Quadro 61: Benefícios da simulada coleta containerizada em áreas urbanas adensadas, com base em IPEA (2010).	153
Quadro 62: Parâmetros mínimos para a comercialização do composto orgânico.	155
Quadro 63: Estimativa de resíduos orgânicos limpos coletados de forma seletiva e encaminhados para tratamento em unidades de compostagem.	157
Quadro 64: Resultados nos custos de manejo oriundos do estabelecimento de fluxo de coleta seletiva e tratamento via compostagem de resíduos orgânicos.	158
Quadro 65: Estimativa de resíduos orgânicos limpos coletados de forma seletiva e encaminhados para tratamento em unidades de compostagem.	160
Quadro 66: Estimativa de resíduos orgânicos tratados in situ pelo incentivo à compostagem.	165
Quadro 67: Resultados nos custos de manejo oriundos do projeto de incentivo à compostagem in situ de resíduos orgânicos.	166
Quadro 68: Resultados potenciais de maiores percentuais de resíduos orgânicos tratados in situ pela compostagem.	168
Quadro 69: Estimativa grosseira para o desperdício de alimentos no RSU e diferença que poderia ser obtida mediante campanhas de combate ao desperdício.	173
Quadro 70: Resultados nos custos de manejo oriundos do combate ao desperdício de alimentos.	174
Quadro 71: Cobrança realizada e devida pela prestação de serviços de manejo de RSU.	176
Quadro 72: Levantamento de coeficientes de elasticidade-preço da demanda por água como forma de se traçar um hipotético paralelo com a gestão de resíduos.	179
Quadro 73: Estimativa de gestão da geração de resíduos pela adequação da cobrança, Etapa 1: adequação dos valores atuais de cobrança para aqueles incorridos.	181
Quadro 74: Estimativa de gestão da geração de resíduos pela adequação da cobrança, Etapa 2: aumento de 25% na tarifa acima da adequação dos valores atuais de cobrança para aqueles incorridos.	182

1. INTRODUÇÃO

A atual legislação brasileira que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei Federal 12.305/2010 reúne princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão de resíduos sólidos no País.

Dentre os instrumentos da PNRS estão os planos municipais, regionais, estaduais e nacional. A elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos é condição para os Estados terem acesso a recursos da União destinados à gestão de resíduos sólidos ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

O Estado do Paraná estabeleceu sua Política de Resíduos Sólidos no ano de 1999 instituída pela Lei Estadual 12.493, posteriormente alterada pela Lei Estadual 13.039 de 2001. Mesmo estabelecida antes da Política Nacional de Resíduos Sólidos a Política Estadual atende às diretrizes propostas por ela.

Nos anos de 2012 e 2013 o Paraná elaborou o Plano de Regionalização da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos – PRGIRSU/PR e o Plano para a Gestão Integrada e Associada dos Resíduos Sólidos Urbanos – PGIRSU/PR, construídos a partir de recursos do Ministério do Meio Ambiente - MMA e coordenados pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA/PR.

O Plano de Regionalização orienta as intervenções do setor de resíduos sólidos urbanos por meio da regionalização do Estado e a preparação para a implementação de soluções integradas e consorciadas. Além disso, define diretrizes e estratégias para a gestão de resíduos sólidos urbanos no Estado; estabelece vinte (20) regiões para gestão integrada dos resíduos e municípios polo de cada região; define metas, ações e prazos para gestão de resíduos sólidos urbanos; rotas tecnológicas para a gestão regionalizada; e custos de instalação e operação das rotas tecnológicas selecionadas. A partir desse Plano foi criado o Sistema Estadual de Informações sobre Resíduos

Sólidos Urbanos - SEIRSU, sistema a ser alimentado pelos gestores estaduais e municipais com as informações de geração e gestão de resíduos sólidos.

De maneira complementar aos instrumentos de gestão de resíduos sólidos no Paraná, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos - PERS/PR configurará como um instrumento voltado ao olhar estratégico e ao equacionamento das grandes questões relativas à produção, tratamento e destinação dos resíduos sólidos do Estado, com o objetivo de orientar a atuação do governo, das trezentas e noventa e nove (399) municipalidades, assim como do setor privado.

O PERS/PR terá vigência por prazo indeterminado e fornecerá subsídios para um horizonte de atuação de vinte (20) anos; com revisão periódica a cada quatro (04) anos. Todos os trezentos e noventa e nove (399) municípios do Estado do Paraná serão contemplados pelo presente Plano e de acordo com o Termo de Referência - TR, o PERS/PR levará em consideração sete (07) tipologias de resíduos, além da atualização das informações referentes aos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU:

1. Resíduos Sólidos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico - RSan;
2. Resíduos Sólidos Industriais - RSI;
3. Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde - RSS;
4. Resíduos Sólidos da Construção Civil e Demolição - RCC;
5. Resíduos Sólidos Agrossilvopastoris - RSA;
6. Resíduos Sólidos de Serviços de Transportes - RST;
7. Resíduos Sólidos de Mineração - RSM.

Para atender ao exigido no TR, o PERS/PR tem sua elaboração estruturada a partir de quatro (04) metas:

- Meta 1 - Projeto de Mobilização Social e Divulgação;
- Meta 2 - Panorama dos Resíduos Sólidos do Estado;
- Meta 3 - Estudos de Prospeção e Escolha de Cenários de Referência;
- Meta 4 - Diretrizes e Estratégias para implementação do PERS/PR.

O presente documento refere-se ao relatório **R9.5 – Relatório Contendo os Estudos Econômicos para Resíduos Sólidos – Subsídios ao Planejamento Estratégico do PERS/PR**, o qual trata-se de um produto adicional, que compõe a Meta 3 do PERS/PR.

O Produto R9 – Relatório Contendo os Estudos de Prospecção, Apresentação e Escolha de Cenários de Referência apresentou o volume estimado de geração de resíduos sólidos no Estado do Paraná, tanto para a cena atual como para os três (03) recortes temporais futuros que embasam o planejamento. Além disso, traz variações em quatro (04) possíveis estados de mundo futuros (a realidade se enquadrará entre as bandas de variação demonstradas). O Prognóstico do PERS/PR apresenta, ademais, as frações que compõe a totalidade de RSU gerado, segregadas em resíduos recicláveis, resíduos orgânicos e rejeitos.

A partir da rica combinação de dados obtidos, sistematizados e analisados pelo panorama sobre a situação da gestão e da geração de resíduos sólidos no Estado e os estudos prognósticos, torna-se possível desenvolver estudos de cunho econômico para embasar as ações a serem tomadas pelo Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná. Afinal, diversas inferências podem ser realizadas, salientando custos e benefícios de diversos desdobramentos de gestão da coleta, do tratamento e da destinação final de resíduos sólidos urbanos. Nesse sentido, verificou-se a necessidade de elaboração desse produto adicional, a fim de complementar o prognóstico do PERS/PR e de subsidiar o planejamento estratégico do Plano.

2. BASE DE ANÁLISE PARA OS ESTUDOS ECONÔMICOS

A preparação da base de análise para os estudos econômicos se faz necessária por requerer a adoção de certos pressupostos que permitem quantificar os fluxos atuais de resíduos sólidos urbanos, desde sua geração, passando pela coleta, tratamento e chegando até a destinação final. Primeiramente são estabelecidos os fluxos quantitativos dos resíduos para então, nos subitens seguintes, estimarem-se os custos respectivos.

Importante compreender que a base de análise representa o status quo da gestão de resíduos, ou seja, contemplam-se avanços já previsíveis ao longo do tempo sem alterações substanciais na gestão de resíduos. Objetiva-se com isso ter a linha de base contra a qual simulações de alterações de gestão podem ser comparadas.

2.1. Fluxos de Coleta de RSU

Parte-se do volume de RSU que se estima gerar em cada município conforme extensivamente discutido no panorama atual e articulado em cenários no prognóstico. Na cena atual, tem-se a geração estimada de 3,53 milhões de toneladas por ano. Nem todo o resíduo gerado é coletado, uma fração dessa geração, principalmente em municípios pequenos, ainda é descartada no ambiente. Uma primeira base para a análise, assim, é a estimativa dos volumes que são efetivamente disponibilizados para a coleta, para então se investigar as possíveis rotas tomadas.

Nascimento et al. (2015), ao avaliarem a implementação da PNRS (Lei nº 12.305/2010), concluem que a coleta regular de resíduos sólidos urbanos, apesar de ter um alto percentual de abrangência em áreas urbanas, precisa ser aprimorada nas áreas rurais e nos aglomerados subnormais, onde o sistema de coleta convencional não é muito efetivo. A informação levantada no panorama do PERS/PR sobre os graus de cobertura da coleta de resíduos reforça o resultado encontrado pelo Censo

Demográfico de 2010 (IBGE), que identificou que 9,58% dos domicílios do Estado tinham como destino do lixo a opção "outros" em detrimento à "coleta"¹.

O primeiro pressuposto, portanto, é sobre o grau de atendimento da coleta de resíduos, que se estabelece em 75% no mínimo e se incrementa de acordo com o contexto de cada cenário. Essa fração mínima de cobertura é adotada apenas para os municípios que detêm, atualmente, um grau inferior de serviço; para todos os demais, é mantida a fração atual de cobertura. A partir desse pressuposto, calculam-se os volumes de resíduos disponibilizados para a coleta, seja ela exclusivamente do resíduo que segue para destinação final, coleta seletiva, ou ainda seja ela realizada (parcialmente) por coletores autônomos.

Quadro 1: Grau de cobertura dos serviços de coleta e volume disponibilizado para coleta.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Grau de atendimento mínimo da população total (%)	Cena atual	75,0%	75,0%	75,0%	75,0%
	Curto prazo	85,0%	91,0%	93,0%	95,0%
	Médio prazo	94,0%	96,0%	98,0%	99,0%
	Longo prazo	98,0%	99,0%	100%	100%
Volume de RSU disponibilizado para coleta (mil t/ano)	Cena atual	3.321	3.321	3.321	3.321
	Curto prazo	3.499	3.555	3.582	3.705
	Médio prazo	3.631	3.700	3.780	4.049
	Longo prazo	3.669	3.756	3.864	4.254

Fonte: EnvE-Engenio, 2018.

Importante ressaltar que todos os resultados discriminados para cada um dos trezentos e noventa e nove (399) municípios do Estado e para as vinte (20) regiões para gestão consorciada dos resíduos sólidos urbanos estão apostos na planilha que acompanha esse documento.

O segundo pressuposto que se faz necessário é em relação à estimativa da fração de RSU que é coletada via esquemas de coleta seletiva. Segundo Conke (2015), que realizou extensa pesquisa sobre o tema para seu doutoramento, os dados sobre a existência e forma de coleta seletiva são bastante dispersos e inconclusos,

¹ Os dados do Censo apontam para um total de 3.298.578 domicílios, sendo que 316.019 deles responderam "outros" como destino do lixo.

uma vez que bases distintas de dados e fontes se confundem. Segundo o autor, uma comparação de dados sobre coleta seletiva das quatro (04) principais pesquisas nacionais sobre o tema resultou nos seguintes dados para a Região Sul: o IBGE indica seiscentos e sessenta e três (663) municípios que realizam coleta seletiva, sendo que o SNIS indica quatrocentos e cinquenta (450), o CEMPRE duzentos e cinquenta e sete (257) e ainda, a ABRELPE indica novecentos e quarenta e cinco (945).

A pesquisa realizada no âmbito do panorama de RSU pelo presente estudo resultou em rica base de dados que traz, para diversos municípios, o volume coletado por esquemas (a grande maioria porta-a-porta) de coleta exclusiva dos resíduos recicláveis. Mais especificamente, o resultado de treze (13) municípios conhecidos por experiência e por seus detalhados planos de resíduos sólidos, representa conjunto de dados que pode ser ampliado para o restante do Estado. São eles: Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Matinhos, Paranaguá, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais e Toledo. Esses municípios, que juntos representam uma terça parte dos habitantes do Estado, trazem na média ponderada por população, a fração de 4,91% de coleta seletiva sobre o volume total disponibilizado para a coleta.

Como forma de se estimar a fração do RSU que é coletado via esquemas formais de coleta seletiva em todo o Estado, primeiramente se mantiveram as informações próprias daqueles municípios com informações oriundas da pesquisa do PERS/PR. Para os municípios onde se sabe haver coleta seletiva, mas não há referência ao volume por ela apanhado, adotou-se a taxa média ponderada recém comentada, de 4,91%. Sabe-se, pelos dados levantados no panorama, que noventa e oito (98) municípios não contam com nenhum esquema de coleta seletiva; para os cálculos da cena atual, portanto, tais municípios permanecem com 0% de coleta seletiva formal.

Com o desenrolar do tempo, vislumbra-se que haja um incremento nos índices de coleta realizada de forma seletiva. Assim sendo, adotam-se as frações expostas no quadro abaixo para as iniciativas municipais de coleta seletiva, com os seguintes detalhamentos: i) para os municípios que não detêm informação sobre a efetividade da coleta seletiva, mas que se sabe de sua existência, foram adotados os índices de melhora seguindo o quadro abaixo; ii) para os municípios com informações próprias,

adotaram-se as taxas de melhora na fração coletada sobre seu próprio índice atual, de acordo com o quadro abaixo; iii) para os municípios que não detém coleta seletiva na cena atual, no curto prazo é a eles atribuído um índice referente à metade da média ponderada atual (2,46%), com subsequente melhora nos mesmos ritmos que os demais.

Quadro 2: Fração coletada de recicláveis por esquemas formais de coleta seletiva e respectivo volume coletado.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Fração do RSU disponibilizado coletado via esquema formal de coleta seletiva (%)	Cena atual	4,91%	4,91%	4,91%	4,91%
	Curto prazo	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%
	Médio prazo	6,00%	6,50%	7,00%	7,50%
	Longo prazo	7,00%	7,50%	8,00%	8,50%
Volume de RSU coletado via esquemas formais de coleta seletiva (t/ano)	Cena atual	147.636	147.636	147.636	147.636
	Curto prazo	163.921	183.091	201.193	225.402
	Médio prazo	204.009	225.158	247.654	284.203
	Longo prazo	240.436	263.588	289.178	338.289

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Observa-se que, dada as expectativas de desenrolar econômico e social de cada cenário, a fração de recolhimento da coleta seletiva aumenta, mas não ultrapassando os limites do observado atualmente. A sensibilidade para a adoção dos percentuais denotados é reforçada por autores como Conke (2015), Jorge (2015) e Nascimento et al. (2015), que avaliam, direta ou indiretamente, os entraves ao desenvolvimento da coleta seletiva formal.

Importante frisar que os percentuais de coleta seletiva apenas descritos se referem aos esquemas formais, sejam eles realizados pelos poderes públicos municipais na modalidade de execução direta, terceirizada ou ainda de concessão; ou ainda por meio do apoio do setor público para que a coleta seja realizada por associações e cooperativas de catadores. Já quanto ao volume de resíduos coletado via esses esquemas formais de coleta seletiva, tem-se sua estimativa a partir da multiplicação do volume total disponibilizado para a coleta e o percentual desse volume que é apanhado via coleta seletiva.

Outro dado de base que se faz necessário, sequencialmente, é o volume de resíduos efetivamente enviado à reciclagem (ou seja, que não é disposto em aterros sanitários ou vazadouros à céu aberto) oriundo dos fluxos de coleta seletiva e triagem formal. Para tanto, deve-se subtrair do volume coletado os rejeitos, material que foi separado nos domicílios como reciclável e foi coletado por esse esquema de coleta seletiva, porém não é efetivamente enviado à reciclagem.

A produção de rejeitos ocorre devido a vários fatores, dentre os quais destacam-se:

- Contaminação de resíduos recicláveis, a exemplo de uma folha de papel branco com excesso de umidade ou com gordura ou ainda com contaminação por um pote de iogurte não lavado que escorreu por sobre ela;
- Triagem de materiais não recicláveis como sendo recicláveis, caso típico do espelho, das fotografias, dos clipes, dos grampos, dos tecidos e da madeira (em que pese que alguns desses materiais possam ser reutilizados, não são recicláveis pelo conceito *stricto sensu* de retornar como insumo para o processo produtivo);
- Inviabilidade de comercialização de materiais recicláveis, como é o caso típico das embalagens de plástico metalizadas (o "estralador", na linguagem dos triadores);
- Imposições de produtividade de cooperativas ou associações, que por muitas vezes deixam de segregar os resíduos recicláveis de menor porte porque o custo com tal segregação não é compensado pelo valor obtido por sua comercialização *versus* o tempo gasto para tal segregação mais refinada.

De qualquer sorte, se faz necessário adotar como pressuposto uma fração de produção de rejeito para que se estabeleça o volume enviado à reciclagem. De acordo com as consultas realizadas às unidades de triagem nos extensos levantamentos de dados primários do PERS/PR (visitas técnicas à sessenta e seis (66) municípios), compreende-se que a fração de rejeitos se situa na faixa de 30% a 45% do volume

total recebido. A pesquisa CEMPRE (2016), que traz dados médios de 1.055 municípios, apresenta a fração média de rejeitos como sendo de 35%.

Uma vez que o valor indicado por CEMPRE (2016) está alinhado aos resultados do levantamento do PERS/PR, adota-se, para a cena atual, uma produção de rejeito da ordem de 35% sobre o total recebido via fluxos de coleta seletiva. Esse percentual varia de acordo com os cenários prospectivos, uma vez que os distintos estados de mundo embutem níveis diferenciados de consumo e também de capacidade de mobilização do setor público para a realização de campanhas de orientação quanto às corretas formas de segregação dos resíduos.

Quadro 3: Fração de rejeitos produzidos por esquemas formais de triagem e respectivo volume enviado à reciclagem.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Fração de rejeitos produzidos a partir da coleta seletiva formal (%)	Cena atual	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%
	Curto prazo	35,0%	35,0%	33,0%	32,0%
	Médio prazo	35,0%	34,0%	31,0%	30,0%
	Longo prazo	35,0%	33,0%	29,0%	28,0%
Volume de RSU enviado à reciclagem oriundo de esquemas formais de coleta seletiva (t/ano)	Cena atual	95.964	95.964	95.964	95.964
	Curto prazo	106.549	119.009	134.799	153.273
	Médio prazo	132.606	148.604	170.881	198.942
	Longo prazo	156.283	176.604	205.316	243.568

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

Há de se realizar uma última e importante consideração quanto à quantidade de RSU que é efetivamente enviada à reciclagem: tem-se notável volume de resíduos recicláveis que é recolhido diretamente por coletores autônomos, seja por meio de carrinhos à tração animal ou humana, bicicletas adaptadas, diretamente em sacos, ou mesmo fazendo uso de caminhonetes, vans, furgões e caminhões adaptados para acondicionar (por vezes de forma precária) o grande volume de recicláveis coletados (afinal, o resíduo reciclável, se bem segregado, detém um baixo peso específico, porém um grande volume).

Além desses coletores informais, há também um importante fluxo de coleta seletiva que é realizada por associações ou cooperativas diretamente em grandes lojas de varejo, ruas com muito fluxo comercial, *shoppings centers* e até em pequenas e

médias indústrias. Esse fluxo de coleta é caracterizado como informal por independender dos esquemas de coleta do setor público local, muito embora grande parte das associações e cooperativas que o realizam, o faça com caminhões baú financiados pelo setor público via editais de fomento e outros meios de apoio aos catadores de materiais recicláveis (vide atuação do Instituto das Águas do Paraná, descrita no relatório do panorama dos resíduos sólidos).

Segundo Conke (2015), verifica-se uma tendência para os programas de coleta seletiva de formarem grupos de triadores de recicláveis cada vez mais especializados em um determinado material. O autor cita que as cooperativas conveniadas com a prefeitura de Curitiba, uma (01) das duas (02) cidades investigadas por meio de extenso levantamento primário de dados, realizam um recolhimento efetivo de materiais em empresas e instituições públicas parceiras, contando com horários e métodos acordados. Esse tipo de acordo particular diminuiu a quantidade de catadores cooperativados que saem as ruas a esmo para recolhimento dos resíduos, tarefa que continua sendo realizada pelos catadores independentes.

Se estimar o grau de eficiência da coleta seletiva já é um desafio que demanda a simplificação da adoção de um parâmetro médio para todo o Estado, estimar o volume coletado informalmente é ainda maior. Tendo-se como base a quantidade de coletores autônomos atuando em determinados municípios da RMC, e estimando-se ainda a produtividade média de um catador com carrinho à tração manual de cem (100) quilos por viagem e cerca de duas (02) viagens por dia em termos de capacidade produtiva, pode-se estimar a quantidade coletada por esse fluxo de coleta. A proporção de volume coletado informalmente supera, em muito, o fluxo de resíduos coletados via esquemas formais de coleta seletiva, na proporção de três (03) para um (01).

Pode-se contar, ainda, que essa atuação informal não gera rejeitos, uma vez que a triagem se dá (não sem seus problemas, claro) *in loco* ou ainda em residências ou locais (geralmente inapropriados) onde o rejeito é devolvido ao ciclo da coleta domiciliar dos RSU que são enviados diretamente ao aterro sanitário. Para a fração desse fluxo de recolhimento que é coletada diretamente em empresas, indústrias e comércios por associações e cooperativas, também pode-se assumir como sendo zero a produção de rejeito, haja vista a triagem que é realizada por tais instituições que

colaboram com os trabalhadores do setor da reciclagem e diversas vezes deles demandam certificados de destinação.

A estimativa de volume coletado informalmente é satisfatória para regiões adensadas, onde há uma grande quantidade de intermediários que compram diretamente dos coletores autônomos o resíduo por eles coletado. Já para municípios de menor porte, pode-se supor que esse fluxo de coleta seja menos intenso. Adotou-se, assim, os seguintes pressupostos: para municípios com até 15.000 habitantes, a coleta autônoma representa 20% da coleta formal; para municípios de até 50.000 habitantes, essa razão sobe para 40%; já para municípios com populações entre 50.000 e 100.000, tem-se 60%; razão essa que sobe para 70% no caso de municípios entre 100.000 e 200.000 habitantes; subindo, finalmente, para a razão de 75% para municípios maiores. Esses percentuais se mantêm constantes nos cenários e nos horizontes temporais, dada a imprecisão de se estimar seu comportamento de forma razoável.

Quadro 4: Volume de resíduos recicláveis coletados de forma autônoma.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Volume de RSU recicláveis coletados de forma autônoma (esquemas informais de coleta seletiva) (t/ano)	Cena atual	208.717	208.717	208.717	208.717
	Curto prazo	223.699	247.797	279.781	316.778
	Médio prazo	274.785	306.810	351.370	407.845
	Longo prazo	321.665	362.754	420.837	498.471

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Finalmente, após terem sido adotados os racionais apenas descritos, pode-se somar as duas (02) frações do RSU disponibilizado para a coleta que é enviado à reciclagem por meio tanto de esquemas formais de coleta e triagem como de coletores autônomos. Esse é o volume do RSU gerado que efetivamente deixa de ser enviado para a destinação final; tem-se a base para o cálculo de benefícios econômicos e sociais da reciclagem, bem como parâmetros que podem embasar ações do PERS/PR quanto ao incremento dessa fração e desenvolvimento do mercado de reaproveitamento de resíduos, caminhando rumo à almejada economia circular.

Quadro 5: Volume de resíduos recicláveis totais coletados e enviados à reciclagem (líquido de rejeitos) e fração correspondente ao total de RSU gerado.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Volume de RSU recicláveis efetivamente enviados à reciclagem (t/ano)	Cena atual	304.681	304.681	304.681	304.681
	Curto prazo	330.247	366.807	414.580	470.051
	Médio prazo	407.391	455.415	522.251	606.788
	Longo prazo	477.948	539.358	626.153	742.039
Fração de RSU recicláveis efetivamente enviados à reciclagem em relação ao total gerado (%)	Cena atual	8,63%	8,63%	8,63%	8,63%
	Curto prazo	9,03%	10,00%	11,28%	12,44%
	Médio prazo	10,97%	12,11%	13,69%	14,91%
	Longo prazo	12,91%	14,29%	16,20%	17,45%

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Observa-se que é de 8,63% a fração de resíduos recicláveis efetivamente enviada à reciclagem. Essa estimativa considera os volumes de RSU gerados, disponibilizados para a coleta, coletados (formal e informalmente) e efetivamente enviados à reciclagem para cada um dos trezentos e noventa e nove (399) municípios do Estado do Paraná, tendo como base tanto os dados levantados e sistematizados pelo panorama, como os pressupostos ora adotados. Embora se trate de uma estimativa, torna-se claro o espaço para melhoria, haja vista a composição dos resíduos recicláveis ser, na média, de um terço do RSU gerado.

A subtração do volume estimado de resíduos recicláveis efetivamente encaminhados à reciclagem do total de RSU disponibilizado para a coleta (reforçando que esse volume é menor do que o total de RSU gerado devido aos graus inferiores a 100% de cobertura dos serviços de coleta) produz o volume de RSU que é enviado à destinação final pelas municipalidades do Estado do Paraná.

O Quadro 6 traz esse quantitativo, tanto na cena atual como no desenrolar dos quatro (04) cenários prospectivos ao longo dos três (03) horizontes temporais. Nota-se que mesmo com a expectativa de se desviar 17,45% dos RSU disponibilizados para a coleta no longo prazo do cenário Aceleração, ainda há um incremento líquido de 496.000 toneladas, oriundo da expectativa de aumento populacional, devidamente explanada no prognóstico. Na hipótese mais branda de geração de resíduos,

demonstrada pela realização do cenário Estagnação, tem-se já no curto prazo um aumento projetado de 153.000 toneladas para o Estado do Paraná.

Quadro 6: Volume de RSU coletados e enviados à destinação final.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Volume de RSU coletado e enviado à destinação final (mil t/ano)	Cena atual	3.016	3.016	3.016	3.016
	Curto prazo	3.169	3.188	3.167	3.235
	Médio prazo	3.224	3.245	3.258	3.442
	Longo prazo	3.192	3.216	3.238	3.512

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

2.2. Custos Estimados com a Coleta de RSU

Uma vez estabelecidos os fluxos de resíduos sólidos urbanos coletados, município a município, conforme item anterior, pode-se estimar os custos associados. Uma das referências obtidas na elaboração do PERS/PR quanto aos custos de coleta regular de resíduos (ou seja, daqueles que são encaminhados diretamente à destinação final) é aquela obtida pela aplicação de questionário e visita técnica. Nesse levantamento de dados primários, cinquenta e cinco (55) municípios apresentaram informações válidas quanto à esse custo, que em média resulta em R\$ 147,91 por tonelada. Há uma certa variação de acordo com o porte do município, como se pode observar no Quadro 7, a seguir.

Quadro 7: Valores dispendidos com coleta regular de RSU por faixa populacional.

Porte Populacional	Tamanho da Amostra ²	Volume Anual Coletado (t)	Custo Anual de Coleta Regular (R\$, mil)	Custo da Coleta Regular (R\$/t)
até 15.000 habitantes	23	37.067	4.538,87	122,45
de 15.001 a 50.000 habitantes	17	85.027	11.846,81	139,33
de 50.001 a 100.000 habitantes	07	123.174	19.225,98	156,09
de 100.001 a 200.000 habitantes	04	132.033	17.699,87	134,06

² Dentre os cinquenta e cinco (55) municípios respondentes ao questionário PERS/PR com respostas válidas quanto aos custos anuais com coleta regular de resíduos sólidos urbanos.

Porte Populacional	Tamanho da Amostra ²	Volume Anual Coletado (t)	Custo Anual de Coleta Regular (R\$, mil)	Custo da Coleta Regular (R\$/t)
de 200.001 a 500.000 habitantes	03	257.210	43.567,09	169,38
de 500.001 a 1.000.000 habitantes	01	126.300	15.656,51	123,96
Média Geral	55	760.810	112.535,12	147,91

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Como forma de balizar os valores encontrados, toma-se a referência trazida por IPEA (2012). Nesse estudo, tem-se os seguintes custos com a coleta regular de RSU: R\$ 39,06/t para municípios de até 100.000 habitantes; R\$ 67,37/t para municípios entre 100.000 e um (01) milhão de habitantes; e R\$ 90,82/t para municípios com população superior à um (01) milhão. Esses valores têm como base o ano de 2008, que, se trazidos a valores atuais pelo IPCA/IBGE, configuram respectivamente: R\$ 69,60/t; R\$ 120,04/t; e R\$ 161,82/t. Os valores trazidos por IPEA (2012) apresentam-se na mesma ordem de grandeza daqueles obtidos pelo levantamento primário de dados para o PERS/PR, salvo pela faixa de até 100.000 habitantes do IPEA. Nessa faixa, o valor atualizado de R\$ 69,60/t não encontra aderência, sendo que apenas seis (06) dos cinquenta e cinco (55) municípios da amostra indicaram praticar valores inferiores à R\$ 70/t.

A associação Compromisso Empresarial para Reciclagem realiza bianualmente pesquisa abrangente sobre a coleta seletiva no Brasil. Os resultados mais recentes, referentes à pesquisa de 2016, trazem como sendo de R\$ 95,00 o valor médio da coleta regular de resíduos urbanos por tonelada (CEMPRE, 2016). O valor é significativamente mais baixo do que os resultados da pesquisa do PERS/PR. Compreende-se ser o valor utilizado pela CEMPRE como um balizador apenas, haja visto que nos relatórios de pesquisa referentes aos anos de 2012 e de 2014, esse valor permaneceu inalterado (em R\$ 95,00 por tonelada).

Para fins de estimativa do custo anual com coleta regular de RSU, adotou-se assim os seguintes pressupostos: i) para os cinquenta e cinco (55) municípios com respostas válidas sobre esses custos no questionário do PERS/PR, foi mantido o valor individual reportado; ii) para os demais municípios, adotou-se o valor do Quadro 11, respeitando-se as faixas de porte municipal. Ademais, multiplicou-se os custos por

tonelada pelo quantitativo estimado de resíduos coletados de forma regular por cada município. Reforça-se que se trata do fluxo de RSU gerado, líquido da fração que não é coletada e também deduzido das frações coletadas via esquemas de coleta seletiva, formal e informal, conforme apresentou-se no item anterior.

Quadro 8: Custo anual com a coleta regular de RSU.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Custo anual com a coleta regular de RSU (R\$, mil)	Cena atual	422.071	422.071	422.071	422.071
	Curto prazo	443.326	445.942	442.927	452.276
	Médio prazo	450.942	453.785	455.527	481.459
	Longo prazo	446.305	449.762	452.979	491.202

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Os resultados apostos no Quadro 8 acima são referentes à soma dos resultados dos trezentos e noventa e nove (399) municípios paranaenses, sendo que as sínteses por cada uma das vinte (20) regiões de gestão de resíduos são apostas no item 2.4. Os custos com a coleta regular de resíduos montam em R\$ 422 milhões no Estado do Paraná na cena atual. Devido à combinação entre as expectativas de melhora nos graus de cobertura da coleta e os demais fatores circunstanciais à cada um dos cenários futuros, tem-se que no curto prazo os custos com a coleta porta-a-porta de resíduos devem aumentar ao menos em R\$ 21 milhões (sob cenário Estagnação), podendo chegar ao aumento de R\$ 30 milhões (sob cenário Aceleração). Uma vez que no longo prazo a expectativa é de aumento nos custos com coleta, incitam-se ações mais tempestivas de gestão sob esse importante e por vezes renegado aspecto da gestão de resíduos.

Parte-se então para a estimativa dos custos com os esquemas formais de coleta seletiva, ou seja, aqueles financiados pelo setor público por meio de empresas terceirizadas, concedidas ou mesmo próprias. Tomando-se a mesma sequência metodológica utilizada para desvendar os custos com a coleta regular, tem-se como primeira base de dados aqueles coletados via questionários do PERS/PR, informações recentes e já extensamente contextualizadas e utilizadas por esse instrumento de planejamento. No quesito de informações sobre o custo da coleta seletiva, trinta e um (31) municípios apresentaram dados válidos, que trazem na média ponderada o custo por tonelada. O Quadro 9, a seguir, quebra essa média por faixa de porte municipal.

Quadro 9: Valores dispendidos com coleta seletiva de RSU por faixa populacional.

Porte Populacional	Tamanho da Amostra ³	Volume Anual Coletado (t)	Custo Anual de Coleta Seletiva (R\$, mil)	Custo da Coleta Seletiva (R\$/t)
até 15.000 habitantes	14	2.676	534,37	199,68
de 15.001 a 50.000 habitantes	08	5.882	1.019,85	173,38
de 50.001 a 100.000 habitantes	06	10.833	3.534,45	326,26
de 100.001 a 200.000 habitantes	01	1.400	803,44	573,89
de 200.001 a 500.000 habitantes	01	1.428	785,98	550,40
de 500.001 a 1.000.000 habitantes	01	15.487	7.119,10	459,68
Média Geral	31	37.707	13.797,20	365,91

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Como forma de se balizar os valores encontrados, toma-se novamente a referência trazida por IPEA (2012). Registrou-se, com valores referentes ao ano de 2008 e com base em uma amostra de doze (12) municípios, o valor de R\$ 215,59/t. Atualizando esse valor pela inflação, com base no desenrolar do IPCA/IBGE, tem-se o custo por tonelada de R\$ 384,13. O valor encontrado por IPEA não foge à média encontrada pela pesquisa primária do PERS/PR, embora infelizmente não permita maiores comparações uma vez que não diferencia a amostra por porte municipal.

O relatório de pesquisa CEMPRE (2016) sobre a coleta seletiva, que compilou dados de 1.055 municípios nacionais especificamente sobre a coleta seletiva, trouxe os custos médios da coleta seletiva como sendo de R\$ 389,46 por tonelada.

Comparando-se os dados médios de R\$ 365,91 por tonelada obtidos pelo levantamento do PERS/PR com a referência atualizada de IPEA (2012) e com a pesquisa CEMPRE (2016), nota-se que há grande aderência. Não obstante, a amostra válida do questionário do PERS/PR traz uma situação não ideal de apenas uma resposta para as faixas de porte municipal de 100.000 a 200.000 habitantes, de 200.000 a 500.000 habitantes e também para a faixa de 500.000 a um (01) milhão de

³ Dentre os trinta e um (31) municípios respondentes ao questionário do PERS/PR com respostas válidas quanto aos custos anuais com coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos.

habitante, o que resulta nos valores destoantes dessas faixas de população em relação aos custos de referência (IPEA, 2012 e CEMPRE, 2016). Como forma de contornar essa fraqueza, considera-se para os demais municípios com essas faixas de porte municipal, o custo médio ponderado da amostra (R\$ 365,91 por tonelada).

Adotaram-se, assim, os seguintes pressupostos para fins de estimativa do custo anual com coleta seletiva de RSU: i) para os trinta e um (31) municípios com respostas válidas sobre esses custos no questionário do PERS/PR, foi mantido o valor individual reportado; ii) para os demais municípios que tem esquemas públicos de coleta seletiva porta-a-porta, foram atribuídos os valores apresentados no Quadro 9, respeitando-se as faixas de porte municipal e aplicando-se o valor médio ponderado da amostra para as faixas de porte municipal com apenas um (01) município respondente. Por fim, multiplicou-se os custos por tonelada coletada via esquemas públicos de coleta seletiva pelo quantitativo estimado de resíduos coletados sob esse fluxo.

Quadro 10: Custo anual com a coleta seletiva de RSU.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Custo anual com a coleta seletiva de RSU (R\$, mil)	Cena atual	46.835	46.835	46.835	46.835
	Curto prazo	51.242	57.013	62.558	69.967
	Médio prazo	63.409	69.866	76.722	87.991
	Longo prazo	74.508	81.613	89.469	104.676

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Os valores estimados, município a município e somados para a composição do Quadro 10 acima, montam em R\$ 46,84 milhões anuais dispendidos no Estado do Paraná com esquemas formais de coleta seletiva. Esse valor considera, claramente, a inexistência de custos dos noventa e cinco (95) municípios que ainda não detém esquemas de coleta seletiva. Esses municípios, no entanto, passam a ter tais custos dado o desenrolar dos cenários prospectivos para a coleta seletiva, em linha com os pressupostos já adotados para os volumes de resíduos coletados por essa forma.

2.3. Custos Estimados com a Destinação Final de RSU

A composição das bases de análise necessárias aos estudos econômicos requer, adicionalmente, conhecer o custo com a destinação final do montante de

resíduos apenas apresentado. Primeiramente, tem-se que o custo da destinação final é função direta de sua adequação; pois um vazadouro a céu aberto nada custa à municipalidade que o opera, embora gere externalidades negativas que são, de forma direta ou indireta, cobertos por toda a coletividade. Já aterros sanitários são obras de engenharia cujo método de disposição de resíduos no solo é fundamentado em critérios e normas operacionais específicas.

Seguindo-se tais normativas, tem-se um confinamento ambiental seguro e com proteção à saúde pública, pois não há contaminação ao solo, ao ar e à água. Consiste, basicamente, no espalhamento dos resíduos sobre o solo protegido em camadas sucessivas, compactando e reduzindo o montante ao menor volume prático possível. Por fim, recobre-se com uma camada de terra, de espessura conveniente, ao final de cada jornada de trabalho de sorte a minimizar o mau cheiro e a possível proliferação de vetores.

Thá et al., (2014) realizaram levantamento de custos de implantação (CAPEX) e operação (OPEX) para aterros sanitários, postos de entrega voluntária, galpões de triagem, unidades de compostagem e unidades de biodigestão. Os autores analisaram os custos para unidades padrão, realizando orçamentos referentes às instalações, equipamentos, serviços e mão-de-obra à luz de exigências ambientais e de engenharia para a composição das soluções estudadas. O levantamento, embora não pretenda ser base para um projeto específico, traz a composição de curvas paramétricas de custo, ao longo do espectro de várias quantidades de tratamento por dia. Ou seja, tem-se a referência de custos de implantação e operação em função da escala de operação.

Especificamente para os aterros sanitários padrão, os dimensionamentos realizados tiveram como base a ABNT NBR 13.896/97, além das seguintes fontes: primeiro relatório da série "Estudos de Custos Operacionais e de Investimentos de Unidades de Manejo de Resíduos Sólidos e Custos Relacionados com a Constituição de Consórcios Públicos", elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente; e manuais de implantação de aterros do CREA-PR, do IAP e da CETESB⁴.

⁴ Os custos levantados para a implantação das unidades foram divididos entre os grupos: i) licenciamento; ii) aquisição e preparação da área; iii) maquinário; e iv) sistemas de proteção ambiental. Quanto à aquisição da área de implantação do aterro, o valor do metro quadrado está relacionado, entre

A partir dessas referências conceituais e das extensas pesquisas de mercado realizadas, desenvolveram-se as curvas paramétricas que estabelecem as relações econômicas estimadas entre portes de empreendimentos e seus custos de instalação e operação por faixas de operação (denotando a escala das unidades). Adicionalmente, os seguintes parâmetros foram adotados para o dimensionamento dos aterros sanitários padrão: i) tempo de duração de um (01) dia para cada célula; ii) tempo de vida útil do aterro de quinze (15) anos; iii) profundidade das células de três (03) metros; e iv) peso específico de 0,75 t/m³.

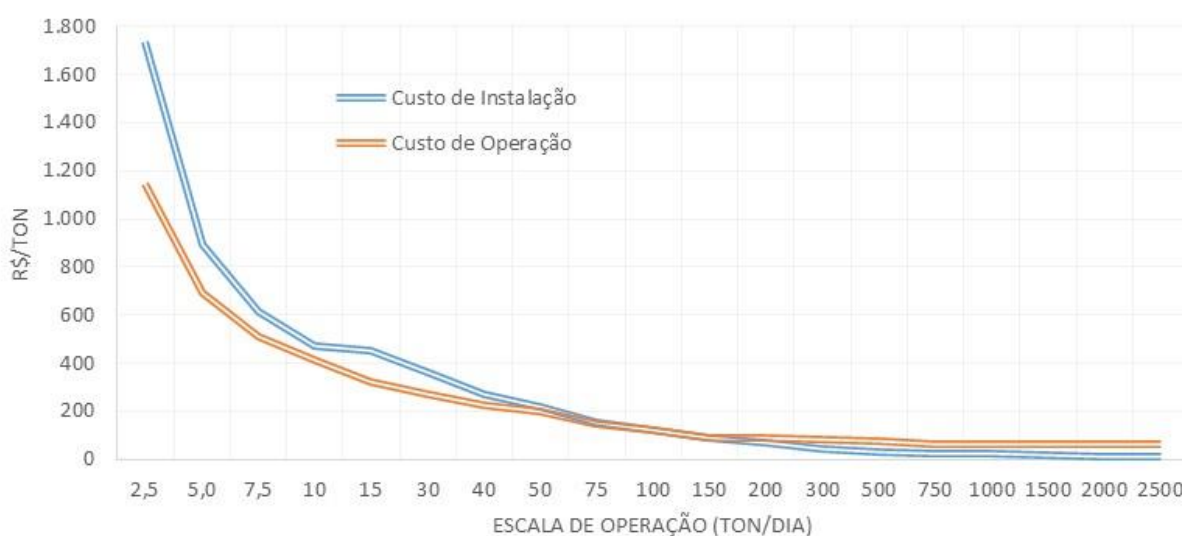


Figura 1: Curvas paramétricas de instalação e operação de um aterro sanitário padrão.
Fonte: Adaptado de Thá et al. (2014) por Consórcio EnvEx-Engelb, 2018.

Nota-se na Figura 1 que há um saliente ganho de escala quanto à instalação de unidades de destinação final de resíduos, com variação expressiva da curva paramétrica entre unidades que operam volumes pequenos e grandes. O custo de instalação de um aterro sanitário para a operação de apenas dez (10) toneladas por dia, por exemplo, é estimado em R\$ 1,72 milhão (referência de R\$ 474 por tonelada). A instalação de um aterro sanitário de porte cinco (05) vezes maior, ou seja, que opere

outros fatores, à localidade, portanto muito diferente de um município para outro. Desse modo, utilizou-se o metro quadrado igual a R\$ 3,00 (em 2012). Os sistemas de proteção ambiental contemplados envolvem: i) sistema de proteção do solo (a camada impermeabilizante do solo pode ser definida como composta pelo solo do próprio local, solo importado compactado ou geossintético impermeabilizante, dependendo da composição do solo local; como não há tipologia do solo, foi levada em consideração a necessidade de membrana geossintética para o recobrimento e proteção do solo); ii) sistemas de captação e drenagem de lixiviados e gases, mensurados de acordo com a área ocupada em células; iii) instalação de poços de monitoramento para captação das águas subterrâneas, de acordo com a NBR 15849/2010; iv) licenciamento ambiental; v) maquinário e instalações de operação e administrativas. Já os custos de operação foram agrupados em: i) mão de obra; ii) operação; e iii) sistemas de monitoramento ambiental.

cinquenta (50) toneladas por dia, tem como referência o valor unitário de R\$ 221 por tonelada, rendendo à estimativa de CAPEX o valor global de R\$ 4,04 milhões. Já um aterro ainda maior, com capacidade de processamento de quinhentas (500) toneladas por dia, demanda R\$ 5,52 milhões para instalar, reduzindo o custo referencial unitário para R\$ 30 por tonelada.

Na medida em que se opera um maior volume de resíduos em um dado aterro sanitário, há significativa diluição de equipamentos e custos fixos. Como exemplo, tem-se a extensa lista de maquinários requeridos para a operação do aterro sanitário: trator de esteiras, escavadeira hidráulica, retroescavadeira, carregadeira de rodas, caminhão basculante, caminhão-pipa e rolo pé de carneiro; além de frota de veículos leve. Seguindo-se o requerido pelas normas e manuais de implantação e operação de aterros sanitários, o maquinário requerido para operação de um aterro com capacidade de processamento de cinquenta (50) toneladas por dia é praticamente o mesmo em quantidade do que aquele requerido para operar um aterro de quinhentas (500_ toneladas por dia, modificando-se apenas o porte dos equipamentos (escavadeira hidráulica de 5 t para 20 t; basculantes de 5 m³ para 16 m³) e a adição de um trator de esteira.

Além da diluição do custo de instalação com máquinas, equipamentos, instalações civis (de escritório e vestiários) e de licenciamento ambiental, há também a otimização nos custos com a operação das unidades de maior porte, a exemplo da mão-de-obra e de sistemas de monitoramento geotécnico e ambiental. De acordo com as normas de instalação de aterros sanitários, há obrigatoriedade mínima de quatro (04) poços de monitoramento para águas subterrâneas, sendo um (01) à montante e três (03) à jusante da área do maciço do aterro sanitário. Um aterro sanitário que recebe cinquenta (50) ou quinhentas (500) toneladas ao dia deve instalar e monitorar esses mesmos quatro (04) mínimos poços. Já quanto à mão-de-obra, a normativa prevê dezesseis (16) operadores para um aterro de cinquenta (50) toneladas contra vinte (20) para um de quinhentas (500), novamente evidenciando os ganhos de escala. Certamente, como observa-se pela figura acima, esses ganhos de escala se estabilizam a partir de um determinado volume de operação, permanecendo marginais a partir da operação de cerca 150 t/dia.

Uma vez que Thá et al. (2014) apresentam as curvas paramétricas por volume de resíduos operados por dia, torna-se possível estimar, para cada município do Estado do Paraná, o custo com a disposição final, dado que se detêm o volume de RSU enviado à destinação final. Essa estimativa demanda a adoção de alguns passos metodológicos, descritos na sequência.

A base de dados levantados por Thá et al. (2014) é de 2012; necessitando, portanto, de correção de valores pela inflação. Utilizou-se para tal o índice de preços balizador das metas de inflação do Banco Central do Brasil (IPCA/IBGE). Mediante essa atualização monetária, os custos operacionais de um aterro sanitário de porte superior a 750 t/dia é de R\$ 62,00.

Uma vez que se trata do levantamento de custo de operação, adiciona-se ao valor de R\$ 62,00/t a margem de lucro de 15% quando se trata de operação privada; tendo-se assim o valor final de R\$ 71,23 por tonelada para aterros sanitários privados, de economia mista ou em consórcios públicos (haja vista que esses demandam custos administrativos mais complexos do que soluções individuais).

Para uma referência da precisão do valor estimado, tem-se o registro de R\$ 41,37 para a operação de aterros sanitários levantado por IPEA (2012), com valores referentes à 2008. Atualizando esse valor pela inflação, também pelo IPCA/IBGE, chega-se no valor de R\$ 73,71, ou seja, na exata ordem de grandeza.

Quanto à classificação das operações das áreas de destinação final, parte-se do levantamento realizado no panorama de RSU, que analisa as duzentas e trinta e seis (236) áreas de disposição utilizadas pelos municípios paranaenses em oito (08) faixas (Adequada - A, Adequada - B, Inadequada - A, Inadequada - B, Inadequada - C, Inadequada - D, Inadequada - E e Não Classificada).

- Haja vista que a classificação Inadequada - C tem na justificativa da inadequação a vigência do licenciamento, e não necessariamente as

características de operação, essas são aqui consideradas como destinação adequada⁵.

- As demais faixas de destinação inadequada (Inadequada - A, Inadequada - B, Inadequada - D, Inadequada - E) se somam à faixa Não Classificada para compor o rol de noventa e cinco (95) áreas consideradas como vazadouros à céu aberto. Para essas áreas, não se consideram custos de operação⁶.

Das cento e quarenta e uma (141) áreas no Estado do Paraná então consideradas como aterros sanitários (destinações adequadas), tem-se as seguintes subdivisões quanto à natureza jurídica de suas operações: privada, economia mista, pública em consórcio, e pública (há, ainda, duas (02) de natureza desconhecida, ora consideradas como públicas). Nota-se o seguinte padrão em relação à natureza da operação dos aterros sanitários utilizados pelos municípios do Paraná:

- Há um conjunto de áreas no qual se pode pressupor ganhos de escala (doravante denominado de CGE - com ganho de escala). Tratam-se das vinte e oito (28) áreas privadas, de economia mista e públicas em consórcio (sendo que três (03) delas estão em Santa Catarina) que recebem resíduos de cento e oitenta e um (181) municípios. O volume total recebido por esse conjunto é de 1,67 milhão de toneladas por ano, representando os esperados ganhos de escala. Nota-se que, embora considere-se tal ganho de escala, a destinação de RSU para fora do município de geração acarreta em custos com transbordo e transporte, que serão analisados sequencialmente.
- Outro conjunto, que soma as demais duzentas e dez (210) áreas adequadas e administradas diretamente pelos municípios, recebe resíduos de duzentos e dezesseis (216) municípios. O volume total

⁵ As áreas classificadas como Inadequada - C estão licenciadas como aterro sanitário, porém com licença de operação vencida e sem pedido de renovação ou com o pedido de renovação realizado sem antecedência mínima de cento e vinte (120) dias da expiração do seu prazo de validade fixado na respectiva licença, conforme Resolução CEMA nº 65/2008.

⁶ Certamente que a operação de um vazadouro a céu aberto pode ter custos, por pior que a destinação seja. Não obstante, torna-se bastante difícil estima-los devido à variabilidade de condições possíveis de um vazadouro a céu aberto e da clara inadequação desses em relação à Lei 12.305/2010.

somado é de 76.000 toneladas por ano, e dificilmente se pode esperar ganhos de escala dessas operações, que doravante se denominam SGE - sem ganho de escala.

Partindo-se do volume de resíduos coletado e enviado para destinação final de cada município, bem como o cruzamento desse volume com o perfil dessa destinação final (SGE ou CGE), pode-se aplicar a curva paramétrica de custos de operação, ou seja, realizar a leitura dos custos de operação a partir do volume de resíduos gerados pelo município, de acordo com seu perfil de destinação final.

- Para os locais CGE de operação privada, supõe-se que os gastos com operação sejam equivalentes aos aterros sanitários com mais de 750 t/dia, e a eles aloca-se o custo de operação de R\$ 62,00/t adicionado de 15% de margem de lucro, totalizando R\$ 71,23/t. Já para os aterros sanitários CGE de operação de economia mista ou pública em consórcio, adiciona-se novos 15% ao valor acima devido ao porte menor de operação desses empreendimentos em relação aos privados, conforme leitura dos dados do panorama. O custo por tonelada de referência, nesse caso, é de R\$ 89,00.
 - Como exemplo, tem-se o município de Rio Azul, da região de Irati: com uma população de 15.000 habitantes na cena atual, estima-se que Rio Azul disponibilize para a coleta e destinação final o volume de 2,86 mil toneladas por ano, já com o devido desconto da fração não coletada e também das frações que são desviadas via coleta seletiva (tanto formal quanto informal). Esse volume equivale à 7,8 toneladas por dia de resíduos enviados ao aterro sanitário que, ao se consultar a curva paramétrica de custos de operação, demandam R\$ 416,00/t. No entanto, Rio Azul envia seus resíduos para um aterro sanitário privado que, pressupõe-se, tenha ganhos de escala suficientes para cobrar R\$ 71,23/t, totalizando um custo anual estimado de R\$ 203 mil para o município.
- Para os locais SGE, utiliza-se a leitura da curva paramétrica de acordo com o volume de resíduos enviados à destinação final.

- Como exemplo, tem-se o município de Santa Terezinha de Itaipu, na região de Foz do Iguaçu: o município, com população de 23.000 habitantes na cena atual, destina ao aterro sanitário 5.361 mil toneladas anuais, já com o devido desconto da fração não coletada e também das frações que são desviadas via coleta seletiva (tanto formal quanto informal). Esse município conta com um aterro sanitário próprio, classificado como Adequado - A que recebe a média de 15 t/dia. Dada essa escala de operação, lê-se na curva paramétrica de Thá et al. (2014) o custo com operação de R\$ 320,00 por tonelada. A aplicação desse custo no volume anual recebido nesse aterro rende o custo total estimado de R\$ 1,71 milhão por ano.

Os municípios exemplificados, de Rio Azul e Santa Terezinha de Itaipu, foram dois dos quarenta e um (41) municípios do Estado que responderam ao questionário do PERS/PR especificando os custos anuais com a destinação final de seus resíduos urbanos. Eis que esses custos foram, respectivamente, de R\$ 232 mil e R\$ 1,64 milhão; ambos exatamente na ordem de grandeza estimada pela curva paramétrica de custos apresentada pelos citados autores. Outros municípios respondentes ao questionário do PERS/PR que indicam aderência dos dados estimados são Antônio Olinto (região de Irati, com 7,6 mil habitantes), Apucarana (região de Apucarana, com 133.000 habitantes) Francisco Beltrão (região de Francisco Beltrão, com 88.000 habitantes) e Siqueira Campos (região de Jacarezinho, com 20,5 mil habitantes). Respectivamente, esses municípios indicaram custos anuais de R\$ 88 mil, R\$ 2,46 milhões, R\$ 2,97 milhões e R\$ 328 mil, sendo que os valores calculados via estimativa foram, respectivamente, de R\$ 89 mil, R\$ 2,29 milhões, R\$ 3,11 milhões e R\$ 342 mil.

A estimativa apenas realizada cria uma referência de valor ideal a ser dispendido por cada município para manter a destinação final de seu resíduo adequada, seja via contratação de um aterro sanitário privado ou de economia mista, seja pela operação pública e consorciada com outros municípios, ou ainda seja pela operação de aterro sanitário próprio do município. A referência criada pelas curvas paramétricas indica o cumprimento de normas e padrões indicados pela literatura, porém não representa necessariamente o dispêndio que de fato ocorre no município.

Sem embargo, nem todos os municípios que reportaram seus custos na pesquisa do PERS/PR apresentam resultados coerentes com o indicado pela curva paramétrica de custos de operação de aterros sanitários. Esses destoantes, listados no Quadro 11, apresentam operações públicas classificadas como Adequada - A, porém com custos anuais muito aquém daqueles estimados.

Quadro 11: Amostra de municípios com valores de disposição final de RSU destoantes.

Município ⁷ com Destinação Própria	Região de Gestão de RSU	População (Cena Atual)	RSU Enviado à Disposição Final		Resposta Questionário PERS/PR		Estimativa com Curva Paramétrica de Custos	
			t/ano	t/dia	R\$/ano	R\$/t	R\$/ano	R\$/t
Amaporã	Paranavaí	6.084	1.329	3,64	219.744	165	921.863	694
Cruzeiro do Oeste	Umuarama	21.237	4.628	12,68	191.316	41	1.479.074	320
Missal	Foz do Iguaçu	10.879	1.789	4,90	163.686	91	1.241.413	694
Rolândia	Londrina	64.726	15.103	41,38	300.000	20	3.012.225	199
Xambrê	Umuarama	5.957	991	2,72	288.000	291	687.606	694

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Denota-se uma distância significativa entre os custos de operação reportados e estimados. No município de Missal, por exemplo, reporta-se um gasto de R\$ 91,00/t, sendo que esse deveria ser de R\$ 694,00/t (13% do valor parametrizado como necessário para uma adequada operação na escala identificada, de 4,9 t/dia). Essa diferença de valores dificilmente pode ser justificada dentro da margem de razoabilidade técnica de operação de um aterro sanitário como o de Xambrê, por exemplo, que opera apenas 2,7 t/dia.

Uma vez que essas áreas de disposição final de resíduos são administradas diretamente pelos municípios, deve-se atentar para o fato de que é o setor de administração da secretaria ou departamento de meio ambiente que deve executar as aquisições de membrana geossintética, rachões, bidins, tubulações para a confecção de drenos de biogás e chorume, grama para a cobertura dos taludes e tantos outros materiais inerentes à (adequada) operação de um aterro sanitário. De forma análoga, é

⁷ Dentre os municípios respondentes ao questionário PERS/PR com respostas válidas quanto aos custos anuais com disposição final.

sob a administração municipal que recai a necessidade de contratação de estudos topográficos, de monitoramento ambiental, de transporte e tratamento de chorume e tantos outros serviços que garantem a almejada qualidade ambiental da disposição final de resíduos urbanos.

Conclusivamente, enquanto não cabe ao presente estudo avaliar a qualidade das áreas de disposição final de resíduos sólidos no Estado, coloca-se indubitavelmente em cheque a qualidade da operação desses pequenos aterros sanitários de responsabilidade direta da administração pública.

Independentemente dos custos indicados pelos municípios respondentes ao questionário do PERS/PR, pode-se adotar a metodologia descrita acima para se estimar, município a município, os gastos atuais com a destinação final de resíduos sólidos por meio do uso das curvas paramétricas de custos. Embora seja ordem de grandeza estimada com base nos diversos parâmetros e pressupostos relatados, encontra-se o resultado interessante: ao total, são R\$ 301,61 milhões anuais custos com a destinação final de RSU.

O Quadro 12, a seguir, traz os resultados para o Estado do Paraná, considerando-se a situação atual de destinação final no Estado e os pressupostos de que: não há custos para a operação de vazadouros à céu aberto, há ganhos de escala para as operações com maiores volumes (privadas, de economia mista ou ainda em consórcios públicos) e não há ganho de escala para as operações e aterros próprios municipais.

Quadro 12: Custos anuais com disposição final de RSU (R\$, mil).

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Custos anuais com disposição final de RSU (R\$, mil)	Cena atual	301.612	301.612	301.612	301.612
	Curto prazo	319.694	325.431	325.443	334.538
	Médio prazo	331.341	335.717	339.576	361.745
	Longo prazo	332.213	336.324	341.092	371.895

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Nota-se que, dado o pressuposto de manutenção dos custos atuais, os valores dispendidos com a destinação final de RSU tendem a aumentar em quaisquer

situações futuras, crescendo-se já no curto prazo um mínimo de R\$ 18,08 milhões (sob cenário Estagnação), podendo-se chegar até a R\$ 32,93 milhões (sob cenário Aceleração).

O último item que deve ser analisado quanto aos custos com destinação final de RSU é referente ao transbordo e transporte. Afinal, muito embora haja ganhos de escala para operações de aterros sanitários maiores, como visto acima, pode-se pressupor que o transporte dos RSU coletados para locais fora do próprio município acarretam custos com transporte e transbordo. Para a estimativa desses custos, não se pode contar com os resultados dos levantamentos primários de dados. Dessa forma, adotam-se os pressupostos abaixo.

- Para municípios que tem a destinação final de seus resíduos em seus próprios territórios, independentemente da natureza jurídica ou da (in)adequação da destinação, não é considerada a existência de transbordo e de custos adicionais com transportes. Ou seja, considera-se que o custo da coleta regular de resíduos contemple o transporte até a destinação final. A quantidade de municípios que se enquadra nesse conjunto é de duzentos e trinta e quatro (234).
- Já para municípios cuja destinação final de RSU se encontra além de suas fronteiras, é pressuposto o custo por tonelada de R\$ 65,00 para o transbordo e o transporte desse resíduo até a destinação final, custo esse que é independente do custo da coleta regular de resíduos. O valor estimado tem como referência a operação privada de transbordo e transporte de RSU na distância média de oitenta (80) quilômetros, obtido com base na experiência da consultora junto à diversos municípios do Estado que detém unidades de transbordo e transporte. A quantidade de municípios que se enquadra nesse conjunto é de cento e sessenta e cinco (165).

Os resultados da mecânica acima resultam em um custo anual estimado no Estado do Paraná de R\$ 89,08 milhões, gasto esse que é realizado pelos cento e sessenta e cinco (165) municípios que destinam seus resíduos para fora de seus

territórios. O quadro abaixo especifica o comportamento desses valores estimados nos cenários prospectivos e através dos três horizontes temporais.

Quadro 13: Custos anuais com transbordo e transporte de RSU até a destinação final (R\$, mil).

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Custos anuais com transbordo e transporte de RSU até a destinação final (R\$, mil)	Cena atual	89.083	89.083	89.083	89.083
	Curto prazo	93.431	93.634	92.704	94.224
	Médio prazo	94.172	94.447	94.294	98.719
	Longo prazo	92.519	92.848	92.923	99.925

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Os resultados acima dispostos se tornam base para os estudos econômicos que seguem e exploram hipóteses de adequação da destinação e realização de destinações consorciadas para que se auferam ganhos de escala.

2.4. Síntese da Base de Análise

Os três (03) subitens tratados anteriormente permitiram refinar o panorama dos RSU no Estado do Paraná, mesmo que de forma estimada, quanto aos fluxos quantitativos e financeiros oriundos das opções atuais de manejo. Antes de se adentrar em hipotéticas modificações a essas opções de manejo, como é explorado no capítulo seguinte, apresentam-se quadros sintéticos com os resultados obtidos e que perfazem base de análise. É com base nesses resultados que se compararão as alternativas exploratórias de gestão.

Quadro 14: Base de análise quantitativa para os estudos econômicos em t/ano.

Cena Atual Regiões de Gestão de RSU	Quantidade de RSU (t/ano)					
	Geração de RSU	Volume Total Coletável*	Recolhimento pela Coleta Seletiva Formal**	Recolhimento pela Coleta Seletiva Informal	Recicláveis Recuperados*	Coletado e Encaminhado à Destinação Final*
Apucarana	79.528	62.302	2.560	2.484	4.148	58.154
Campo Mourão	84.597	76.082	3.268	1.756	3.881	72.202
Cascavel	166.659	156.994	6.813	10.293	14.721	142.273

Cena Atual Regiões de Gestão de RSU	Quantidade de RSU (t/ano)					
	Geração de RSU	Volume Total Coletável*	Recolhimento pela Coleta Seletiva Formal**	Recolhimento pela Coleta Seletiva Informal	Recicláveis Recuperados*	Coletado e Encaminhado à Destinação Final*
Cornélio Procópio	46.530	41.463	1.457	474	1.421	40.042
Curitiba	1.300.858	1.279.608	62.729	110.969	151.743	1.127.864
Foz do Iguaçu	129.673	125.994	3.114	3.775	5.799	120.195
Francisco Beltrão	89.540	81.305	3.304	1.835	3.983	77.322
Guarapuava	104.257	93.947	3.945	4.421	6.985	86.962
Irati	102.843	87.536	3.582	2.508	4.836	82.700
Ivaiporã	27.171	20.761	770	269	770	19.991
Jacarezinho	82.153	71.937	2.849	1.104	2.956	68.981
Londrina	374.411	366.472	17.381	28.681	39.978	326.494
Maringá	248.630	235.644	10.760	16.149	23.143	212.501
Paranaguá	80.638	76.822	3.772	3.890	6.342	70.480
Paranavaí	112.030	100.089	4.573	2.877	5.849	94.240
Pato Branco	68.535	59.842	2.646	1.639	3.359	56.483
Ponta Grossa	192.580	176.548	5.319	8.503	11.960	164.588
Telêmaco Borba	51.800	44.217	1.550	1.247	2.255	41.962
Toledo	104.810	92.996	3.867	3.122	5.636	87.360
Umuarama	81.307	70.002	3.379	2.720	4.917	65.085
PARANÁ	3.528.550	3.320.561	147.636	208.717	304.681	3.015.880

* A somatória das quantidades de resíduos recicláveis recuperados com os resíduos coletados e encaminhados à destinação final resultam no volume total coletável.

** Do volume recolhido via coleta seletiva formal é posteriormente descontada a fração de rejeitos, para então se compor o volume de recicláveis efetivamente recuperados.

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Enquanto o Quadro 14 traz a base de análise quanto às quantidades de RSU, o Quadro 15, a seguir, apresenta os custos com o manejo de cada um dos itens já abordados e aqui sintetizados, para a cena atual, para o Estado do Paraná e cada uma de suas vinte (20) regiões de gestão de resíduos sólidos urbanos.

Quadro 15: Base de análise de custos para os estudos econômicos (R\$, mil).

Cena Atual Regiões de Gestão de RSU	Custos com o manejo de RSU (R\$, mil)				
	Coleta Regular de RSU	Coleta Seletiva Formal de RSU	Destinação Final	Transbordo e Transporte	TOTAL
Apucarana	8.113	736	11.831	316	20.996
Campo Mourão	9.554	769	8.169	1.659	20.151
Cascavel	22.532	2.173	13.409	1.403	39.517
Cornélio Procopio	5.534	270	9.995	485	16.283
Curitiba	148.609	22.115	82.370	70.814	323.907
Foz do Iguaçu	19.296	866	13.921	0	34.084
Francisco Beltrão	12.325	774	6.817	2.680	22.596
Guarapuava	12.659	1.192	10.760	1.490	26.102
Irati	11.914	946	7.759	2.718	23.336
Ivaiporã	2.762	141	5.040	0	7.943
Jacarezinho	9.029	510	9.216	1.238	19.993
Londrina	41.593	6.032	18.335	440	66.400
Maringá	33.055	3.423	20.534	1.271	58.282
Paranaguá	9.925	1.060	6.718	1.123	18.826
Paranavaí	12.589	1.186	18.134	912	32.820
Pato Branco	8.017	629	7.443	949	17.039
Ponta Grossa	28.798	1.710	9.195	828	40.531
Telêmaco Borba	6.007	417	6.085	387	12.895
Toledo	10.775	989	12.645	344	24.753
Umuarama	8.984	897	23.236	27	33.144
PARANÁ	422.071	46.835	301.612	89.083	859.601

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

O custo estimado com coleta, transporte e destinação final de RSU no Estado do Paraná é de R\$ 859,60 milhões por ano na cena atual. A fração desse valor dedicada à coleta regular de RSU é a maior, representando 49,1%. Já a parcela da coleta seletiva

é representa 5,4% desses gastos. Os custos com a disposição final de RSU somam em R\$ R\$ 301,61 milhões, representando 35,1% dos custos. Os demais 10,4% representam os custos com transbordo e transporte de resíduos. Importante notar que nas estimativas realizadas, não há consideração sobre as unidades de tratamento de RSU, quais sejam: compostagem e unidades de triagem.

O panorama de RSU levantou, por meio da compilação dos resultados dos questionários, das visitas técnicas e dos dados do SNIS (indicador FN220), os custos totais com o manejo de RSU (coleta, tratamento, transporte e destinação final de RSU). Apresentou-se a cifra de R\$ 858,75 milhões anuais dispendidos, valor esse que tem como referência a somatória dos dados de trezentos e trinta e oito (338) municípios no Estado.

Como forma de se verificar a aderência das estimativas de custos ora realizadas, compila-se em R\$ 796,28 milhões o valor dispendido em coleta e destinação final (incluindo transbordo e transporte) para esses mesmos trezentos e trinta e oito (338) municípios. A diferença de valor, de R\$ 70,80 milhões, pode ser atribuída a quatro (04) razões: i) para alguns municípios, os custos estimados com a operação de aterros sanitários públicos são estimados a maior do que os custos efetivos, como já fora mencionado; ii) os custos estimados não contemplam aqueles dispendidos com eventuais unidades de tratamento de resíduos, tais como unidades de triagem e de compostagem; iii) eventuais erros de estimativa devido à adoção de parâmetros e pressupostos gerais que, embora captem o comportamento observado do mercado de gestão de resíduos, não necessariamente se verifica em todos os locais de forma equivalente; e iv) eventuais erros na base de dados declarados, que podem incluir erroneamente, por exemplo, os custos com a gestão de RSS ou com itens da limpeza pública.

O Quadro 16, a seguir, apresenta as diferenças de valores de custos com a gestão de RSU declarados (incluindo eventuais unidades de tratamento) e estimados por região de gestão de resíduos (não incluindo unidades de tratamento).

Quadro 16: Custos declarados e estimados com a gestão de RSU R\$, mil.

Cena Atual Regiões de Gestão de RSU	Municípios por região que compõe a amostra	Declaração de custos totais com RSU (R\$, mil)	Custos estimados com coleta e destinação final (R\$, mil)	Diferença entre a declaração e a estimativa (R\$, mil)
Apucarana	19	18.346	20.035	-1.689
Campo Mourão	22	21.639	19.595	2.044
Cascavel	20	47.916	39.005	8.911
Cornélio Procopio	14	5.716	14.744	-9.028
Curitiba	25	338.508	296.890	41.618
Foz do Iguaçu	07	37.740	29.846	7.894
Francisco Beltrão	24	20.999	21.672	-673
Guarapuava	16	18.090	25.929	-7.839
Irati	15	11.820	20.511	-8.691
Ivaiporã	08	4.167	7.705	-3.538
Jacarezinho	22	24.415	19.616	4.799
Londrina	21	87.466	64.225	23.241
Maringá	20	59.960	52.729	7.231
Paranaguá	05	43.288	17.041	26.247
Paranavaí	36	26.048	30.794	-4.746
Pato Branco	11	17.701	14.571	3.130
Ponta Grossa	08	31.359	34.735	-3.376
Telêmaco Borba	07	9.183	12.658	-3.476
Toledo	17	27.911	23.793	4.119
Umuarama	21	14.809	30.183	-15.374
PARANÁ	338	867.079	796.275	70.803

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

Sem embargo aos possíveis erros acima mencionados, que ocorrem em combinações que dificilmente serão totalmente compreendidas e/ou desmembradas, o Quadro 16 demonstra a aderência dos valores estimados frente aos declarados, com magnitudes similares. Afinal, alguma diferença a maior para os valores declarados era esperada e desejada, pois deve representar os gastos com unidades de tratamento de resíduos, tais como triagem e compostagem.

Observa-se, no entanto, que em nove regiões as diferenças são negativas, ou seja, os valores declarados pelos municípios são menores do que aqueles estimados. Surpreende que a estimativa não contempla custos com unidades de tratamento, rendendo aos valores declarados a possibilidade de estarem efetivamente aquém do ideal. De fato, essas nove (09) regiões concentram cento e dezesseis (116) municípios que enviam seus resíduos ou para vazadouros a céu aberto ou para locais classificados como adequados, porém com operação sem ganhos de escala (e que, por consequência, demandaria maiores gastos). A quantidade de municípios com esse perfil de destinação por região é: Apucarana, dezoito (18); Cornélio Procópio, nove (09); Guarapuava, nove (09); Irati, cinco (05); Ivaiporã, nove (09); Paranavaí, vinte e sete (27); Ponta Grossa, oito (08); Telêmaco Borba, sete (07); e Umuarama, vinte e quatro (24).

De forma geral, a grande proporção dos custos com coleta e destinação de resíduos é forte indício dos baixos gastos com tratamento de resíduos via triagem e compostagem. De acordo com os dados do panorama, quarenta e seis (46) (11,4%) municípios paranaenses indicam operar unidades de compostagem para pequenas frações de seus resíduos. Quanto às unidades de triagem de resíduos, são duzentos e cinquenta e três (253) os municípios que indicam operá-las. Desses, a vasta maioria (79%) faz uso de associações ou cooperativas para tal, sendo que o setor público geralmente financia gastos com aluguel, água, luz e outros materiais de consumo, mas não mais do que isso.

O Quadro 17, a seguir, apresenta a síntese dos custos com o manejo de RSU no Estado do Paraná, incluindo não apenas aqueles estimados para a cena atual, como também as perspectivas de evolução desse montante nos quatro (04) cenários trabalhados no prognóstico, segregados pelos horizontes temporais de curto, médio e longo prazos. Os valores somam todo o ciclo estimado de gestão dos RSU, qual seja: coleta (regular e seletiva), transbordo e transporte, e finalmente, disposição final. Importante ressaltar que não se estimaram os custos com tratamento de resíduos via triagem de recicláveis e compostagem de orgânicos, uma vez que esses custos são diminutos (como apenas observado).

Quadro 17: Custos totais atuais e perspectivas com o manejo de RSU (R\$, mil).

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Custos anuais com o manejo de RSU (coleta, transbordo e transporte e disposição final) (R\$, mil)	Cena atual	859.601	859.601	859.601	859.601
	Curto prazo	907.693	922.020	923.632	951.006
	Médio prazo	939.865	953.816	966.119	1.029.913
	Longo prazo	945.545	960.546	976.463	1.067.698

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

O custo anual com o manejo dos resíduos sólidos urbanos no Paraná deverá aumentar, já no curto prazo, entre R\$ 48 milhões e R\$ 91 milhões. Para o longo prazo, o aumento pode chegar até a R\$ 208 milhões, representando uma monta superior à R\$ 1 bilhão por ano. Esse aumento se dá pela projeção de aumento populacional e já contabiliza a pequena redução esperada de redução de envio de resíduos recicláveis para disposição final.

Tal como enfatizado pela construção metodológica dessa base de análise, não se tratam aqui de simulações de ações ou estratégias diferenciadas de gestão de resíduos, mas sim das perspectivas futuras de custos com base na continuidade das tendências atuais. Inclusive, os valores do Quadro 17 continuam a contabilizar a disposição final inadequada por parte de noventa e nove (99) municípios paranaenses. Nos próximos capítulos, modificações às estratégias de gestão de RSU serão exploradas, contrastando os resultados com esses ora derivados.

3. HIPÓTESES PARA A ADEQUAÇÃO DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU

Como extensamente documentado pelo panorama de RSU, ainda persistem noventa e cinco (95) áreas no Estado do Paraná que podem ser consideradas como vazadouros a céu aberto (classificadas como Inadequada - A, Inadequada - B, Inadequada - D, Inadequada - E e Não Classificada). Essa situação se apresenta como um flagrante descumprimento aos ditames da Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu prazo (já vencido) para o encerramento e a remediação desse tipo de destinação final para RSU. Nota-se que essas noventa e cinco (95) áreas são utilizadas por noventa e nove (99) municípios, ou seja, por 25% dos municípios do Paraná.

Além dos vazadouros a céu aberto, observou-se ainda que há um conjunto de cento e dezenove (119) municípios que fazem uso de destinações finais classificadas como adequadas, porém que são de administração direta pelos municípios. Essas destinações demandam altos custos de operação por não apresentarem ganhos de escala; além disso, demandam da municipalidade estrutura, expertise e responsabilidade para a correta operação, condições nem sempre cumpridas.

Exploram-se, nesse contexto, duas (02) hipóteses para a adequação da destinação final de RSU no Estado do Paraná, contrastadas pelo efeito em seus custos de manejo e distintas haja vista embutir duas (02) opostas lógicas em relação ao fomento de novos aterros sanitários:

- A **Hipótese Ind.** privilegia a aplicação e a manutenção de soluções individuais, mantendo a responsabilidade sobre o setor público municipal para o investimento e a correta operação das unidades de disposição final de resíduos. Simula-se, para tanto, a substituição de todas as áreas de destinação inadequadas por aterros sanitários, com investimento e operação sob responsabilidade de cada município que necessita dessa adequação;

- A **Hipótese Conj.** privilegia soluções conjuntas entre municípios, que destinam (de forma consorciada ou não) seus resíduos para aterros sanitários de empresas, transferindo assim a responsabilidade pela instalação e correta operação de tais unidades para o setor privado. Tem-se a aplicação sob as lógicas de mercado para que haja a substituição de todas as destinações individuais de municípios por aterros sanitários operados de forma conjunta.

Antes de se testarem as duas (02) hipóteses colocadas, no entanto, se faz necessário realizar uma importante ressalva: almeja-se criar referências para as ordens de grandeza econômica envolvidas nas hipóteses exploradas, não se tratando, claramente, de estudos de viabilidade e implantação de unidades específicas.

Sabe-se que a implantação de aterros sanitários, independentemente de seu porte, depende de estudos ambientais referentes ao meio físico (geologia, geotecnia, geomorfologia, qualidade do ar, ruídos, climatologia, hidrologia e hidrogeologia), biótico e antrópico (aspectos socioeconômicos) de forma a direcionar a concepção técnica do projeto de execução. É desses estudos ambientais que partem as condicionantes para a inserção do aterro sanitário em sua ambiência específica, adequando instalação e operação de sistemas de proteção ambiental com minimização dos impactos oriundos da instalação e maximização dos ganhos de saúde pública provocados pela destinação correta de resíduos sólidos urbanos.

3.1. Hipótese Ind.: Substituição de Disposições Inadequadas por Aterros Sanitários

A primeira das hipóteses para a adequação da destinação final de RSU é a substituição das noventa e cinco (95) áreas de disposição inadequada por aterros sanitários. Trata-se da mais lógica e direta hipótese, cujos resultados econômicos se investigam na sequência. Os pressupostos para tal são:

- Em prazo imediato, as noventa e cinco (95) áreas de disposição irregular são encerradas, desconsiderando-se os custos de interdição, encerramento e remediação;

- Os RSU a elas destinados, por noventa e nove (99) municípios do Estado, passam a ser enviados para aterros sanitários instalados em cada um dos municípios, respeitando-se a lógica preponderante de que os próprios municípios detêm e operam suas unidades de destinação final;
- A instalação dos aterros sanitários requer um investimento inicial (CAPEX), calculado com base nas curvas paramétricas desvendadas por Thá et al. (2014), devidamente atualizadas pela inflação;
- Os custos com a instalação são absorvidos pelo setor público, uma vez que se pressupõe a manutenção da lógica preponderante de instalação e operação de aterros sanitários municipais;
- Da mesma forma, os custos operacionais dos novos aterros sanitários respeitam as ditas curvas paramétricas de custos de operação, conforme os autores supracitados, também absorvidos pelos municípios;
- As demais áreas de destinação final de resíduos do Estado, classificadas como destinações adequadas, não sofrem alteração alguma.

Seguindo-se os passos mencionados, compila-se o valor total de investimento de R\$ 103,23 milhões para a instalação dos noventa e nove (99) aterros sanitários (um (01) para cada município que atualmente faz uso de destinações inadequadas) no Estado do Paraná. Além do investimento inicial demandado pela instalação de aterros sanitários, compila-se o custo anual de operação de tais áreas como sendo de R\$ 129,03 milhões. O Quadro 18, a seguir, traz os valores de investimento e de operação por região de gestão de resíduos sólidos urbanos.

Quadro 18: Custos com a substituição das áreas inadequadas por aterros sanitários da Hipótese Ind. (R\$, mil).

Cena Atual Regiões de Gestão de RSU	Quantidade de municípios que demandam instalação de aterros sanitários por hoje destinar inadequadamente seus RSU	Quantidade anual de resíduos hoje enviados à destinação inadequada que passa a ser destinada aos novos aterros sanitários (t)	Investimento inicial requerido na instalação de aterros sanitários (R\$, mil)	Custos anuais de operação dos novos aterros sanitários (R\$, mil)
Apucarana	09	9.104	7.166	7.342
Campo Mourão	07	14.922	6.713	7.438
Cascavel	10	12.581	8.154	8.873
Cornélio Procópio	01	1.134	701	787
Curitiba	02	5.437	1.978	2.452
Foz do Iguaçu	03	8.670	3.384	3.653
Francisco Beltrão	01	3.908	1.214	1.249
Guarapuava	04	5.725	3.714	3.972
Irati	03	15.813	3.806	4.560
Ivaiporã	04	11.234	4.264	4.805
Jacarezinho	06	25.450	8.113	8.902
Londrina	09	241.458	11.497	22.716
Maringá	07	20.620	7.398	8.140
Paranaguá	02	13.038	3.551	3.775
Paranavaí	13	18.096	9.845	10.534
Pato Branco	03	10.085	3.341	3.567
Ponta Grossa	04	124.128	5.831	12.672
Telêmaco Borba	04	15.823	4.847	5.444
Toledo	05	20.183	6.331	6.721
Umuarama	02	1.621	1.386	1.425
PARANÁ	99	579.029	103.234	129.026

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Uma vez que a hipótese em análise se trata de uma adequação, e não da proposição de uma melhoria ou mesmo de uma outra forma de gestão de resíduos, os custos de instalação e de operação dos novos aterros sanitários devem ser absorvidos pelos municípios afetados e somados aos custos com o manejo atual de RSU,

conforme desvendou-se no capítulo de base de análise. Dessa forma, o Quadro 19, a seguir, apresenta os custos com a gestão devidamente atualizados com a substituição de destinações finais proposta.

Quadro 19: Custos de manejo da Hipótese Ind. de adequação da destinação final (R\$, mil).

Cena Atual PARANÁ	Custos com o manejo de RSU (R\$, mil)				
	Coleta Regular de RSU	Coleta Seletiva Formal de RSU	Destinação Final	Transbordo e Transporte	TOTAL
Custo anual atual (com inadequação da disposição final em noventa e nove (99) municípios)	422.071	46.835	301.612	89.083	859.601
Custo de instalação de aterros sanitários em noventa e nove (99) municípios*	-	-	103.234*	-	-
Custo anual de operação de aterros sanitários em noventa e nove (99) municípios	-	-	129.026	-	-
Novo custo anual de manejo de RSU	422.071	46.835	430.638	89.083	988.627

* O custo de instalação ocorre uma única vez, não entrando na composição dos custos anuais.

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

A mesma conta acima realizada para a destinação final sob cada um (01) dos cenários prospectivos, ou seja, somando-se os custos anuais estimados atualmente com a destinação final, que inclui a gestão inadequada de noventa e nove (99) municípios, com os gastos anuais de operação de aterros sanitários desses mesmos municípios. Os resultados são apresentados no Quadro 20.

Quadro 20: Custos anuais de destinação final da Hipótese Ind. de adequação da destinação final (R\$, mil).

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Custos anuais de destinação final da Hipótese Ind. de adequação da destinação final (R\$, mil)	Cena atual	430.638	430.638	430.638	430.638
	Curto prazo	458.607	468.816	469.749	483.844
	Médio prazo	477.928	485.197	491.800	523.931
	Longo prazo	480.508	487.590	495.050	540.030

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

3.2. Hipótese Conj.: Substituição de Disposições Inadequadas e de Soluções Individuais por Aterros Sanitários de Operação Conjunta

A segunda hipótese para a adequação da destinação final de RSU é um complemento à primeira, porém também abrangendo a substituição das áreas de destinação final de RSU administradas diretamente pelos municípios por aterros sanitários consorciados. Essa hipótese prevê a obtenção de ganhos de escala para a destinação final e já fora extensivamente explorada no PGIRSU (2013), incluindo detalhada descrição de rotas e localizações para cada município e região de gestão. Almeja-se com o atual exercício demonstrar as ordens de grandeza atualizadas dessa adequação e modernização da gestão das destinações finais. Os pressupostos necessários para se investigar tal hipótese estão listados abaixo.

- Novamente, tem-se em prazo imediato o encerramento das noventa e cinco (95) áreas de disposição irregular, desconsiderando-se os custos de interdição, encerramento e remediação;
- Os RSU a elas destinados, por noventa e nove (99) municípios do Estado, passam a ser enviados para aterros sanitários de grande porte instalados nas respectivas regiões de gestão de resíduos, em contraponto à lógica preponderante de que os próprios municípios devem manter e operar suas próprias unidades de destinação final;
- Todos os cento e dezenove (119) municípios que utilizam aterros sanitários municipais de pequeno porte passam a se consorciar para destinar seus resíduos para aterros sanitários privados de maior porte, obtendo-se assim ganhos de escala e evitando o desembolso inicial com investimento de implantação;
- Não obstante a economia de custos de instalação e da operação com ganhos de escala, a mudança implica em acréscimo de custos em transbordo e transporte para as outras localidades.

O Quadro 21, a seguir, apresenta os critérios utilizados para a definição do porte dos aterros sanitários que devem ser instalados para que todos os municípios do Estado passem a enviar seus resíduos para locais de grande porte, com ganhos de

escala e facilidades no monitoramento da qualidade ambiental e de adequação da destinação.

Quadro 21: Critérios para soluções de destinação de resíduos por região da Hipótese Conj.

Cena Atual Regiões de Gestão de RSU	Destinações sem ganhos de escala e inadequadas		Destinações com ganhos de escala		Total disponível	Pressuposto de Adequação	Investimento necessário
	Qtde. de municípios	t/ano	Qtde. de municípios	t/ano	t/ano		R\$, mil
Apucarana	18	27.543	05	30.612	58.154	ampliar aterro	2.368,45
Campo Mourão	10	46.673	15	25.529	72.202	ampliar aterro	2.784,97
Cascavel	15	120.686	09	21.587	142.273	ampliar aterro	2.520,13
Cornélio Procópio	09	17.513	08	22.529	40.042	ampliar aterro	2.675,38
Curitiba	04	15.443	25	1.112.421	1.127.864	utilizar existente	0
Foz do Iguaçu	08	120.195	0	0	120.195	implantar aterro	2.509,88
Francisco Beltrão	02	25.270	25	52.053	77.322	ampliar aterro	2.645,00
Guarapuava	09	63.891	08	23.071	86.962	ampliar aterro	2.941,27
Irati	05	31.988	14	50.712	82.700	ampliar aterro	2.750,71
Ivaiporã	09	19.991	0	0	19.991	utilizar existente	0
Jacarezinho	11	45.649	13	23.332	68.981	ampliar aterro	2.723,90
Londrina	20	315.662	05	10.831	326.494	implantar aterro	5.166,44
Maringá	13	46.535	13	165.966	212.501	ampliar aterro	2.776,75
Paranaguá	02	10.293	05	60.187	70.480	ampliar aterro	2.581,03
Paranavaí	27	43.156	17	51.085	94.240	ampliar aterro	2.575,09
Pato Branco	06	41.879	09	14.604	56.483	ampliar aterro	2.498,94
Ponta Grossa	08	157.890	02	6.698	164.588	implantar aterro	3.436,88

Cena Atual Regiões de Gestão de RSU	Destinações sem ganhos de escala e inadequadas		Destinações com ganhos de escala		Total disponível	Pressuposto de Adequação	Investimento necessário
	Qtde. de municípios	t/ano	Qtde. de municípios	t/ano	t/ano		R\$, mil
Telêmaco Borba	07	38.089	01	3.873	41.962	implantar aterro	2.503,86
Toledo	11	80.177	07	7.183	87.360	implantar aterro	2.810,68
Umuarama	24	65.085	0	0	65.085	implantar aterro	2.996,25
PARANÁ	218	1.333.60 9	181	1.682.271	3.015.880	-	51.265,61

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Conforme apresentado no Quadro 21, definiram-se três (03) pressupostos de adequação das destinações finais inadequadas ou individuais (sem ganhos de escala), quais sejam:

- Implantação de aterros sanitários de grande porte nas regiões com muito pouco resíduo já sendo destinado para aterros sanitários de grande porte (com ganhos de escala), utilizando-se para a leitura da curva paramétrica de custos de instalação (Thá et al., 2014) o volume total de resíduos disponível na região;
- Ampliação de aterro sanitário nas regiões com uma quantidade razoável de resíduos já sendo destinada para locais de maior porte e com ganhos de escala, utilizando-se para a leitura da curva paramétrica de custos de instalação o volume de resíduos adicional na região, advindo dos locais em adequação;
- Destinação de resíduos para aterro sanitário de grande porte já existente, dado o pequeno volume de resíduos gerados que demandam adequação. Como exemplo, toma-se a região de Ivaiporã, que encaminha na cena atual, 19,99 t/ano de resíduos para a destinação final, volume equivalente a 55 t/dia.

Seguindo-se os passos acima, chega-se ao valor necessário de investimento global no Estado de R\$ 51,27 milhões. Esse investimento inicial, entretanto, não deve

ser absorvido pelo setor público dos municípios em adequação, uma vez que se trata de soluções privadas que cobram uma margem de retorno sobre o custo do aterramento para cobrir os gastos iniciais e o risco da operação como um todo.

Importante notar que não se indicam locais específicos para a instalação ou ampliação dos aterros sanitários de maior porte, uma vez que se trata de abordagem conceitual que almeja subsidiar a estratégia de migração da lógica preponderante de soluções individuais para uma lógica de mercado, onde há o fomento de soluções privadas, de economia mista ou em consórcio e não de pequena escala.

Para o estabelecimento dos custos de operação com a destinação final de RSU sob a nova configuração ora explorada, novamente lê-se nas curvas paramétricas de custos de operação (Thá et al., 2014) os valores de referência de acordo com as novas escalas de operação atingidas, dessa vez em conjunto. Como exemplo, tem-se a região de Jacarezinho, onde onze (11) municípios demandam adequação e outros treze (13) municípios já utilizam soluções consorciadas, de economia mista ou mesmo privadas. A prerrogativa de se ampliar aterro sanitário existente advém do volume equivalente a 125 t/dia que deve ser destinado de forma conjunta. Para esse volume adicional de resíduos, atinge-se ganho de escala que permite custos estimados em R\$ 91,00/t aterrada. Uma vez que se pressupõe que as novas unidades sejam privadas, adiciona-se a esse custo a margem de lucro de 15% para se chegar ao custo final por tonelada de R\$ 105,00. Esse é custo passa a ser, então, o multiplicador das toneladas enviadas para a destinação final de todos os municípios que estão na hipótese de adequação, na região exemplificada de Jacarezinho.

Ests é o caso do município de Ribeirão do Pinhal, de 13,6 mil habitantes na região de Jacarezinho, que destina anualmente 2,55 mil toneladas ao seu aterro público municipal (classificado como Inadequado - C) ao custo parametrizado de R\$ 508,00/t (escala de operação de apenas 7 t/dia). Uma vez consorciado, esse município passa a contar com um custo de R\$ 105,00/t. Não obstante essa redução de custo com a destinação final, deve-se contabilizar os acréscimos com transbordo e transporte uma vez que a destinação deve ser fora da área municipal de Ribeirão do Pinhal.

Para a contabilização dos custos com transbordo e transporte, utilizam-se os mesmos parâmetros e pressupostos da base de análise, aplicados apenas aos

municípios ora em adequação. Assim como para os custos de instalação dos aterros sanitários, tem-se que os custos com a instalação das novas estações de transbordo são absorvidos pela iniciativa privada, que cobra por isso no valor da tonelada transbordada e transportada.

Quadro 22: Custos de manejo da Hipótese Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil).

Cena Atual PARANÁ	Custos com o manejo de RSU (R\$, mil)				
	Coleta Regular de RSU	Coleta Seletiva Formal de RSU	Destinação Final	Transbordo e Transporte	TOTAL
Custo anual atual (com inadequação da disposição final em noventa e nove (99) municípios)	422.071	46.835	301.612	89.083	859.601
Custo de instalação e ampliação de aterros sanitários de grande porte e de estações de transbordo para operação conjunta*	-	-	51.266*	-	-
Redução de custo anual de operação dos aterros sanitários de grande porte e do adicional transbordo e transporte	-	-	(47.349)	40.859	(6.489)
Novo custo anual de manejo de RSU	422.071	46.835	254.263	129.943	853.112

* O custo de instalação ocorre uma única vez, não entrando na composição dos custos anuais. Ademais, esse custo é absorvido pela iniciativa privada, que como contrapartida cobra 15% de margem de lucro sobre o custo de operação derivado das curvas paramétricas.

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Nota-se, pelo Quadro 22, que a hipótese ora aventada cumpre com o papel de promover a adequação da destinação final para os noventa e nove (99) municípios do estado que ainda utilizam vazadouros a céu aberto. Ademais, promove uma economia de custos em relação à situação atual, que além de trazer a inadequação da destinação, privilegia soluções individuais sobre as consorciadas. A nova forma de gestão da destinação final e do transbordo e transporte de RSU são apresentados no Quadro 23 e no Quadro 25, a seguir, para cada um (01) dos cenários prospectivos.

Quadro 23: Custos anuais de destinação final da Hipótese Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil).

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Custos anuais de destinação final da Hipótese Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil)	Cena atual	254.263	254.263	254.263	254.263
	Curto prazo	267.439	269.598	268.185	274.299
	Médio prazo	273.017	275.171	276.680	293.150
	Longo prazo	270.955	273.395	275.710	299.668

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

Nota-se pela comparação dos resultados apostos no quadro acima com aqueles que representam os custos atuais com a destinação final de resíduos, que há uma sensível redução: enquanto na cena atual essa economia monta em R\$ 47,35 milhões por ano, no longo prazo essa economia pode chegar de R\$ 61,26 milhões até R\$ 72,28 milhões sob cenários Estagnação e Aceleração, respectivamente.

Essa economia com a destinação final de resíduos é reduzida pelo acréscimo dos custos com transbordo e transporte, conforme apresenta-se no quadro abaixo. Não obstante esse incremento, ainda há uma compensação líquida de valores entre a redução de custos com a destinação e o aumento dos custos com o transbordo e transporte.

Quadro 24: Custos anuais de transbordo e transporte da Hipótese Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil).

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Custos anuais de transbordo e transporte da Hipótese Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil)	Cena atual	129.943	129.943	129.943	129.943
	Curto prazo	137.060	138.576	137.966	141.059
	Médio prazo	140.156	141.395	142.200	149.912
	Longo prazo	139.244	140.492	141.566	153.047

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

3.3. Síntese das Hipóteses Ind. e Conj. de Adequação da Disposição Final de RSU

As duas hipóteses aventadas atendem ao preceito de se encerrar em definitivo o envio de resíduos sólidos urbanos para áreas de disposição final inadequadas. A

consecução de ambas, entretanto, parte de lógicas distintas quanto à forma de efetivar tal adequação. Recapitulando-se, as hipóteses são:

- **Hipótese Ind.:** adequação da destinação final de RSU mediante a substituição de áreas de destinação inadequadas por aterros sanitários, mantendo-se a lógica preponderante de soluções municipais individuais; e
- **Hipótese Conj.:** adequação mediante a substituição de todas as destinações individuais de municípios por aterros sanitários em consórcio, incluindo as destinações inadequadas, rompendo-se a lógica de soluções individuais por soluções conjuntas.

O Quadro 25, a seguir, sintetiza os resultados obtidos para facilitar a compreensão das referências de ordens de grandeza econômica envolvidas nas hipóteses exploradas. Repete-se não se tratar, por óbvio, de estudos de viabilidade e implantação de unidades específicas.

Quadro 25: Custos de manejo atual e em comparação com as Hipóteses Ind. e Conj. de adequação da destinação final (R\$, mil).

Cena Atual PARANÁ	Custos anuais com o manejo de RSU (R\$, mil)					Custo de instalação para o setor público
	Coleta Regular de RSU	Coleta Seletiva Formal de RSU	Destinação Final	Transbordo e Transporte	TOTAL	
Custo atual*	422.071	46.835	301.612	89.083	859.601	n/a
Hipótese Ind.	422.071	46.835	430.638	89.083	988.627	103.234
Hipótese Conj.	422.071	46.835	254.263	129.943	853.112	n/a**

* O custo atual deve ser comparado com a importante ressalva de que se mantém a inadequação da disposição final em noventa e nove (99) municípios.

** Os custos de instalação na hipótese dois (02) são absorvidos pela iniciativa privada.

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

A Hipótese Ind. embute um dispêndio inicial de R\$ 103,23 milhões, além de custos de operação anuais significativamente maiores do que a Hipótese Conj.: são R\$ 135,32 milhões anuais a mais para a adequação via soluções de destinação individuais em relação à solução conjunta. Além disso, a consecução da Hipótese Conj. faria com que a totalidade dos municípios do Estado do Paraná destinasse adequadamente seus resíduos sólidos urbanos e ainda agregaria uma economia de 6,5 milhões anuais.

O Quadro 26, a seguir, apresenta os mesmos valores em comento, porém em suas perspectivas de variação futura com base nos cenários prospectivos. Nota-se que a economia auferida pela Hipótese Conj. sobre a Hipótese Ind. de adequação tende a ser majorada com os cenários, uma vez que a própria quantidade de resíduos deve crescer.

Quadro 26: Custos de manejo atual e em comparação com as Hipóteses Ind. e Conj. de adequação da destinação final por cenário e horizonte temporal (R\$, mil).

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Custos atuais com o manejo de RSU (sendo noventa e nove (99) municípios com destinação final inadequada)	Cena atual	859.601	859.601	859.601	859.601
	Curto prazo	907.693	922.020	923.632	951.006
	Médio prazo	939.865	953.816	966.119	1.029.913
	Longo prazo	945.545	960.546	976.463	1.067.698
Hipótese Ind.: Custos com o manejo de RSU, todas as destinações finais adequadas	Cena atual	988.627	988.627	988.627	988.627
	Curto prazo	1.046.605	1.065.405	1.067.938	1.100.312
	Médio prazo	1.086.451	1.103.296	1.118.343	1.192.099
	Longo prazo	1.093.840	1.111.812	1.130.422	1.235.833
Hipótese Conj.: Custos com o manejo de RSU, todas as destinações finais adequadas	Cena atual	853.112	853.112	853.112	853.112
	Curto prazo	899.067	911.129	911.636	937.602
	Médio prazo	927.523	940.218	951.129	1.012.511
	Longo prazo	931.012	945.261	959.725	1.048.593

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

4. RECICLAGEM: FLUXOS, EMPREGOS, BENEFÍCIOS E DIFICULDADES

4.1. Empresas e Empregos da Cadeia de Recuperação de Materiais

O primeiro passo para a avaliação dos benefícios econômicos da reciclagem de resíduos sólidos é compreender o mercado já existente no Estado do Paraná. Esse mercado se subdivide em estabelecimentos formais e atuações informais de triadores de material sem registros empresariais, e intenta-se capturar o porte de ambos.

O primeiro grupo é definido por empresas ou cooperativas que mantêm registros ativos perante o cadastro nacional de pessoas jurídicas da Receita Federal, perante as prefeituras municipais onde atuam por meio de alvará, obtém licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental responsável, mantêm planos de controle e prevenção ao incêndio atualizados perante o Corpo de Bombeiros, dentre outras obrigações pertinentes ao bom funcionamento do negócio.

De acordo com a associação CEMPRE (2014), a estrutura do mercado de sucatas no Brasil contém cinco perfis que atuam de forma distinta, a saber:

- O primeiro desses perfis é composto pelos catadores autônomos;
- O segundo por cooperativas ou associações de catadores e centrais de reciclagem;
- O terceiro por pequenos e médios sucateiros, que por vezes se denominam atravessadores;
- O quarto perfil sendo as grandes empresas de reciclagem, ou grandes sucateiros (aparistas, grandes depósitos ou grandes ferros-velho); e
- O último perfil são os próprios recicladores, que são empresas componentes da indústria de transformação.

Enquanto que o primeiro grupo é, por força até de sua definição, autônomo, não se espera formalidade em termos de estrutura empresarial, registro no CNPJ e outros. Já o segundo grupo, composto por cooperativas ou associações de catadores e centrais de reciclagem, deve ser registrado perante o CNPJ e operar dentro dos padrões esperados por um estabelecimento formal. Essa realidade, entretanto, não é ubíqua e diversas cooperativas ou associações ainda operam na informalidade. Já para o terceiro e quarto perfis, espera-se a devida formalidade e, portanto, registro junto ao CNPJ.

Para a captura das características do universo desses estabelecimentos formais de recuperação de material (terceiro e quarto perfis), se faz uso da base de microdados do Ministério do Trabalho, oriundos do Programa de Disseminação de Estatísticas do Trabalho (PDET) - base essa que já fora utilizada no documento prognóstico desse plano. Essa base de dados apresenta, de forma não-identificada, informações por município sobre o número de inscritos no CNPJ, a tipologia da atividade preponderante (conforme cadastro nacional de atividades econômicas - CNAE) e o número de vínculos empregatícios ativos da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).

Identifica-se pelo cadastro nacional de atividades econômicas do IBGE que a seção "E", que engloba água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação, conta com uma divisão própria para as atividades de coleta, tratamento e disposição de resíduos e para a recuperação de materiais (divisão trinta e oito (38)). Nessa divisão, são três (03) classes componentes ao grupo trezentos e oitenta e três (383) (recuperação de materiais), que representam o mercado da reciclagem. São elas as classes 3831-9 de recuperação de materiais metálicos; 3832-7 de recuperação de materiais plásticos; e 3839-4 de recuperação de materiais não especificados anteriormente.

Segundo o IBGE, o grupo de recuperação de materiais faz uso de materiais descartados obtidos pela separação e a classificação de materiais misturados com o uso de esteiras ou de outros meios de triagem (como por exemplo, papel, plásticos, latas de bebidas descartadas e metais). Já como processo de recuperação de materiais, entende-se "a separação e transformação de sucatas e resíduos em matérias-primas secundárias mediante a compactação, tratamentos químicos, físicos,

etc., permitindo nova transformação"⁸. Esse mesmo grupo compreende o tratamento de resíduos feito por usinas de compostagem, resultando em composto utilizado para a fertilização do solo.

Ainda segundo o IBGE, o grupo econômico de recuperação de materiais gera produtos que são absorvidos como insumo na indústria de transformação. Nota-se, com essa segregação das atividades econômicas, que os estabelecimentos classificados como sendo dedicados à recuperação de material são aqueles que não efetivam a reciclagem per se, haja vista que tratam de transformar resíduos em matérias-primas secundárias, essas sim prontas para a utilização pela indústria. A classificação está em linha com o próprio conceito de reciclagem, que trata do processo produtivo que faz com que um material recuperado seja transformado em novo produto. Utiliza-se como força de expressão o termo "recicladores" para as cooperativas e associações de catadores, por exemplo, muito embora tecnicamente esses sejam recuperadores de materiais, que assim o fazem por meio de triagem e preparação para a indústria da transformação.

De acordo com a estrutura de mercado indicada por CEMPRE (2014, op. cit.), os verdadeiros recicladores são o último perfil (nº 5), e são vinculados à indústria da transformação e não de recuperação de materiais. Afinal, esses recebem os materiais recuperados como insumos de sua produção, podendo utilizar, em detrimento à esses, insumos oriundos de processamentos primários (matérias-primas virgens).

Enfim, independente da tecnicidade dos termos tem-se que, de acordo com os dados da RAIS acima descritos, são seiscentos e vinte e cinco (625) estabelecimentos no Paraná que se dedicam, como atividade principal, à recuperação de materiais por meio da triagem e processamento para envio à indústria. Desse montante, são cento e setenta e um (171) as que focam suas atividades principais na recuperação de materiais metálicos (27,4%); duzentos e nove (209) que focam em materiais plásticos (33,4%); e outros duzentos e quarenta e cinco (245) que focam em outros materiais (39,2%). Como é de se esperar, as maiores cidades paranaenses reúnem a maior quantidade de estabelecimentos dedicados à recuperação de materiais. Não obstante,

⁸ Segundo notas explicativas do Cadastro Nacional de Atividades Econômicas do IBGE. Disponível em: <https://cnae.ibge.gov.br/?view=grupo&tipo=cnae&versao=9&grupo=383>

a somatória dos estabelecimentos nos vinte (20) municípios que mais tem registros, chega a 59% do total, indicando que se trata de um mercado disperso, com bastante ocorrência local.

Quadro 27: Quantidade de estabelecimentos dedicados à recuperação de materiais constantes na base da RAIS/PDET/MT de 2016.

Municípios e Regiões Metropolitanas	Recuperação de Materiais Metálicos	Recuperação de Materiais Plásticos	Recuperação de Outros Materiais	Total (recuperação de quaisquer materiais)	Participação em relação ao total (%)
Curitiba (RMC)	22	26	24	72	11,5%
Londrina (RMLO)	10	14	14	38	6,1%
Maringá	7	9	14	30	4,8%
Colombo (RMC)	5	10	12	27	4,3%
São José dos Pinhais (RMC)	6	14	5	25	4,0%
Araucária (RMC)	6	6	8	20	3,2%
Cascavel	4	4	10	18	2,9%
Campo Largo (RMC)	6	5	3	14	2,2%
Apucarana	1	7	6	14	2,2%
Fazenda Rio Grande (RMC)	3	4	6	13	2,1%
Pinhais (RMC)	1	6	6	13	2,1%
Cianorte	2	4	6	12	1,9%
Rolândia (RMLO)	2	7	3	12	1,9%
Mandirituba (RMC)	2	3	6	11	1,8%
Ponta Grossa	5	0	5	10	1,6%
Coronel Vivida	8	1	1	10	1,6%
Toledo	3	2	3	8	1,3%
Paranaguá	4	1	3	8	1,3%
Arapongas	0	2	5	7	1,1%
Ibiporã (RMLO)	0	2	5	7	1,1%
Demais Municípios	74	82	100	256	49,0%
PARANÁ	171	209	245	625	--

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Em termos de porte, pode-se classificar os estabelecimentos pela proxy do número de vínculos empregatícios formais mantidos. Uma fatia de 27% dos estabelecimentos, composta por cento e sessenta e oito (168) desses, mantinha no

registro da RAIS de 2016 entre um (01) e cinco (05) funcionários formalmente vinculados, podendo ser classificados como de pequeno porte. Apenas 10% (sessenta e dois (62)) dos estabelecimentos registrou ter entre seis (06) e dez (10) funcionários; enquanto que 8% (cinquenta e um (51)) registrou manter de onze (11) a vinte (20), podendo ser considerado como um grupo de médio porte. Finalmente, uma quantidade bastante diminuta de vinte e sete (27) estabelecimentos (4%) registrou ter mais de vinte e um (21) funcionários.

A maior gama de estabelecimentos do setor de recuperação de materiais, não obstante, não mantém nenhum funcionário registrado na RAIS. Ao todo, trezentos e dezessete (317) (51%) dos estabelecimentos operam com mão-de-obra de sócios e/ou trabalhadores informais (não registrados) e/ou temporários e/ou cooperados e/ou associados. É nesse grupo (com zero funcionários registrados) que se incluem as cooperativas e associações de triagem de material reciclável. Dessa forma, não se pode julgar o porte dos estabelecimentos com base no fato de não haverem funcionários registrados.

Como forma de se estimar o quantitativo de cooperativas ou associações de recicladores, perfil nº 2, toma-se como base o levantamento do panorama dos RSU do PERS/PR compilou diversas fontes de dados quanto à existência de unidades de triagem de resíduos, tal como a pesquisa primária de dados junto à cento e vinte e cinco (125) municípios, além de dados do SNIS, da CEMPRE, da PROVOPAR, do ILIX e do SEIRSU. Desse extenso esforço, identificaram-se duzentas e cinquenta (250) unidades de triagem em duzentos e dois (202) municípios com dados válidos. Com o pressuposto de que nem todos esses estabelecimentos mantêm registros na RAIS, alguns por apresentarem como atividade principal uma identificação CNAE diferente daquelas pertinentes à recuperação de materiais, outros por não contarem com registros formais, compila-se um total de quinhentos e trinta e nove (539) estabelecimentos. Esse quantitativo adiciona os resultados, por município, da base do PERS/PR aos trezentos e dezessete (317) estabelecimentos encontrados na RAIS, compatibilizando as duas (02) bases de dados.

Uma vez que a base da RAIS não permite distinguir dentre empresas e associações ou cooperativas de catadores, uma vez que ambas devem declarar seus dados para a dita relação anual (por mais que sejam dados negativos quanto ao

registro de empregados), pode-se apenas supor que a participação das associações e cooperativas seja um (01) dos motivos para o grande número de estabelecimentos com zero vínculos empregatícios formalmente registrados. Pode-se, por exclusão, supor que os estabelecimentos que contam com algum registro de mão-de-obra formal (e somam 49% do total) não são cooperativas ou associações de catadores, mas sim empresas.

Compreende-se pelas características acima que se trata de um mercado com bastante informalidade em termos de mão-de-obra contratada, além de ser bastante descentralizado geograficamente e pouco concentrado em termos da atuação de grandes empresas. Afinal, as vinte e sete (27) empresas de maior porte (com mais de vinte e um (21) funcionários) se localizam em vinte e três (23) municípios no total, sendo que apenas quatro (04) municípios no Estado contam com a instalação de duas delas (Céu Azul, Campo Largo, Curitiba e Maringá).

Em termos de empregos no mercado de recuperação de materiais (registrados ou não, cooperados ou associados), pode-se realizar uma mecânica de estimação por município, fundindo a base de análise da RAIS com aquela do panorama do PERS/PR, que identifica quais municípios detêm unidades de triagem, mesmo que informais. Essa estimativa resulta em 9,6 mil pessoas diretamente envolvidas com o setor no Estado do Paraná. O quantitativo advém da fusão das duas (02) bases de dados consultados, na qual tomou-se o devido cuidado para não haver dupla contagem. Os estabelecimentos e empregos podem ser assim segregados:

- Estabelecimentos registrados na RAIS com ao menos um vínculo empregatício formal, nos quais se pode supor a existência de dois (02) sócios, que então se somam ao rol de trabalhadores registrados e compõe um total de 3,1 mil trabalhadores;
- Estabelecimentos compreendidos como cooperativas ou associações de triagem (fruto do compêndio da base de estabelecimentos registrados na RAIS com zero vínculos formais com a base de dados do levantamento do PERS/PR para unidades de triagem). Para os municípios que indicam ter coleta seletiva formal ou unidades de triagem, mas para os quais não se obtiveram dados no levantamento do PERS/PR sobre os quantitativos

de estabelecimento ou de cooperados ou associados, aplicou-se o número mínimo de nove (09) triadores. Já para os estabelecimentos da RAIS com zero vínculos formais, multiplicou-se a quantidade de estabelecimentos com o número médio de cooperados por estabelecimento, mediante a média de dezoito (18) trabalhadores por estabelecimento. Essa média advém do extenso levantamento de dados do PERS/PR, que resulta em cento e oitenta e oito (188) cooperativas ou associações para as quais havia dados sobre a quantidade de cooperados ou associados. Nessas, aprendeu-se haver 3.400 trabalhadores, resultando na média de dezoito (18) trabalhadores por estabelecimento. Totalizam-se 6,5 mil cooperados ou associados.

Os números de estabelecimentos e empregos, acima descritos, devem ser complementados ainda pelos quantitativos referentes ao segundo grupo de atuação no mercado de recuperação de materiais. Trata-se do grupo de coletores e triadores autônomos de material reciclável, que atuam por meio de carrinhos à tração animal ou humana, bicicletas adaptadas, diretamente em sacos, ou mesmo fazendo uso de caminhonetes, vans, furgões e caminhões adaptados para acondicionar o grande volume de recicláveis coletados. Além de atuarem na coleta de resíduos recicláveis, como já observado e quantificado (em volume de resíduos) pela base de análise desenvolvida no primeiro capítulo, muitos desses coletores autônomos atuam também na triagem de materiais. Eis que, como o próprio nome do grupo indica, quantificar essa atuação é muito difícil, pois é de natureza informal.

O Quadro 28, a seguir, sintetiza os quantitativos de estabelecimentos e empregos no mercado de recuperação de materiais atuantes no Paraná, de acordo com as bases de dados e os pressupostos apenas descritos. Infelizmente, mesmo sabendo-se da forte presença de coletores informais que também realizam a triagem de materiais, tem-se a impossibilidade de estimar a quantidade de trabalhadores envolvidos. De acordo com o levantamento de dados do PERS/PR, dos duzentos e setenta e sete (277) municípios com dados válidos para esse tema, 85% (duzentos e trinta e cinco (235) municípios) indica contar com a presença de catadores informais de resíduos sólidos que atuam de forma dispersa pela cidade.

Quadro 28: Quantidade de estabelecimentos e empregos do mercado de recuperação de materiais.

Quantitativos do mercado de recuperação de materiais	Cooperativas e associações de triagem (em sua maioria)	Empresas de recuperação de materiais (em sua maioria)	Total em todos os estabelecimentos
Número de estabelecimentos com base RAIS (2016) e no levantamento do PERS/PR	539	308	847
Empregos estimados com base na RAIS e no levantamento do PERS/PR	6.538	3.107	9.645
Triadores de resíduos não cooperados, dispersos e atuando em estabelecimentos informais	--	--	--

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

Interessante notar que a segregação do perfil de atuação no setor de recuperação de materiais é bastante condizente às duas (02) atividades principais realizadas, quais sejam: em primeiro momento a triagem de materiais, da qual se ocupam a maior parte das cooperativas e associações e cerca de 68% dos trabalhadores; e em segundo momento a preparação para a indústria da reciclagem, por meio de processamentos e segregações mais refinadas de materiais triados.

Na média geral de estabelecimentos de recuperação de material que podem ser classificados como cooperativas ou associações e quantitativo de empregados, tem-se doze (12) triadores por estabelecimento. O resultado é fruto da somatória da estimativa de cada um dos trezentos e noventa e nove (399) municípios do Estado. Em Curitiba, por exemplo, tem-se média de vinte e um (21) trabalhadores por estabelecimento; em Londrina de oito (08); Maringá de doze (12) e Ponta Grossa de nove (09). Já para os estabelecimentos de preparação de materiais para a reciclagem (compreendidos como as empresas com um (01) ou mais vínculos formais na RAIS), tem-se uma média de dez (10) trabalhadores por estabelecimento.

4.2. Fluxos e Tipologias de Materiais Recicláveis nos Resíduos Sólidos Urbanos

A elaboração das bases de análise do presente documento (Capítulo 2) trouxe à tona as estimativas de fluxos de resíduos sólidos urbanos que são desviados da

disposição final por encaminhamento à indústria da reciclagem. Trata-se, assim, dos volumes que são processados pelo mercado de recuperação de materiais, conforme quantitativos de estabelecimentos e empregos realizado no item antecedente. Investiga-se aqui a relação entre esses quantitativos e os fluxos de resíduos.

O primeiro passo para se estipular os benefícios da reciclagem de materiais é por meio da subdivisão em tipos distintos de materiais. Para tanto, faz-se necessário conhecer a composição dos resíduos sólidos urbanos (ou seja, a gravimetria dos resíduos). Eis que a composição dos RSU é bastante variável, pois vincula-se ao nível de renda, dos hábitos de consumo e até mesmo da época do ano.

A presente análise segrega os recicláveis em apenas quatro (04) grandes grupos de material, quais sejam: i) metais ferrosos e não-ferrosos; ii) papel, papelão e embalagem longa-vida; iii) plástico filme, rígido e PET; e iv) vidro. Sabe-se que essa agregação é grosseira dado o alto nível de refino com o qual se segregam materiais recicláveis⁹. Não obstante, a justificativa para essa simplificação decorre do nível estratégico de planejamento do PERS/PR, aliado à ausência de dados refinados de âmbito estadual sobre a composição e o mercado de comercialização de tais resíduos.

O Quadro 29, a seguir, apresenta a comparação entre a composição gravimétrica utilizada como padrão no PERS/PR e cinco conhecidas análises

⁹ Como forma de se exemplificar essa miríade de especificações dos recicláveis, tem-se que as aparas de papel e papelão podem ser classificadas em: cartões, papel branco I (sem impressão e sem revestimento), branco II (formulários contínuos de papel branco sem papel carbono entre as folhas e sem revestimento carbonatado), branco III (papel de imprensa e jornal sem impressão de espécie alguma), branco IV (papéis brancos de escritório, manuscritos, impressos, cadernos usados sem capa); branco V (papéis brancos com grande quantidade de impressão ou com revestimento), jornal I (aparas e restos de bobinas de papel imprensa e jornal, sem impressão nem revestimento), jornal II (aparas de jornais gerados em redações, retorno de banca, livres de revistas e colas), jornal III (aparas de jornais gerados em redações, coleta de rua, com presença de até 10% de revistas e outros papéis, longa-vida (aparas de embalagens usadas ou não de cartão fabricado com fibra longa e laminado com polietileno e alumínio para alimentos), kraft I (sacos multifolhados, sacos de papel kraft refugados por defeitos ou não usados), kraft II) sacos multifolhados já usados, com fibras e cores diversas, sem seleção), kraft III (sacos multifolhados principalmente de cimento, misturados, sem batimento ou seleção), aparas paraná (artefatos de papel produzidos integralmente de pasta mecânica), cartolina I (cartão e cartolina, com ou sem revestimento, sem impressão), cartolina II (cartão e cartolina, com ou sem revestimento, com impressão em cores variadas), cartolina III (cartão e cartolina brancos plastificados, com ou sem impressão), ondulado I (caixas de papelão ondulado fabricadas com capa de alta resistência), ondulado II (caixas, chapas ou refugos de papelão ondulado com menor resistência do que o tipo anterior), ondulado III (caixas, chapas ou refugos de papelão ondulado podendo conter até 20% dos outros tipos), revistas (revistas velhas com defeitos ou impressas em papéis com ou sem revestimento), misto I (papéis usados mistos de escritórios, gráficas, aparas coloridas, cartões, etc.), misto II (papéis usados mistos de escritórios, lojas comerciais, residências), misto III (papéis usados mistos de todas as procedências), e tipografia. Fonte: Relatório Estatístico BRACELPA 2011/2012 apud CEMPRE, 2014.

gravimétricas, quais sejam: estimativa a nível nacional, realizada por IPEA (2012); gravimetria dos resíduos da capital paranaense, realizada pela empresa responsável pela coleta de RSU em 2011, ano da análise; gravimetria do município de Pinhais, na Região Metropolitana de Curitiba, conforme apresentada em seu Plano de Saneamento Básico (2012); a gravimetria dos resíduos do município de Toledo, conforme apresentada em seu Plano Municipal de Coleta Seletiva; e finalmente a composição gravimétrica da coleta seletiva, apresentada por CEMPRE (2016) como resultado da pesquisa junto a 1.055 municípios brasileiros.

Quadro 29: Comparação entre diferentes análises gravimétricas de RSU e o adotado no panorama do PERS/PR.

Material		PERS/PR (panorama)*	Brasil (IPEA, 2012)	Curitiba (CAVO, 2011)	Pinhais (2012)	Toledo (2015)	CEMPRE (2016)**
Rejeitos	Diversos (fraldas, estopas, borracha, trapos, madeiras)	18,7%	16,7%	10,1%	21,5%	32,6%	35% (rejeito)
Orgânicos	Fração orgânica pastosa	48,0%	51,4%	47,9%	46,1%	22,7%	
Recicláveis	Total	33,3%	31,9%	42,0%	32,4%	44,7%	65%
	Metais ferrosos e não- ferrosos	--	2,9%	2,0%	2,4%	2,2%	8%
	Papel, papelão e embalagem longa-vida	--	13,1%	17,5%	14,3%	17,6%	36%
	Plástico filme, rígido e PET	--	13,5%	17,8%	13,0%	21,9%	15%
	Vidro	--	2,4%	4,7%	2,8%	3,1%	6%

* Nota-se que os percentuais indicados são resultantes da composição, por município, das diferentes gravimetrias adotadas por porte municipal, como já descrito no panorama e no prognóstico.

** Os resultados de CEMPRE (2016) referem-se exclusivamente à coleta seletiva.

Fonte: Compilado a partir de IPEA (2012), CAVO (2011), Pinhais (2012), Toledo (2015) e CEMPRE (2016) por EnvEx-Engelbio (2018).

Nota-se que há certa consistência entre as análises gravimétricas, mesmo tendo sido executadas por profissionais distintos em locais específicos e em épocas também

não homogêneas. As metodologias e amostras adotadas pelos levantamentos citados também diferem. Em Toledo, por exemplo, compuseram-se os valores por meio de amostra de dois (02) setores de coleta, além de uma (01) carga oriunda da coleta seletiva e outra oriunda de coleta containerizada.

Já em Pinhais, tem-se o resultado estratificado por bairros, o que acaba por demonstrar a variação existente em função da renda. Nos bairros centrais da cidade, a fração de recicláveis é de 50,1% e os orgânicos apenas 15,1%; já em alguns bairros periféricos de ocupação mais recente, essas frações são, respectivamente, de 46,5% e 16,6%. Os resultados apresentados são os agregados, ponderados por volume de resíduos. Outro detalhe interessante da análise gravimétrica realizada pelo município de Pinhais é a forma de contabilização do resíduo orgânico. Esse foi metodologicamente limitado como aquele em condições próprias para o tratamento via compostagem. Pelo critério mais restrito da metodologia em relação aos orgânicos, uma maior fração foi considerada como rejeito.

Mesmo com as diferentes fontes, enfim, deve-se estimar uma composição padrão para os resíduos recicláveis no âmbito do presente estudo sobre os benefícios gerados pela reciclagem no Estado do Paraná. Para tanto, parte-se da composição já utilizada no panorama e no prognóstico, passando-se a alocar as seguintes subdivisões entre os materiais recicláveis (que juntos compõe 33,3% do total): 2,1% sendo metais ferrosos e não-ferrosos (6,3% dos recicláveis); 13,8% sendo papel, papelão e embalagem longa-vida (41,3% dos recicláveis); 14,6% sendo plástico filme, rígido e PET (43,8% dos recicláveis); e 2,9% sendo vidro (8,6% dos recicláveis). Os percentuais foram obtidos de forma samaritana, qual seja: pela média de quatro (04) das fontes supracitadas (IPEA, 2012), CAVO (2011), Pinhais (2012) e Toledo (2015). Uma vez que CEMPRE (2016) traz a composição exclusiva da coleta seletiva e espelha uma realidade nacional em detrimento à paranaense, optou-se por não considerar esses resultados. Ademais, a média simples foi adotada haja vista a arbitrariedade em se optar por quaisquer outros critérios.

Com base no exposto, torna-se possível aplicar a subdivisão dos resíduos em seus distintos materiais para compreender a composição do RSU efetivamente desviado da disposição final, bem como estimar a quantidade e tipologia de materiais

recicláveis que são dispostos em aterros sanitários e em vazadouros a céu aberto (como, infelizmente, ainda é o caso para noventa e nove (99) municípios do Estado).

Quadro 30: Geração, reciclagem e disposição final de resíduos recicláveis urbanos (RSU) na Cena Atual (t/ano).

Materiais Recicláveis	Geração		Não Disponibilizados para Coleta*	Enviados à Reciclagem**	Enviados para Disposição Final
	t/ano	%	t/ano	t/ano	t/ano
Total	1.175.943	100%	60.037	304.681	811.225
Metais ferrosos e não-ferrosos	73.566	6,3%	3.756	19.061	50.749
Papel, papelão e embalagem longa-vida	486.214	41,3%	24.823	125.976	335.415
Plástico filme, rígido e PET	514.884	43,8%	26.287	133.404	355.193
Vidro	101.278	8,6%	5.171	26.241	69.867

* Os resíduos recicláveis não disponibilizados para a coleta ocorrem devido ao grau de cobertura da coleta domiciliar de diversos municípios, que é inferior a 100%; pode-se supor que essa fração de recicláveis é disposta de forma incorreta no ambiente.

** A fração de resíduos que é enviada à reciclagem deriva da metodologia aplicada na construção da base de análise, fruto dos fluxos de coleta (seletiva formal e informal) e da triagem; estão descontados da fração enviada à reciclagem os rejeitos oriundos da coleta formal.

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Nota-se no Quadro 30 que há uma significativa fração de recicláveis, equivalente à 5,1% do gerado, que é disposta no meio ambiente sem ser coletada (independente de ser efetivamente reciclada ou não). Essa fração é derivada dos municípios que não disponibilizam sistemas de coleta de resíduos para todos os seus munícipes. Ainda é prática comum, apesar dos riscos ambientais e à saúde pública que a prática incorre, a queima de resíduos em propriedades rurais.

Da fração de 94,9% dos recicláveis gerados como resíduos sólidos urbanos, 25,9% é aquela que é efetivamente encaminhada à reciclagem via coleta (formal e informal) e triagem. Pode-se assumir que os 9,6 mil trabalhadores no Estado do Paraná que se dedicam à atividade de recuperação de material têm 304,68 mil toneladas por ano de matéria prima oriunda dos resíduos sólidos urbanos. Importante ressaltar, no entanto, que ainda há uma outra fatia de resíduos recicláveis que são oriundos dos resíduos gerados nas indústrias (RSI), tema de análise do próximo item.

Os restantes 69,0% dos resíduos recicláveis são enviados à disposição final. Trata-se de um volume de resíduos considerável que não é aproveitado. Deve-se reforçar, no entanto, que não é todo o material reciclável pós-consumo que é de fato passível de ser reciclado, seja por questões de viabilidade técnica, seja por dificuldades de seleção e processamento. Segundo cartilha de reciclagem do plástico publicada pela Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2016), dentre esses fatores, estão: a sujeira das embalagens; a presença de impressão *silk screen*; o mesmo tipo de material com cores diferentes; a presença de contaminantes; a falta de identificação dos polímeros na embalagem; os materiais diferentes com pigmentação branca (copos); a falha na padronização da identificação; o uso incorreto ou excessivo do número “7” - outros na identificação da embalagem; e a presença de contaminantes como selos de alumínio.

Calculando-se a representatividade dessa fração de recicláveis que é aterrada em relação ao total que é enviado à disposição final, tem-se 26,9%. Ou seja, mais de um quarto dos resíduos enviados aos locais de disposição final no Paraná não deveriam ter esse destino; seguindo-se a pirâmide invertida de prioridades para a gestão de resíduos, tal fração deveria ser segregada e enviada à reciclagem.

Uma vez que a composição da base de análise (que representa o *status quo*) já previu um incremento nos graus de cobertura dos serviços de coleta de resíduos e também nas taxas de coleta seletiva, a fração de recicláveis que compõe a massa de resíduos enviada para disposição final é gradativamente reduzida. O Quadro 31, a seguir, expõe a participação percentual de recicláveis na massa de RSU enviada à disposição final com os pressupostos adotados.

Quadro 31: Fração de resíduos recicláveis na massa dos RSU enviados à disposição final.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Fração de resíduos recicláveis na massa dos RSU enviados à disposição final	Cena atual	26,90%	26,90%	26,90%	26,90%
	Curto prazo	26,62%	25,83%	24,77%	23,81%
	Médio prazo	25,09%	24,13%	22,76%	21,82%
	Longo prazo	23,47%	22,26%	20,53%	19,51%

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

Mesmo com os pressupostos de paulatina melhora nos graus de cobertura dos serviços de coleta de resíduos e de aumento nas taxas de coleta seletiva de materiais, no longo prazo ainda se pode antever a destinação de cerca de uma quarta parte a uma quinta parte de resíduos recicláveis para disposição final.

4.3. Fluxos e Tipologias de Materiais Recicláveis nos Resíduos Sólidos Industriais

Como descrito no panorama dos resíduos sólidos do Paraná e calculados pelo prognóstico, há um significativo montante de resíduos gerados pelo setor industrial que não compõe o rol de resíduos urbanos. O manejo dos resíduos industriais (ou seja, sua coleta, tratamento e destinação final) está ao encargo das próprias indústrias, não representando custos diretos ao setor público. Não obstante, somam à problemática dos resíduos no Estado e demandam conhecimento para sua correta gestão, notadamente quando não encontram o correto manejo e acabam: ou sobrecarregando o setor público, que realiza parte das ações de manejo; ou ainda quando acabam dispostos no ambiente, gerando prejuízos coletivos dispersos.

O volume de RSI gerado é muito superior ao RSU, como já identificado pelo panorama: na cena atual, tem-se no Paraná uma geração estimada de 24,03 milhões de toneladas de RSI Classe II (similares em composição aos domiciliares) contra 3,53 milhões de toneladas de RSU. Geram-se, ainda, estimadas 544.000 toneladas por ano de resíduos perigosos, ou de Classe I. Claramente, apenas uma fração desse grande montante gerado pode ser classificado como resíduo reciclável.

Como forma de se perscrutar a participação dos resíduos recicláveis no bojo de produção de resíduos sólidos industriais, toma-se como base o cadastro de geração de resíduos do CTF/IBAMA, base previamente descrita, analisada e explorada no prognóstico. De acordo com o último ano disponível do CTF, 2016, tem-se o registro no Paraná da geração de resíduos de 1.367 indústrias, com um total de 4.568 entradas sobre o perfil e a quantidade dos resíduos gerados, já excluídos aqueles que são perigosos (Classe I)¹⁰.

¹⁰ As indústrias respondentes abarcam diversas atividades, quais sejam: Indústria de Produtos Minerais Não Metálico; Metalúrgica; Mecânica; de Material Eletrônico e Comunicações; de Material de Transporte;

A maior parte dos resíduos gerados pela indústria, como era de se esperar pelo perfil da atividade, se constitui de frações não recicláveis oriundas de processos produtivos, tais como agrotóxicos e afins, resíduos contendo substâncias perigosas, resquícios de da confecção, da fabricação de peças e equipamentos, de lavagem, limpeza, remoção de tintas e vernizes, de colas ou vedantes, de aditivos, escórias, lodos, borras, aparas, limalhas, serragem, areias de leitos fluidizados, areia de fundição, poeiras, óleos e gorduras alimentares, dentre outros.

Há, ainda, resíduos metálicos que são recicláveis (e certamente reciclados devido ao alto valor de mercado), notadamente as sucatas de diversos materiais metálicos; resíduos de alumínio, cobre, bronze e latão; resíduos de ferro e aço. Embora recicláveis, esses resíduos não se assemelham aos resíduos dos quatro (04) grandes grupos de materiais recicláveis equiparáveis aos urbanos (metais, papéis, plásticos e vidro).

Diversos dos resíduos apenas listados, embora não se enquadrem nos quatro (04) grandes grupos de materiais recicláveis equiparáveis aos urbanos, tal como metais, papéis, plásticos e vidro, são passíveis de reutilização por outros processos produtivos. Essa reciclagem industrial não demanda, outrossim, do tratamento de triagem que demandam os quatro (04) grupos recicláveis equivalentes aos produzidos pelos resíduos sólidos urbanos.

Também ocorre, embora em menor proporção, a geração de resíduos recicláveis oriundos basicamente de embalagens e resíduos de produção que podem ser aproveitados em equivalência aos recicláveis gerados pelos RSU. São eles: embalagens de metal; embalagens de papel e cartão, de longa-vida; embalagens plásticas e aparas de matérias plásticas; e embalagens de vidro e outros vidros. A somatória dessas categorias de resíduos monta em apenas 0,33% do total gerado pela indústria componente da base amostral do CTF em 2016.

O Quadro 32, a seguir, apresenta a segregação das informações do CTF por perfil industrial, uma vez que cada processo gera um perfil específico de resíduos.

de Madeira; de Papel e Celulose; de Borracha; de Couros e Peles; Têxtil de Vestuário Calçados e Artefatos de Tecidos; de Produtos de Matéria Plástica; do Fumo; Diversas; Química; e de Produtos Alimentares e Bebidas.

Nota-se, por exemplo, que na amostra de indústrias de fabricação de materiais eletrônicos e de comunicações, há uma expressiva geração de plásticos; já na indústria de material de transporte, há preponderância na geração de resíduos de metal. O total de resíduos de Classe II não equiparáveis aos quatro grupos de recicláveis urbanos monta em 99,67% do volume total desses resíduos gerados pela indústria. Reforça-se tratar de uma classificação conservadora entre os recicláveis e os demais resíduos Classe II gerados, pois adotou-se o foco da equiparação desses recicláveis com aqueles gerados nos resíduos sólidos urbanos.

Quadro 32: Perfil da geração de resíduos recicláveis industriais, segundo amostra CTF/Paraná de 2016.

Indústrias	Metais, ferrosos e não-ferrosos	Papel, papelão, longa-vida	Plásticos	Vidros	Outros Resíduos Classe II
Produtos Alimentares e Bebidas	0,00%	0,05%	0,09%	0,03%	99,82%
Fumo	0,00%	1,39%	0,36%	0,00%	98,25%
Têxtil de Vestuário Calçados e Artefatos de Tecidos	0,43%	6,86%	2,05%	0,01%	90,66%
Couros e Peles	0,07%	0,30%	0,29%	0,00%	99,34%
Madeira	0,00%	0,04%	0,01%	0,00%	99,95%
Papel e Celulose	0,00%	2,90%	0,21%	0,00%	96,89%
Química	0,01%	0,07%	0,04%	0,00%	99,87%
Borracha	0,00%	0,19%	0,36%	0,00%	99,45%
Produtos de Matéria Plástica	0,40%	7,24%	37,48%	0,00%	54,87%
Produtos Minerais Não Metálicos	6,81%	0,56%	0,14%	0,00%	92,48%
Metalúrgica	3,26%	0,54%	0,48%	0,00%	95,72%
Material Eletrônico e Comunicações	2,33%	5,17%	12,06%	0,41%	80,04%
Mecânica	1,23%	4,28%	1,34%	0,13%	93,02%
Material de Transporte	0,70%	7,57%	1,79%	0,10%	89,84%
Diversas	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	99,98%

Fonte: Compilado a partir de CTF/IBAMA, 2016 por EnvEx-Engebio, 2018.

Com base nas informações da geração de resíduos sólidos industriais descrita no prognóstico, torna-se possível realizar o cruzamento com o perfil de geração de recicláveis apenas descrito. Essa estimativa resulta na identificação de perfil industrial, por município, e fração de resíduos recicláveis. O resultado é a estimativa de que se geram, no Paraná, 192,46 mil toneladas anuais de RSI recicláveis. A divisão desses resíduos é apresentada no Quadro 33, a seguir, que também reflete o perfil das indústrias paranaenses, uma vez que cada uma apresenta uma composição distinta de resíduos recicláveis gerados.

Quadro 33: Estimativa de geração de resíduos recicláveis pela indústria paranaense.

Material		Geração (t)	% do gerado	% dos recicláveis
Recicláveis equiparáveis aos recicláveis urbanos	Total	192.456	0,80%	--
	Metais ferrosos e não-ferrosos	38.249	0,16%	19,87%
	Papel, papelão e embalagem longa-vida	100.120	0,42%	52,02%
	Plástico filme, rígido e PET	50.358	0,21%	26,17%
	Vidro	3.729	0,02%	1,94%
Outros Resíduos Classe II		23.838.339	99,20%	--

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

4.4. Recicláveis Totais Oriundos dos RSU e RSI

Como visto no item anterior, a indústria gera apenas 0,8% de resíduos Classe II que podem ser classificados como recicláveis equiparáveis aqueles gerados pelos resíduos sólidos urbanos. Mesmo com essa representatividade tão diminuta frente à geração total de resíduos Classe II pela indústria paranaense, em termos absolutos tem-se um montante equivalente a 16,4% do total de resíduos recicláveis gerados nos resíduos sólidos urbanos (RSU). Isso ocorre haja vista a grande produção de RSI, praticamente 7 vezes maior que a de RSU. O perfil dos resíduos também se altera: enquanto no RSU a geração de resíduos de metal (ferrosos e não-ferrosos) monta em 73,57 mil toneladas por ano, ou seja, 6,3% dos recicláveis, na geração de recicláveis no RSI esse montante é de 38,25 mil toneladas, ou 19,9% dos recicláveis.

O Quadro 34, a seguir, apresenta a geração total de resíduos recicláveis, segregados nos quatro (04) grandes tipos de resíduos, oriundos dos RSU e dos RSI.

Quadro 34: Estimativa de geração de resíduos recicláveis dos RSU e RSI (t).

Material		Geração de recicláveis dos RSU	Geração de recicláveis dos RSI	Geração de recicláveis total (RSU+RSI)
Recicláveis urbanos e industriais equiparáveis aos urbanos (t)	Total	1.175.943	192.456	1.368.399
	Metais ferrosos e não-ferrosos	73.566	38.249	111.815
	Papel, papelão e embalagem longa-vida	486.214	100.120	586.334
	Plástico filme, rígido e PET	514.884	50.358	565.242
	Vidro	101.278	3.729	105.007

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Do volume de geração apresentado no Quadro 34, sabe-se que apenas uma fração daqueles gerados dos RSU são efetivamente encaminhados à reciclagem, sendo que 69% é enviado à disposição final, desrespeitando a pirâmide invertida de hierarquias preconizadas pela gestão de resíduos. Já quanto ao fluxo de resíduos recicláveis oriundos das atividades industriais, pode-se supor com razoável precisão que a totalidade é efetivamente reciclada. Essa conclusão se apoia em alguns pressupostos, quais sejam:

- A base de dados das indústrias que foi utilizada na estimativa apenas apresentada (idem a do prognóstico) exclui estabelecimentos pequenos, que fazem uso predominante dos sistemas públicos municipais de gestão de resíduos pois não são grandes geradores. Ou seja, o resíduo por eles gerado está contabilizado no RSU e não no RSI;
- A responsabilidade pela gestão de resíduos industriais é do gerador, ou seja, as próprias indústrias devem destinar seus resíduos e, claramente, arcar com os custos da destinação. Uma vez que os materiais recicláveis são passíveis de destinação sem custo via doação para cooperativas ou associações de triadores, ou mesmo são potenciais geradores de receita caso sejam vendidos para estabelecimentos que atuam na recuperação

de materiais, há um inegável incentivo econômico para que seja realizado o encaminhamento ao tratamento em detrimento à alternativa de disposição final. Essa última opção traz custos associados que as outras opções não trazem.

Com as estimativas de volume de resíduos gerados e também efetivamente tratados no Paraná, pode-se finalmente relacionar o tamanho do mercado existente da reciclagem com o volume por ele tratado. Afinal, com a somatória dos resíduos sólidos urbanos recicláveis que são efetivamente desviados da disposição final e dos recicláveis gerados na indústria, tem-se o total de matéria-prima para o setor de triagem e preparação de materiais para a reciclagem.

Quadro 35: Quantidade de estabelecimentos e empregos do mercado de recuperação de materiais e relação com o volume de materiais disponibilizados para reciclagem.

Quantitativos do mercado de recuperação de materiais	Triagem (cooperativas e associações de triagem)	Preparo (empresas de recuperação de materiais)	Total em todos os estabelecimentos
Número de estabelecimentos com base RAIS (2016) e no levantamento do PERS/PR	539	308	847
Empregos estimados com base na RAIS e no levantamento do PERS/PR	6.538	3.107	9.645
Volume de resíduos disponibilizados para reciclagem (t/ano)	304.681 (exclusivo RSU)	497.137 (RSU + RSI)	497.137
Relação de empregos para cada cem (100) toneladas disponibilizadas para reciclagem	2,15	0,62	1,94

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Compilando-se os dados obtidos anteriormente, pode-se estimar que no Paraná ocorrem 1,94 empregos para cada cem (100) toneladas de resíduos recuperados. O Quadro 35 traz a quantidade de material recuperado, segregando as atividades de triagem e preparo dos materiais, conforme já explorado no primeiro item do presente capítulo. Pode-se, com razoável acurácia, assumir que a triagem de resíduos via associações ou cooperativas não comercializa seus resíduos diretamente para a indústria. Essa conclusão se apoia nas pesquisas de Trombetta (2011), Jorge (2015) e Conke (2015). Dessa forma, o fluxo de resíduos que passa pela triagem é

encaminhado, necessariamente, para o preparo que é realizado por empresas também conhecidas como sucateiros. Esses fazem o acúmulo e preparo de materiais da forma adequada para a comercialização direta com as indústrias.

Não obstante, sabe-se que as cooperativas ou associações coletam resíduos recicláveis diretamente de indústrias, assim como fazem com grandes gerados como *shopping centers*, por exemplo. Consequentemente, dever-se-ia contabilizar uma fração dos RSI recicláveis para a triagem; embora não haja nenhum parâmetro para tal. De forma análoga, não se sabe quanto de triagem as empresas classificadas como sendo de 'preparo' realizam. Deve haver, ademais, uma fração dos recicláveis industriais que sequer passam pelo setor de recuperação e são enviados diretamente da indústria geradora para a indústria de transformação que recebe o resíduo como matéria-prima.

Mesmo sabendo-se da limitação inerente a essa opção, alocou-se a totalidade dos RSU para os triadores e a totalidade dos resíduos disponíveis para a reciclagem (RSU e RSI) para os preparadores com forma de se ter o balizador de empregos por volume processado de resíduos. Esse balizador é utilizado no próximo capítulo na estimativa do efeito nos empregos oriundos de aprimoramentos na gestão de resíduos.

4.5. Estimativa dos Benefícios da Reciclagem

O presente item toma como base analítica o estudo desenvolvido pelo IPEA (2010) intitulado "Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos". O levantamento teve como principal objetivo a estimativa dos benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem de resíduos sólidos urbanos. A partir da mensuração desses benefícios, o estudo embasa a proposição de diretrizes para possíveis esquemas de pagamento por serviços ambientais urbanos provenientes dessa atividade.

IPEA (2010) estima os benefícios relacionados à reciclagem segregados naqueles de cunho econômico e noutros ambientais. Para o primeiro grupo, tem-se como pressuposto principal que a indústria da transformação adquire insumos oriundos da reciclagem uma vez que esses sejam menos custosos do que aqueles oriundos de insumos virgens; de outra forma, a reciclagem não teria viabilidade econômica. Os

benefícios econômicos da reciclagem, portanto, são aqueles oriundos da subtração entre os custos dos insumos para produção primária daqueles custos obtidos a partir da reciclagem. O Quadro 36, a seguir, apresenta tais valores, já corrigidos monetariamente pelo IPCA/IBGE, haja vista que são referentes ao ano de 2008.

Quadro 36: Benefícios econômicos da reciclagem (IPEA, 2010).

Material	Custo dos insumos para produção primária (R\$/t)	Custo dos insumos a partir da reciclagem (R\$/t)	Benefício econômico líquido (R\$/t)
Aço	984	757	226
Papel	1.224	636	588
Plástico	3.189	1.115	2.074
Vidro	469	255	214

Fonte: Adaptado de IPEA (2010) por EnvEx-Engenio, 2018.

Segundo IPEA (2010), a reciclagem do vidro, por exemplo, permite uma redução nos custos de produção de R\$ 469,00 por tonelada para R\$ 255,00, ou seja, uma redução de 45,6%. O uso de celulose virgem custa R\$ 1.224 por tonelada, enquanto que sua substituição por fibras recicladas permite economia de R\$ 588,00/t, reduzindo o custo de produção para R\$ 636,00 (redução de 48%). Apesar do raciocínio simples e direto, a composição dos valores expostos no Quadro 36 demandou diversas estimativas e levantamentos.

Para cada um dos materiais estudados, IPEA (2010) identificou as principais matérias-primas utilizadas, a quantidade de energia e água consumida, bem como os resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) gerados. Para tanto, foram utilizados coeficientes de eficiência física, sempre que possível, relativos à realidade da indústria brasileira. Esses coeficientes foram convertidos em valores, utilizando-se estimativas de preço médio dos insumos, calculado na Pesquisa Industrial Anual do IBGE, e de preço médio da eletricidade industrial no país, à época. Para a estimativa do custo da reciclagem, IPEA (2010) considerou o custo do material secundário, da água e da energia; por fim, partiu-se do pressuposto de que uma tonelada de material recuperado poderia ser convertida em uma tonelada de produto final.

IPEA (2010) ressalta que, dada a quantidade de simplificações e pressupostos adotados, deve-se considerar os valores obtidos como referências estimadas e,

portanto, com cautela. Uma dessas simplificações é o tratamento do plástico com base em um plástico misto teórico, que compõe em um item único as diversas matérias-primas derivadas dos polímeros. Não obstante, tem-se no documento um significativo avanço em relação à compreensão do conhecimento dos benefícios econômicos e ambientais derivados da produção a partir de materiais recicláveis que substituem matérias-primas virgens para cada um dos materiais foco da pesquisa.

Importante também notar que IPEA (2010) traz dados específicos para o alumínio. Optou-se por não se distinguir aqui esse material do aço, uma vez que se torna impossível estimar a quantidade gerada exclusivamente em sucatas de alumínio. Dessa forma, a inclusão do alumínio na categoria metal, comparada com os valores produzidos por IPEA (2010) para o aço, produz resultados mais conservadores, haja vista que o benefício econômico e ambiental do alumínio é significativo.

Para a estimativa dos benefícios ambientais da reciclagem, IPEA (2010) utilizou-se dos custos ambientais de produção de energia para criar um denominador comum entre as matérias-primas virgens e aquelas oriundas da reciclagem. Afinal, o consumo energético das primeiras é mais intenso do que das segundas, e uma vez que a produção de energia é associada a diversos impactos ambientais, pode-se realizar a subtração dos custos envolvidos. Os custos ambientais associados à geração de energia, por sua vez, foram obtidos por IPEA (2010) por meio de pesquisa bibliográfica e focou apenas alguns aspectos do meio ambiente que são afetados mais diretamente pelos empreendimentos geradores de energia. Dadas as diversas limitações metodológicas, devem-se compreender os resultados como sendo estimativas conservadoras dos custos ambientais trazidos pela geração de energia utilizada pelas indústrias.

O Quadro 37, a seguir, apresenta os custos associados à produção de energia utilizada pelas indústrias no processamento de matérias-primas virgens e oriundas de recuperação, podendo-se obter por subtração uma estimativa dos benefícios líquidos da reciclagem. Nota-se que os valores originais de IPEA (2010) foram corrigidos monetariamente pelo IPCA/IBGE, haja vista que são referentes ao ano de 2008.

Quadro 37: Benefícios ambientais da reciclagem associados à redução no consumo de energia (IPEA, 2010).

Material	Custos ambientais associados à geração de energia para produção primária (R\$/t)	Custos ambientais associados à geração de energia para reciclagem (R\$/t)	Benefício ambiental líquido (R\$/t)
Aço	60,90	13,92	46,99
Papel	21,35	4,03	17,32
Plástico	11,69	2,49	9,19
Vidro	42,74	37,08	5,67

Fonte: Adaptado de IPEA (2010) por EnvEx-Engenio, 2018.

Importante notar que IPEA (2010) traz, adicionalmente, cálculos relativos aos benefícios ambientais de emissões evitadas de gases de efeito estufa, associados à redução no consumo de água, e também relativos à redução de necessidade de área para o cultivo da monocultura do eucalipto. Uma vez que há maior segurança em relação à metodologia utilizada para a estimativa dos benefícios ambientais oriundos da redução no consumo de energia, além desse se apresentar como valor mais representativo, opta-se por utilizar somente esse indicador ambiental.

Uma vez que foram estimadas as quantidades de materiais recicláveis que são efetivamente encaminhados às indústrias como matérias-primas recuperadas, oriundas tanto dos resíduos sólidos urbanos como dos industriais, pode-se realizar a aplicação dos benefícios líquidos estimados por IPEA (2010) para a obtenção dos benefícios monetários econômicos e ambientais da reciclagem que ocorre atualmente no Estado do Paraná.

Reforça-se que a estimativa oriunda da aplicação dos dados de IPEA (2010) no âmbito do presente relatório é conservadora, sendo o verdadeiro rol de benefícios ambientais da reciclagem muito maior devido à geração de externalidades positivas. Infelizmente, as externalidades positivas da reciclagem sobre o meio ambiente e a sociedade são frequentemente ignoradas na contabilidade tradicional dos prós e contras da gestão de resíduos, uma vez que a minimização da geração de resíduos e a reciclagem evitam a poluição ao mesmo tempo em que diminuem a pressão sobre a extração de matérias-primas diretamente na natureza.

O Quadro 38, a seguir, traz a aplicação dos valores líquidos promovidos pela reciclagem de IPEA (2010) para os fluxos de resíduos recicláveis estimados para a cena atual no Paraná. Tem-se quatro (04) fluxos distintos, sendo o 1º deles aquele pertinente aos resíduos recicláveis gerados pelas atividades industriais. Uma vez que se supõe que a totalidade desses resíduos são efetivamente reciclados, tem-se a geração de R\$ 176,78 milhões anuais de benefícios líquidos oriundos dessa recuperação.

O setor industrial gera em resíduos de metal o volume de 38,25 mil toneladas na cena atual. Caso a indústria da transformação que demanda metais como insumos produtivos fosse adquirir esse mesmo volume mediante a produção de fontes primárias, estaria incorrendo em um custo de R\$ 37,62 milhões (o custo dos insumos para produção primária desse tipo de material, conforme estimativa do IPEA, 2010, atualizada pela inflação, é de R\$ 984,00 por tonelada). Uma vez que o custo equivalente para os insumos oriundos da recuperação de metais é de R\$ 757,00 por tonelada, tem-se que a indústria da transformação que adquire as mesmas 38,25 mil toneladas oriundas de materiais recuperados incorre um custo de R\$ 28,97 milhões. O benefício econômico da diferença de custos na aquisição dos materiais recicláveis em detrimento aos de produção primária é, portanto, de R\$ 8,66 milhões. De forma análoga, os custos ao meio ambiente em termos de impactos causados pelo consumo energético é R\$ 1,8 milhões menor ao se utilizarem metais reciclados em detrimento ao uso de materiais virgens.

Somando-se os benefícios totais auferidos pela recuperação dos recicláveis gerados pela indústria (RSI) com aqueles gerados pela população em geral (RSU) e que são efetivamente recuperados, tem-se a geração de R\$ 541,91 milhões anuais. O montante é equivalente a 0,14% do PIB do Estado do Paraná (R\$ 376,96 bilhões).

Quadro 38: Benefícios da reciclagem no Paraná, com base em IPEA (2010).

Fluxo de Materiais Recicláveis	Benefícios	Total (R\$, mil)	Metal (R\$, mil)	Papel (R\$, mil)	Plástico (R\$, mil)	Vidro (R\$, mil)
Recicláveis dos RSI efetivamente recuperados (benefícios auferidos)	Benefício Econômico	172.763	8.655	58.869	104.442	797
	Benefício Ambiental	4.015	1.797	1.734	463	21

Fluxo de Materiais Recicláveis	Benefícios	Total (R\$, mil)	Metal (R\$, mil)	Papel (R\$, mil)	Plástico (R\$, mil)	Vidro (R\$, mil)
	Benefício Total	176.779	10.452	60.603	104.905	818
Total de recicláveis gerados no RSU (benefícios hipotéticos)*	Benefício Econômico	1.392.057	16.647	285.888	1.067.868	21.655
	Benefício Ambiental	41.297	3.457	20.366	10.812	6.663
	Benefício Total	1.433.355	20.103	306.254	1.078.679	28.318
Recicláveis do RSU efetivamente recuperados (benefícios auferidos)	Benefício Econômico	360.675	4.313	74.072	276.679	5.611
	Benefício Ambiental	4.453	896	2.182	1.227	149
	Benefício Total	365.128	5.209	76.254	277.906	5.759
Recicláveis dos RSU encaminhados para disposição final (benefícios perdidos)*	Benefício Econômico	960.311	11.484	197.220	736.669	14.938
	Benefício Ambiental	11.855	2.384	5.809	3.266	396
	Benefício Total	972.166	13.868	203.029	739.934	15.334
Recicláveis dos RSU e dos RSI efetivamente recuperados (benefícios auferidos)	Benefício Econômico	533.439	12.968	132.941	381.121	6.408
	Benefício Ambiental	8.468	2.693	3.916	1.690	170
	Benefício Total	541.906	15.661	136.857	382.810	6.578

* Parte-se do pressuposto que a totalidade dos resíduos recicláveis pós-consumo detenham o potencial de serem reciclados, o que na prática dificilmente se verifica devido a algum grau de restrição (seja de vias tecnológicas que inviabilizam a recuperação, seja por meio de contaminação do material).

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

Somando-se os benefícios econômicos e ambientais de todos os resíduos recicláveis gerados pela população paranaense (RSU), tem-se um valor anual de R\$ 1,43 bilhão. Trata-se de benefício hipotético, uma vez que apenas a fração de um quarto é efetivamente recuperada. Não obstante, tem-se que tais benefícios montam em 0,38% do PIB do Estado. Como forma de se compreender a relevância do valor dos recicláveis, tem-se que o crescimento do PIB paranaense entre os anos de 2014 e 2015 foi de 0,41%, ou seja, de R\$ 1,55 bilhão.

A recuperação efetiva dos recicláveis gerados nos resíduos sólidos urbanos monta em R\$ 365 milhões, ou seja, 25,5% do valor total que é gerado, literalmente, no

lixo. A maior parte desses benefícios é oriunda da economia com a aquisição de materiais virgens, ou seja, benefícios econômicos. Os benefícios ambientais, restritos apenas à valoração econômica dos custos ambientais oriundos da economia de energia, representam 1,22% do montante total. Reforça-se tratar de estimativa subestimada, que ao menos representa parte das externalidades positivas da recuperação de materiais pós-consumo. Dos resíduos que mais retornam benefícios pela recuperação, a categoria dos plásticos vem em primeiro lugar, seguida do papel, papelão e longa-vida. Essas posições são composições do valor economizado por tonelada de cada categoria de resíduo e da quantidade que é gerada.

Embora os benefícios da reciclagem efetivamente realizada de RSU montem em vultuosos R\$ 365 milhões, torna-se interessante comparar tal valor com os R\$ 972 milhões em potenciais benefícios que são, literalmente, jogados no lixo todos os anos. Trata-se do cálculo dos benefícios econômicos e ambientais hipotéticos da fração de resíduos recicláveis que são, em detrimento da recuperação, enviados para disposição final (portanto, não aproveitados, pois sequer biogás passível de recuperação energética esses resíduos geram). O montante representa uma fração de 0,26% do PIB, ou seja, R\$ 81 milhões por mês (ou ainda, R\$ 2,7 milhões por dia).

O valor líquido dos benefícios que poderiam ser auferidos por meio da recuperação dos recicláveis que têm como destinação os aterros sanitários e vazadouros a céu aberto do Paraná pode ser comparado com os custos de manejo dos RSU. Eis que os benefícios não auferidos, de R\$ 972 milhões por ano, representam: 2,3 vezes o valor gasto com a coleta regular de RSU; 20,8 vezes o valor gasto com a coleta seletiva de RSU; 3,2 vezes o valor gasto com a própria disposição final de RSU; ou ainda 10,9 vezes o valor dispendido com transbordo e transporte de RSU.

Os benefícios líquidos da reciclagem, demonstrados com base em IPEA (2010), representam significativos valores que poderiam estar sendo auferidos pela sociedade paranaense. Uma vez que o benefício não aproveitado dos RSU recicláveis é da exata mesma ordem de grandeza que os custos anuais com o manejo desses mesmos resíduos, tem-se um paradoxo econômico: porque, com essa volta de benefícios, a reciclagem não ocorre em maior escala? Ensaia-se um endereçamento a essa questão no item subsequente.

4.6. Sobre o Mercado da Recuperação de Materiais: o Paradoxo dos Baixos Níveis de Reciclagem

Como descrito no item anterior, desperdiça-se na Paraná um valor aproximado de R\$ 2,7 milhões por dia com a disposição final de resíduos recicláveis. O montante de benefícios econômicos que é literalmente aterrado por ano é de R\$ 960 milhões, e representa 3,2 vezes o valor dispendido pelas municipalidades paranaenses com a disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Eis que o montante de recursos econômicos "aterrados" é ainda maior, uma vez que a destinação de RSU para disposição final demanda a consecução de custos de operação do próprio aterro sanitário. Dessa forma, caso o montante de resíduos recicláveis que atualmente é enviado à disposição final deixasse de sê-lo, haveria uma economia adicional ao benefício já calculado da ordem de R\$ 54,44 milhões. Trata-se do custo com o aterramento indevido de resíduos recicláveis, que elevaria o benefício total da recuperação dos materiais recicláveis para R\$ 1,01 bilhão por ano no Estado.

Uma vez que o aproveitamento efetivo dos resíduos recicláveis é de apenas 25% do benefício econômico possível de ser auferido, deve-se investigar as razões para o paradoxal comportamento de mercado. Eis que os países desenvolvidos vêm, ao longo dos últimos vinte (20) anos, aprimorando o grau de aproveitamento dos benefícios da reciclagem. A reintrodução de materiais pós-consumo no processo produtivo promove a redução na demanda por matérias-primas virgens, além de reduzir os custos com a disposição final dos materiais que seriam, não fosse a reciclagem, considerados rejeitos. A figura abaixo traz a evolução da destinação dos resíduos sólidos urbanos nos vinte e oito (28) países-membro da União Europeia, em quilos por habitante por dia, conforme dados estatísticos recentes¹¹.

¹¹ Disponível em: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generation

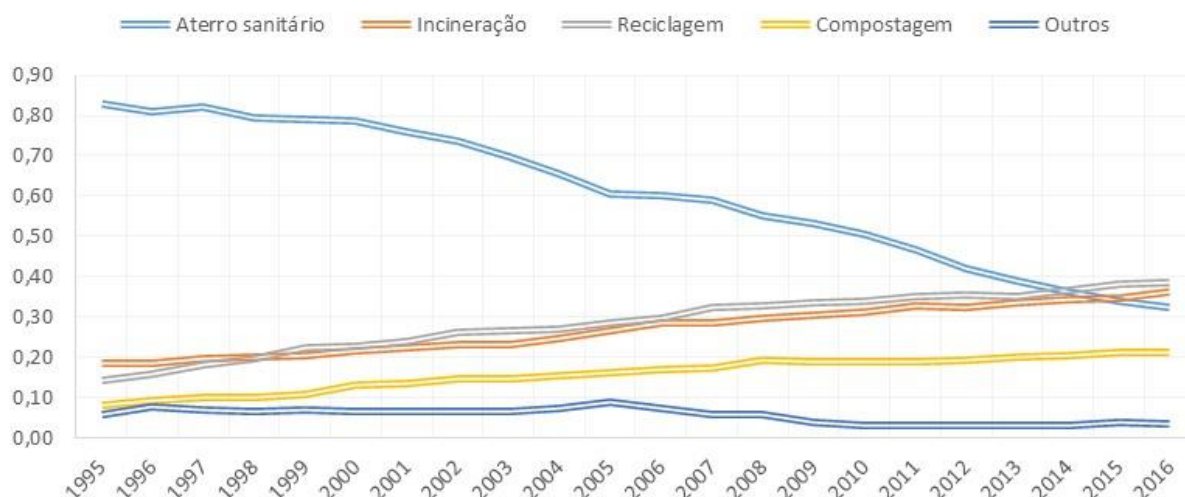


Figura 2: Evolução da destinação de RSU na União Europeia (kg/hab/dia).

Fonte: Adaptado de União Europeia (2018) por EnvEx-Engebio, 2018.

Nota-se que há uma gradual e constante redução no montante de resíduos que é destinado aos aterros sanitários, com contrapartida do volume reciclado e incinerado. Os aterros sanitários recebiam, em 1996, 61% dos RSU gerados; passando para 42% em 2006 e para apenas 24% atualmente (2016). Nesse mesmo intervalo temporal, as frações reciclada e incinerada, que seguem trajetórias semelhantes, passaram de 12% e 14% em 1996 para 21% e 20% em 2006, chegando finalmente em 29% e 28% em 2016, respectivamente. Há, também, incremento da fração tratada via compostagem, que em 1996 era de 7%, passou a ser de 12% em 2006 e atualmente é de 16%.

A trajetória demonstrada pela figura acima ilustra a resolução do paradoxo atualmente encontrado no Paraná: há recursos financeiros e benefícios societários (externalidades positivas) a serem auferidas pela redução da fração de RSU que é destinada para aterros sanitários e passa a ser tratada. Grande parte dos países europeus atingiu taxas de reciclagem elevadas graças a uma combinação de investimentos em:

- Incentivos educacionais e financeiros para a segregação dos resíduos sólidos urbanos na fonte (ou seja, no domicílio, nas empresas, comércios, instituições públicas e outros);
- Estabelecimento de fluxos de logística reversa em conjunto com os produtores para responsabilizar atores por especificidade de materiais e dar mais eficiência à coleta seletiva;

- Provisão de infraestrutura física para a gestão de recicláveis, desde contêineres em áreas urbanas, rotas especiais de coleta seletiva, até centrais de reciclagem de alta tecnologia e desempenho; e
- Aumento substantivo dos custos com aterramento de rejeitos e adoção de sistemas complementares de incineração e compostagem.

Nota-se que os quatro (04) pontos expostos tangenciam estratégias de fomento e estruturação do mercado da recuperação de materiais. Afinal, a reciclagem é, ao fim e a cabo, uma atividade econômica que só ocorre uma vez que há possibilidade de comercialização do material pós-consumo.

Segundo informações do ISWA (2012), a Bélgica e a Dinamarca atingiram índices de reciclagem de 95% dos materiais pós-consumo gerados já no início da presente década. Ou seja, apenas uma fração de 5% do total de resíduos gerados é considerado rejeito e necessita de aterro sanitário para destinação final. Nesse percentual de reciclagem estão incluídos os materiais triados e reintroduzidos no processo produtivo bem como a parcela que é incinerada e "reciclada" para fins energéticos - processo conhecido como "Waste to Energy" (do lixo para energia).

De acordo com a mesma fonte, na Itália, França e Portugal os percentuais de reciclagem são de, respectivamente, 65%, 55% e 25%. Já no Japão, país com severas restrições de área para instalação de aterros sanitários e densamente habitado, o índice de reciclagem é de 88%. Nos Estados Unidos, onde o uso de aterros sanitários predomina, o índice de reciclagem é de 32%. Em suma, a motivação para os altos percentuais de reciclagem dos países desenvolvidos advém do valor de *commodity* dos materiais recuperados e da competitividade da cadeia da reciclagem, relativa aos altos custos de disposição final, seja em aterro sanitário ou incineração.

O que se observa no Paraná, em contraste, é uma baixa segregação de resíduos na fonte (ou seja, nos domicílios), índices ainda insuficientes de cobertura e eficiência da coleta seletiva, aliados à uma infraestrutura para triagem e preparação de recicláveis bastante dispersa de microempresas, somada ainda à trabalhadores informais no reuso e reparo de materiais. Segundo os dados ora levantados, o índice de reciclagem sobre o total gerado no Paraná é de apenas 8,6%.

Uma vez que a mensuração da indústria da recuperação de materiais no Paraná é em si um trabalho complexo dado o alto grau de informalidade e inexistência de dados e estatísticas oficiais mensurados de forma consistente e com a devida abrangência, resta a elaboração de estimativas com base nos resultados já conquistados pelo PERS/PR.

Uma vez que IPEA (2010) estimou os custos dos insumos de produção dos quatro (04) grandes grupos de materiais recuperados para a indústria consumidora, tem-se base de valores para o resultado final da agregação de valores que se faz mediante a coleta, triagem e preparação de resíduos para a reciclagem. Ou seja, tem-se o valor de venda, ou faturamento, do setor de recuperação de materiais, que pode ser então estimado mediante a multiplicação dos valores por tonelada e tipologia de resíduos pelos volumes gerados. O resultado, já somados os grupos metal, papel, plástico e vidro, apontam para um faturamento anual de R\$ 399,82 milhões, contabilizando-se os recicláveis (matéria-prima do setor de recuperação) oriundos dos RSU e dos RSI.

O faturamento bruto desvendado deve ser suficiente para fazer frente aos custos totais da atividade, quais sejam: a coleta de resíduos (quando essa não é realizada pelo poder público municipal, ou ainda é realizada em complemento à coleta formal municipal); o transporte de resíduos entre todos os locais envolvidos; os custos de processamento; a manutenção das estruturas físicas para triagem, preparo e acondicionamento do material; a margem de lucro dos seus atores; e, claro, a remuneração pela mão-de-obra.

Estimando-se que a absorção dos custos totais, exceto com mão-de-obra, seja de uma terça parte do total faturado, tem-se dois terços para representar os ganhos dos trabalhadores do setor. De acordo com o levantamento de dados primários do PERS/PR, desvenda-se que o rendimento médio mensal de um triador cooperado ou associado de resíduos é de R\$ 902,97 por mês. Ao se fracionar a amostra por porte municipal, observa-se que os triadores em municípios mais populosos auferem rendas superiores, de R\$ 1.001,81 mensais.

Esse rendimento, desvendado para o Paraná pelo levantamento do PERS/PR, alinha-se com aquele levantado para o Estado por IPEA (2013) em estudo intitulado

"Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável - Região Sul". A referência analisa dados de 2010, com base nos resultados do Censo Demográfico, e conclui por uma renda do trabalho das pessoas envolvidas na atividade de coleta e reciclagem de R\$ 580,12. Nota-se que essa renda é superior ao valor do salário mínimo da época. Corrigindo-se a renda média desvendada por IPEA (2013) pela inflação pelo IPCA/IBGE, tem-se a equivalência atual de R\$ 915,68, exatamente em linha com aquela trazida pelo PERS/PR para a média estadual (R\$ 902,97).

Uma vez que se estima a quantidade de triadores em 6,5 mil trabalhadores no Estado, pode-se concluir a fatia de 20% do faturamento bruto seja referente à remuneração dessa mão-de-obra, no total de R\$ 79,96 milhões por ano. Os 47% restantes, ou R\$ 186,52 milhões anuais, são apropriados pelos 3,1 mil trabalhadores das empresas de recuperação de material, incluindo a remuneração pelo capital investido, ou seja, a margem de retorno. No cômputo realizado, tem-se um valor médio mensal de R\$ 5,0 mil para esses trabalhadores.

Embora estimados, os valores acima condizem com o encontrado na literatura. Segundo Carvalho (2009, apud Ribeiro et al., 2014), os preços obtidos pela venda do material reciclável coletado pelas cooperativas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro são inferiores aos preços pagos pelas indústrias aos atravessadores em 114%, em média. Ribeiro et al. (2014) basearam-se em modelagem de insumo-produto para simular os impactos propiciados pela reciclagem sobre a economia fluminense para o ano de 2008, concluindo que a atuação das cooperativas de catadores analisadas originou uma economia de recursos de aproximadamente R\$ 50,68 milhões para a economia fluminense. O valor está em ordem de magnitude similar àquele encontrado como benefício econômico para a atuação das cooperativas e associações do Paraná, de R\$ 79,96 milhões.

Segundo um dos poucos estudos que estimam o faturamento total com a coleta e venda de materiais recicláveis no Brasil (CEMPRE, 2013), concluiu-se que as cooperativas se apropriam de apenas 8% dos valores gerados pela reciclagem, sendo que os demais 92% são apropriados pelos outros canais (sucateiros, atravessadores e atacadistas). Aplicando-se a fração de 8% do valor gerado pela reciclagem para os dados do Paraná, ter-se-ia uma apropriação equivalente a R\$ 408,00 por mês por triador, o que não condiz com a realidade observada. Não obstante, o estudo mostra

que o rendimento do triador associado ou cooperado é realmente baixo em relação aos benefícios promovidos pela reciclagem pelo setor.

A cadeia da reciclagem é complexa e inclui atores, como os catadores de material reciclável, as cooperativas e diversos níveis de sucateiros (atacadistas), que vão desde pequenos e informais negócios até indústrias de pequeno, médio e grande porte. Os rendimentos da cadeia da reciclagem diferem também pelos caminhos que o resíduo percorre entre a geração e a chegada nas centrais de triagem ou diretamente nas empresas de preparo (sucateiros). Estimou-se na base de análise (Capítulo 2) que cerca de 75% do que é coletado em materiais recicláveis o é por roteiros informais.

Essa importante fração de coleta de RSU recicláveis, da qual não se detém informações devido à informalidade da atividade, é relativa aquela coletada por catadores que se antecipam ao caminhão de coleta regular e/ou que separam materiais em empresas ou prédios de forma paralela ao sistema "normal". Geralmente essa catação é focada em materiais facilmente comercializáveis, notadamente garrafas PET, latas de alumínio, fiação de cobre e papel/papelão, vendidas diretamente para empresas de recuperação (sucateiros). É justamente pela preferência por materiais como a PET e o metal, que os percentuais de tais materiais recebidos pelas centrais de triagem é geralmente inferior às estimativas de geração desses materiais, fazendo com que a maior proporção recebida nas cooperativas e associações seja de outros plásticos, papel e papelão.

A existência de coleta paralela é indicativo de que existem diferentes graus de organização dos atores, de diferentes economias de escalas e de distintos graus de articulação com os demais elos da cadeia de reciclagem. Tal diversidade faz que cada um obtenha um retorno potencial com a lida com recicláveis, independentemente de se tratem dos mesmos produtos.

Um dos fatores preponderantes para o baixo rendimento relativo dos cooperados e associados em relação aos demais elos da cadeia é pela estrutura de mercado oligopsonista. Tal estrutura de mercado é caracterizada por poucos compradores e inúmeros vendedores; inverso ao caso do oligopólio, onde existem apenas alguns vendedores e vários compradores. Ou seja, o vendedor (cooperativas e associações) é

fragilizado perante os compradores, cujo poder de compra permite ditar preços e auferir assim uma maior margem relativa.

As cooperativas e associações, via de regra, comercializam seus materiais diretamente com estabelecimentos do perfil 3 - pequenos e médios sucateiros (também conhecidos como atravessadores), que posteriormente revendem os materiais para os grandes sucateiros ou ainda diretamente para as indústrias de transformação (sendo que são essas que realizam, de fato, o processo de reciclagem, adicionando os recuperados como insumos de produção). As vendas das cooperativas e associações são realizadas, geralmente, a cada quinze (15) dias, sendo que os compradores buscam o material diretamente no local.

As instalações da maior parte das cooperativas e associações não detêm estruturas apropriadas para estocagem de materiais, o que fragiliza a relação de mercado com os compradores uma vez que há necessidade de se comercializar o estoque independente dos valores de compra, como forma de se obter o giro de caixa necessário. Há, portanto, intrínseca dificuldade para as cooperativas e associações em comercializar diretamente com as indústrias de transformação devido às exigências de qualidade e quantidade de material, além da gestão de recebimentos, que podem demorar até sessenta (60) dias para serem realizados.

A realidade exposta nos quatro (04) parágrafos à esse antecedentes foi feita sob a ótica das cooperativas e associações, ressaltando a posição de fragilidade mercadológica desses estabelecimentos perante as empresas conhecidas como sucateiros ou atravessadores. Isso não deve permitir reforçar o preconceito (já enraizado)¹² de que os pequenos e médios sucateiros (perfil 3) são praticantes de atos ilícitos e exploram as cooperativas e associações.

O fato dos sucateiros e atravessadores deterem uma posição de maior vantagem negocial perante os vendedores é justamente o reflexo do arranjo atual de mercado, onde as cooperativas e associações não conseguem, grosso modo, negociar diretamente com as indústrias compradoras dos insumos. Os sucateiros e atravessadores ocupam o espaço de mercado que se forma entre a condição de

¹² Para análises de bastante profundidade referentes ao tema, ver Trombetta, 2011 e Conke, 2015.

entrega dos materiais recicláveis oriundos das cooperativas e associações e as condições exigidas de compra desses mesmos materiais pelas indústrias de transformação. Nesse sentido, os sucateiros e atravessadores se tornam elos fundamentais da cadeia da recuperação de materiais e acabam por não receber o apoio técnico, gerencial e social do qual, por diversas vezes, também carecem.

Conke (2015) bem observa que, no relacionamento entre os agentes do mercado da recuperação de materiais (cooperativas ou associações, atravessadores, sucateiros, preparadores e indústrias) há uma pouco explorada barreira oriunda da atuação da própria indústria de produção. Do design do produto, passando pela escolha das formas e materiais das embalagens, até chegar na identificação de quais materiais são ou não recicláveis e até das informações sobre como e onde descartá-los, a indústria da produção se vê pouco dedicada à correta reciclagem. As demandas de responsabilidade estendida do produtor deveriam incluí-la de forma mais ativa no ciclo reverso de produtos, mas os custos de disposição e descarte (que as vezes tornam-se custos ambientais) ainda não são compartilhados (Conke, 2015).

Outro fator que influencia a capacidade de apropriação de renda do mercado de recuperação de materiais pelas cooperativas e associações é a heterogeneidade da organização de gestão e de performance desses estabelecimentos. Ribeiro et al. (2014) analisaram dados de trinta e três (33) cooperativas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, desvendando que há entre elas uma variação de 45% do valor médio de número de cooperados ou associados, indicando relativamente baixa dispersão dessa variável. Mesmo com quantidades relativamente similares de trabalhadores, a variável de produção por trabalhador mostrou 73% de variação em relação à sua média. Outro indicador com alta variação foi o de produtividade total, que teve seu desvio padrão correspondente a 60% da sua média. Os resultados indicam uma forte dispersão de valores da amostra em relação ao valor médio da distribuição. Segundo os autores, a cooperativa analisada que obteve a maior produtividade física demonstrou ter produção aproximadamente setenta e oito (78) vezes superior à cooperativa com a menor produtividade física.

As diferenças nas performances desses indicadores se mostram relevantes para esse Plano Estadual de Resíduos Sólidos, pois os achados de Ribeiro et al. (2014) encontram paralelo nas cooperativas e associações do Paraná, como relevado por

Trombetta (2011). A autora analisou, pelo método de estudo de caso, vinte e três (23) municípios pertencentes à Região Metropolitana de Curitiba, verificando que faltam equipamentos e locais próprios e adequados as unidades de triagem de resíduos sólidos urbanos. Trombetta (2011) observa que as condições de trabalho são precárias e insalubres na maioria dos locais, principalmente, pela ausência de gerenciamento, bem como ineficiência e problemas no processo de separação de resíduos.

Em achados similares aos de Ribeiro et al. (2014), Trombetta (2011) classificou as unidades de triagem investigadas como tendo médio (45%) ou baixo desempenho (55%). Por outro lado, observou-se que se bem gerenciadas as unidades atingem altos percentuais de separação e, com isso, agregam valores aos resíduos ao promover a inserção socioeconômica de pessoas em situação de fragilidade social.

Avaliações de performance como as realizadas pelos autores supracitados devem ser realizadas para orientar os investimentos necessários em infraestrutura e em capacitação humana. Apenas assim se torna possível promover a efetiva elevação do patamar dos estabelecimentos de menor produtividade, permitindo aos trabalhadores ao menos a equiparação com seus pares. Consequentemente, aumenta-se os benefícios sociais, econômicos e ambientais para toda a sociedade.

Além das dificuldades apontadas para as centrais de triagem, os próprios resíduos, objetos de trabalho do setor de recuperação de materiais, detêm, de forma geral, baixos valores agregados. Por um lado, os resíduos sofrem de oneração tributária equivalente às matérias-primas virgens. Por outro, seu valor é alterado devido ao estado físico dos materiais e seu grau de contaminação, que muitas vezes requer processos complexos de lavagem e transformação para serem reinseridos nos processos produtivos lado a lado às matérias-primas primárias.

Um exemplo cruel de contaminação de resíduos recicláveis é oriundo da própria indústria plástica em seu anseio de ser mais "sustentável". Segundo publicação-guia sobre a reciclabilidade de plásticos pós-consumo da ABIPLAST (2016), a inserção de sacolas plásticas com aditivos pró-degradantes (que rendem às sacolas o título de oxi-biodegradáveis) se torna prejudicial ao processo de reciclagem de resíduos plásticos pós-consumo. Segundo a fonte citada, as sacolas oxi-biodegradáveis "quando misturadas a outros plásticos pós-consumo, comprometem o processo de reciclagem

bem como as propriedades finais do material reciclado reduzindo, assim, a sua vida útil". Dessa forma, a ABIPLAST (2016) não recomenda o uso de materiais plásticos aditivados com pró-degradantes.

Além de sofrer as variações de preço de acordo com as características acima, os resíduos ainda são encontrados em quantidades pulverizadas que nem sempre compensam comercialização para reciclagem devido à logística necessária para sua recuperação e preparação como insumo produtivo. Um bom exemplo disso é a embalagem longa-vida, composta por lâminas de papelão e uma liga de alumínio e outra de plástico. O produto é reciclado por aproximadamente trinta e cinco (35) recicladoras no Brasil, que conseguem retornar cerca de um terço das embalagens que entram no mercado por ano ao ciclo produtivo. Cada recicladora tem uma solução para os componentes do longa-vida, sendo que o maior delas extrai as fibras de papel em Embu das Artes/SP (em unidade do grupo Suzano) para fabricar papel-cartão em outra unidade produtiva. O restante da embalagem segue para Araçatiguama/SP para a produção de telhas.

Outro fator que, paradoxalmente, explica a manutenção dos baixos valores praticados pela comercialização de materiais recicláveis é o próprio aumento no volume de reciclagem. Uma vez que na maior parte das vezes os processos produtivos não são desenhados para ter como insumos materiais recicláveis, a demanda por tais materiais tende a ser construída a partir da disponibilidade deles e de seu custo competitivo (igual ou menor do que a matéria prima virgem). Dessa forma, quando se aumenta demasiadamente a oferta de resíduos recicláveis, seu preço de mercado cai. Projeções apresentadas por CEMPRE (2013) indicam que um aumento de 20% na taxa de recuperação de resíduos recicláveis leve a uma redução de 10% nos preços.

Uma vez que compete com matérias primas primárias, o valor dos resíduos recicláveis também sofre variações com o preço da moeda estrangeira e com o barril de petróleo, adicionando volatilidade. Adicionalmente, a grande pulverização do mercado de materiais recicláveis por meio de diversas cooperativas e associações, faz com que haja uma grande variação regional de volumes e preços do mercado de recicláveis, sem acompanhamento e publicidade de negociações e formação de preços nacionais. Uma vez que a compra e venda de sucatas é em sua maioria realizada por

sucateiros não necessariamente formalizados, os níveis de preço tendem a se manter baixos e concorridos.

De acordo com levantamento histórico de preços de materiais recicláveis realizado por Conke (2015), pode-se observar a oscilação de valores em comento. O autor compilou, para nove (09) materiais recicláveis, os preços médios de venda de reportados por diversas cooperativas e programas de coleta seletiva no país para a publicação online CEMPRE Informa¹³. Segundo o autor, à exceção do papel branco, plástico filme e plástico rígido, todos os demais materiais apresentam valorização que supera a inflação, mensurada pelo IPCA/IBGE.

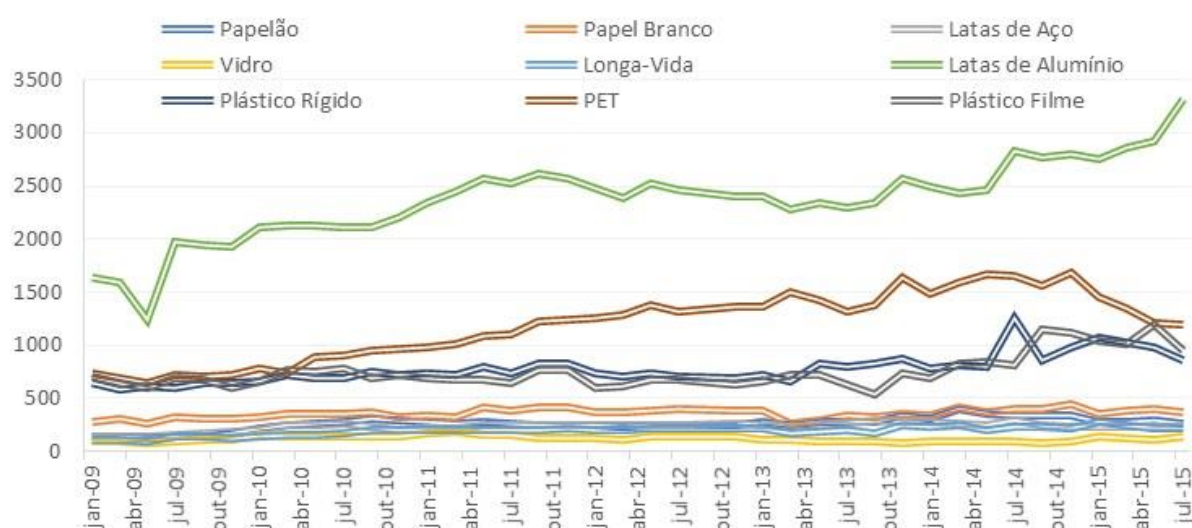


Figura 3: Evolução dos valores de venda de materiais recicláveis por cooperativas e associações (R\$/t).

Fonte: Reproduzido de Conke (2015) por EnvEx Engebio, 2018.

Mesmo se tratando de dados de 2009 a 2015, pode-se observar não apenas o histórico de variação dos preços de venda dos materiais, como também a diferença de valores entre eles. O vidro, cujo preço de venda era de R\$ 0,13 por quilo em julho de 2015, representa apenas 11% do preço da PET (R\$ 1,19) e apenas 4% do alumínio (R\$ 3,33). O alumínio é sem dúvida o material mais valioso que se produz no lixo. Não

¹³ CEMPRE Informa é um boletim bimestral da associação CEMPRE sobre reciclagem, disponível online em <http://cempre.org.br/cempre-informa/m/edicao>

é coincidência o fato de ser, também, o material mais recuperado, com índices de reciclagem que chegam a 98% do total gerado¹⁴.

O alumínio representa a lógica de oferta e demanda de mercado, pois o valor do alumínio virgem é muito alto. IPEA (2010) estimou o custo da tonelada de alumínio utilizando-se de produção primária em R\$ 6.162 por tonelada, contra o custo de produção de R\$ 3.447 por tonelada utilizando-se a matéria-prima recuperada, gerando um benefício líquido de R\$ 2.715 por tonelada (em valores de 2008). O mesmo estudo estima o benefício líquido da produção de vidro como sendo de R\$ 120,00 por tonelada, o que explica seu baixo valor de mercado quando se trata de insumos recuperados pós-consumo. Tanto isso ocorre que, segundo os preços de venda dos materiais recicláveis informados por cooperativas e associações para o já citado CEMPRE Informa (em sua última edição com os preços dos recicláveis, nº 154 de julho/agosto de 2017), em Nova Esperança, no Paraná, a tonelada do vidro vale R\$ 60,00; já em Mesquita, no Rio de Janeiro, o preço é de apenas R\$ 36,00; em Belo Horizonte, Minas Gerais, tem-se o valor de R\$ 160,00; enquanto que em Manaus, no Amazonas, não há mercado para o vidro pós-consumo.

De acordo com uma apresentação realizada por ABIPLAST (2013) sobre incentivos para o desenvolvimento da indústria de reciclagem de material plástico, são cinco (05) os fatores críticos ao mercado. Embora os fatores listados pela associação de classe reflitam essa posição, estão de certa forma alinhados às demais análises realizadas, reforçando o diagnóstico sobre o mercado da recuperação de materiais. São esses os fatores (ABIPLAST, 2013):

- Baixa oferta de produtos recuperados devido à qualidade baixa (alto percentual de perdas por contaminantes);
- Informalidade: pequenos recicladores informais tornam a concorrência desleal;

¹⁴ Segundo a ABAL - Associação Brasileira do Alumínio, em 2015 o país reciclou 602.000 toneladas do material. Desse total, 292,5 mil toneladas referem-se à sucata de latas de alumínio para bebidas, o que corresponde a 97,9% do total de embalagens consumidas em 2015, índice que mantém o Brasil entre os países líderes em reciclagem de latinhas desde 2001. Disponível em: <http://abal.org.br>

- Custo de transporte: custos elevados com transporte de materiais recicláveis, que elevam o valor de compra dos materiais recuperados;
- Concorrência das *commodities*: concorrência direta tanto com matérias-primas virgens como com materiais importados; e
- Tributação: o pagamento do IPI é elevado (5% a 15%) e contestável, sendo que o reciclador não tem crédito na compra da matéria-prima.

Em sua tese de doutorado, Conke (2015) procurou identificar e analisar as barreiras ao desenvolvimento, à manutenção e à difusão de programas de coleta seletiva domiciliar urbana. O autor realizou setecentos e noventa e nove (799) entrevistas com domicílios e trinta e três (33) com outros atores, contrastando programas de coleta seletiva em Curitiba e em Brasília. Uma vez que os resultados trazidos podem ser generalizados a outros programas de coleta seletiva, são abaixo expostos no intuito de direcionarem as ações necessárias de aprimoramento para o Estado do Paraná. Conke (2015) apresenta uma combinação de cinco (05) barreiras ao desenvolvimento da coleta seletiva em seus efeitos no consumo, na coleta, na triagem, na reciclagem e na administração dessa crucial faceta da gestão de resíduos sólidos urbanos.

Quadro 39: Barreiras ao desenvolvimento da coleta seletiva (Conke, 2015).

Barreiras	Consumo	Coleta	Triagem	Reciclagem e Produção	Administração
Conhecimento	- Desconhecimento das operações e das características da coleta seletiva	--	--	- Comunicação insuficiente da reciclabilidade dos materiais	--
Tecnológicas	- Quantidade e localização dos Pontos de Entrega Voluntária	- Insuficiência de balanças para pesagem e controle do material coletado - Inadequação do veículo coletor	- Infraestrutura restrita (espaço, materiais e equipamentos) - Conhecimento limitado de gestão (administrativa, contábil, legal e mercadológica)	--	- Modelo de remuneração inadequado para o serviço - Acompanhamento gerencial e fiscalização deficientes - Falta de projeto para transferência de responsabilidade
Econômicas	- Falta de recompensa por comportamentos ambientalmente	--	- Baixo profissionalismo nas cooperativas	- Valorização insuficiente do material recuperável	--

Barreiras	Consumo	Coleta	Triagem	Reciclagem e Produção	Administração
	corretos		- Falta de pagamento por serviços ambientais - Irregularidade no fornecimento de material	- Concentração geográfica da indústria de reciclagem	
Sociais	- Aversão ao lixo e aos espaços de triagem e/ou disposição final - Descarte irregular do lixo em locais impróprios	- Resistência a regras, deveres e exigências do trabalho formal - Desconhecimento do funcionamento das cooperativas	- Baixa disseminação e aplicação dos valores cooperativistas	--	- Expectativa ilusória de resultados no curto prazo - Ingenuidade nas premissas sobre o comportamento humano - Falta de apoio a catadores e depósitos particulares
Políticas	--	--	--	- Inexistência de incentivos fiscais para o setor de reciclagem (empresas e produtos)	- Falta de legislação específica e adequada - Modelo de cobrança insuficiente e desigual - Divisão incorreta de custos e responsabilidades

Fonte: Reproduzido de Conke (2015) por EnvEx-Engelb, 2018.

Em uma investigação do mercado da reciclagem do plástico pós-consumo na Região Metropolitana de Porto Alegre, Jorge (2015) identificou uma série de situações-problema que conferem ineficiência. Uma vez que o levantamento da autora é bastante abrangente e ao mesmo tempo detalhado, traçam-se inúmeros paralelos ao mercado da reciclagem para os demais materiais recicláveis, como papel, papelão, longa-vida, metais ferrosos e não-ferrosos e vidros. Como fechamento para esse item, apresenta-se a compilação das situações-problema levantadas por Jorge (2015).

Quadro 40: Situações-problema identificadas por Jorge (2015) para a cadeia de reciclagem do plástico pós-consumo na Região Metropolitana de Porto Alegre.

Situação Problema		Descrição
1	Grande quantidade de resíduos recicláveis enviada para aterro.	Em média, 44% dos resíduos recicláveis gerados são encaminhados para aterros, resultando na recuperação de apenas 56% dos resíduos recicláveis. Isso ocorre devido à inexistência de coleta seletiva em alguns municípios, a baixa frequência da coleta seletiva, a falta ou ineficiência na

Situação Problema		Descrição
		separação dos resíduos nas residências, bem como a falta de compradores de determinados tipos de materiais recicláveis devido à falta de recicladoras desses materiais.
2	Disputa pelos recicláveis entre os catadores não conveniados e a coleta seletiva.	Alguns catadores de resíduos recicláveis preferem trabalhar individualmente nas ruas a se sujeitarem a regras e horários e por acreditarem ser mais rentável. No entanto, a atuação de catadores informais é prejudicial às prefeituras municipais, que pagam pelo serviço de coleta, e às associações e cooperativas de catadores, pois o volume de resíduos recicláveis coletado e destinado às unidades de triagem é menor.
3	Nível elevado de rejeito nas unidades de triagem.	Essa situação problema está relacionada à eficiência de separação de resíduos nas residências e do serviço de coleta, que podem ocasionar a presença de rejeitos e de resíduos orgânicos nas unidades de triagem, e a falta de compradores de determinados materiais recicláveis, os quais acabam sendo descartados como rejeitos.
4	Embalagens de PET termoformatadas são descartadas como rejeito nas unidades de triagem e pelos comerciantes de sucata.	As embalagens de PET termoformatadas são descartadas como rejeito devido ao fato dessas embalagens não serem aceitas pelos comerciantes de resíduos, os quais recebem apenas garrafas PET. Além disso, algumas embalagens de PVC se assemelham muito as embalagens de PET termoformatadas, o que dificulta a distinção desses materiais.
5	Embalagens de PP filme são descartadas como rejeito nas unidades de triagem.	O envio de embalagens de PP filme aos aterros sanitários ocorre devido à inexistência de compradores, pois faltam recicladoras desse material.
6	Copinhos de poliestireno são descartados como rejeito em algumas unidades de triagem.	Os motivos pelos quais os copinhos de poliestireno são enviados aos aterros sanitários são o baixo preço pago por esse material, que geralmente está contaminado, além do baixo volume que chega às unidades de triagem que recebem apenas resíduos recicláveis provenientes de residências.
7	EPS é descartado como rejeito nas unidades de triagem.	O EPS é destinado aos aterros sanitários pela maioria das unidades de triagem devido ao alto custo logístico, visto que esse material possui baixa densidade e ocupa grandes volumes.
8	Embalagens multicamadas, geralmente filmes metalizados, são descartadas como rejeito nas unidades de triagem.	Embalagens multicamadas são descartadas como rejeitos pelas unidades de triagem devido à inexistência de compradores e a falta de recicladoras.
9	O símbolo de identificação não corresponde ao tipo de resina efetivamente usado em algumas embalagens.	As causas da identificação incorreta da resina utilizada na fabricação de embalagens são: a mudança da resina utilizada e a utilização do molde com a identificação da resina anterior; o não atendimento da NBR 13.230/2008 pelos fabricantes de embalagens muito pequenas; e a falta de divulgação da NBR 13.230/2008 aos fabricantes de embalagens plásticas.
10	Ausência de símbolo de identificação do tipo de resina em algumas embalagens.	O símbolo de identificação do tipo de resina do produto é importante para auxiliar a segregação e a reciclagem desses materiais. A ausência desse símbolo ocorre devido ao não atendimento a legislação vigente: NBR 13.230/2008, a qual estabelece as formas e símbolos de identificação.
11	Muitos catadores não recolhem a contribuição previdenciária e por esse motivo não tem direito a	O não recolhimento da contribuição previdenciária ocorre devido à falta de formalidade das questões legais relativas ao trabalho dos catadores, à falta de informação e a baixa renda

Situação Problema		Descrição
	aposentadoria.	mensal obtida por eles.
12	Alguns operadores não possuem licença ambiental e outros possuem LO, mas necessitam de adequações.	Muitas unidades de triagem não possuem licença ambiental devido à falta de regularização do terreno, a existência de irregularidades no barracão ou na operação do serviço em função da falta de recursos financeiros, além do desconhecimento por parte dos catadores. Muitas das unidades de triagem que possuem LO não conseguem operar de forma adequada.
13	Problemas na armazenagem das unidades de triagem: falta de espaço e risco de incêndio.	A falta de espaço para armazenagem de resíduos nas unidades de triagem ocorre devido à falta de recursos financeiros para investir na ampliação das unidades. Devido à alta combustibilidade dos resíduos recicláveis há o risco de incêndio nos depósitos desses materiais.
14	Prefeituras não possuem cadastro dos compradores de resíduos plásticos.	As prefeituras municipais, responsáveis pelo manejo de resíduos sólidos do município, não possuem informações sobre os compradores de resíduos plásticos das unidades de triagem conveniadas e tampouco das quantidades comercializadas. Isso ocorre devido à forma de gestão das prefeituras junto às unidades de triagem, as quais muitas vezes não querem prestar contas de suas vendas.
15	Os galpões de triagem, em geral, não são verticalizados em recicladora mecânica do plástico.	A maioria das unidades de triagem não realiza a reciclagem mecânica do plástico, processo que aumentaria a renda obtida na comercialização desses materiais. As causas desse problema são a falta de recursos financeiros para investir em máquinas, equipamentos e treinamento de pessoal, além da falta de recursos financeiros para custear o aumento do consumo de energia elétrica e de água.
16	Recicladoras recebem matéria-prima com muitas impurezas, apresentando qualidade média a ruim.	As causas desse problema são a ineficiência ou a falta de triagem, a falta de treinamento, a falta de simbologia de identificação nas embalagens, eventual má-fé e problemas de comunicação entre as unidades de triagem, comerciantes de sucata e recicladoras. Além disso, há um problema econômico associado a essa situação problema devido aos custos adicionais de transporte dos contaminantes.
17	Falta de matéria-prima para as recicladoras.	A natureza dessa situação problema é de mercado, visto que a procura por resíduos recicláveis é maior que a oferta. É possível que uma das causas desse problema seja o investimento realizado pelas recicladoras para aumento da capacidade de produção, não compatível com a quantidade de materiais recicláveis obtidos devido à redução no crescimento econômico. Além disso, houve redução da participação da população na coleta seletiva e em função dos incentivos no ICMS os materiais recicláveis são vendidos para recicladoras de outras localidades.
18	Na recicladora, impurezas no plástico moído causam paradas na extrusão.	Esse problema ocorre devido à ineficiência na separação dos resíduos recicláveis feita manualmente, a qual não identifica a presença de alumínio e de outros materiais nas embalagens, e o uso de água para fazer a limpeza, que não é suficiente para remover o silicone, por exemplo.
19	Mistura de resinas incompatíveis gera grão com propriedades mecânicas inadequadas.	Esse problema é mais relatado na contaminação do PEAD e do PEBD com PP, e gera reprocessamento nas recicladoras. As causas dessa contaminação são a ineficiência na separação dos plásticos e o uso compartilhado da extrusora.

Situação Problema		Descrição
20	Geração de finos na extrusão com corte na cabeça.	Esse problema é causado pelo mau funcionamento ou inadequação do sistema de corte, gerando uma quantidade de material fino.
21	Consumo de energia elétrica elevado nas recicladoras.	Esse problema de custo operacional ocorre em recicladoras que utilizam máquinas que consomem uma quantidade elevada de energia, enquanto existem outras tecnologias mais eficientes nesse aspecto. Um exemplo é o aglutinador de plástico filme.
22	Algumas recicladoras usam água para lavar os resíduos e enviam água de lavagem sem tratamento para o esgoto.	Esse problema ocorre devido ao investimento necessário para instalar e operar um sistema de tratamento da água de lavagem. Além disso, há falta de fiscalização das recicladoras e em função disso muitas operam sem LO.
23	Falta de controle de qualidade do produto nas empresas de reciclagem mecânica de plástico.	De modo geral, as empresas que realizam a reciclagem mecânica de plásticos são pequenas e não possuem pessoal especializado para realizar o controle de qualidade dos produtos. Outra causa desse problema são os custos envolvidos.
24	Encerramento das atividades de recicladora de plástico.	O encerramento das atividades de plástico ocorre por diversas razões que dificultam a gestão das empresas, entre elas questões societárias e econômicas, como o elevado consumo de energia elétrica.
25	Falta de recicladoras que usem plásticos que vão para aterro como rejeito.	Conforme apresentado anteriormente, faltam empresas recicladoras de diversos materiais recicláveis, os quais acabam sendo destinados aos aterros sanitários. A causa desse problema é que a tecnologia existente é dominada por poucos. Além disso, existe a carência de empresários que invistam no setor de reciclagem desses materiais.

Fonte: Adaptado de Jorge (2015) por EnvEx-Engenio, 2018.

Verificou-se que são grandes os desafios do setor de reciclagem, tal como a informalidade e a falta de incentivos fiscais e creditícios para que os materiais recicláveis possam competir com as matérias primas-virgens, incorporando os valores das externalidades positivas (sociais e ambientais) que geram em detrimento às externalidades negativas geradas pelo consumo de matérias-primas virgens.

Mais do que uma listagem de problemas, a análise realizada aponta os nós que devem ser endereçados quando do desenho de programas de incremento, fomento e incentivo à recuperação de materiais recicláveis, dando a correta sequência de prioridades na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Uma das formas de endereçar as particularidades de mercado dos resíduos recicláveis é por meio da concessão de incentivos fiscais que os diferencie das matérias-primas primárias. De acordo com o citado estudo da CEMPRE (2013), os benefícios potenciais de incentivos fiscais e creditícios poderiam elevar a renda da coleta, triagem e venda para reciclagem em até 32%.

Segundo pesquisa realizada por Caneloi (2011), os produtos oriundos da reciclagem poderiam usufruir do desconto de três (03) impostos, quais sejam: IPI, ICMS e ISS. Nesse caso, os tributos assumiriam uma função extrafiscal, para além da já existente função arrecadatória, cujo objetivo seria alterar o comportamento do mercado para privilegiar o uso de matérias-primas recuperadas ao invés de primárias. Deve-se, segundo a autora, cuidar com o efeito-rebote¹⁵, aplicando-se a regra de desconto fiscal para distinguir produtos essenciais (que merecem ser tributados de forma atenuada) daqueles que são supérfluos (que podem ser tributados com mais rigor).

Kinnaman & Fullerton (1999) argumentam que a promoção da redução dos impostos para os produtos finais retornaria efeitos mais positivos do que a taxação da matéria-prima virgem. Segundo os autores a taxação da matéria-prima virgem tenderia a reduzir a produção desses materiais, endereçando externalidades ambientais negativas oriundas de seus processos de extração. Não obstante, interfeririam com menor intensidade no incentivo à reciclagem.

Segundo ABIPLAST (2013), as seguintes desonerações incentivariam o mercado de reciclagem do plástico: i) crédito presumido no IPI para aquisição de matérias-primas recicláveis; ii) crédito presumido de PIS e COFINS na aquisição de recicláveis; iii) redução e isonomia do ICMS em âmbito nacional; e iv) criação de identidade tributária para o produto reciclado. Especificamente quanto a esse último item, tem-se que o produto reciclado é classificado na mesma posição da NCM/TIPI das matérias primas virgens, o que dificulta ações de comercialização com diferencial de insumos¹⁶.

¹⁵ A autora utiliza o termo para se referir ao efeito contrário que por vezes decorre de medidas de cunho fiscal, onde há custos com implementação que superam benefícios, ou mesmo que geram efeitos opostos ao esperado por conta da magnitude da interferência no mercado. Segundo Berkhout et al. (2000), o efeito-rebote também ocorre no âmbito de incrementos na eficiência tecnológica, onde a economia de recursos derivada do aumento da eficiência conquistada na produção de um bem ou na prestação de um serviço, acaba sendo menor do que o gasto de recursos gerado com o aumento de consumo daquele bem ou serviço, cujo valor tornou-se mais baixo (e mais acessível) pela referida melhoria na eficiência tecnológica.

¹⁶ A sigla NCM significa Nomenclatura Comum do Mercosul; já TIPI significa Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados. As NCM/TIPI são utilizadas pelo Ministério da Fazenda, Receita Federal, mais especificamente pela Subsecretaria de Tributação e Contencioso, para fins de estabelecimento de alíquotas tributárias.

A outra forma de se incrementar o rendimento daqueles que atuam na triagem dos materiais recicláveis e auferem valores notadamente baixos para tal, é por meio da remuneração pelo serviço. Esse pagamento, que se caracteriza como a prestação de serviço ambiental, conforme indicado por IPEA (2010), serviria para elevar a renda média dos catadores, reduzir as oscilações de preços e estimular a formalização e o aumento da eficiência. Não obstante, os pagamentos não alterariam a dinâmica de mercado dos produtos da triagem e preparação para a reciclagem, que são os materiais pós-consumo em estado de uso como insumo pela indústria da transformação.

5. ENSAIOS SOBRE APRIMORAMENTOS NA GESTÃO DE RESÍDUOS

O primeiro capítulo desses estudos econômicos se propôs a estimar os fluxos de resíduos sólidos urbanos no Paraná, desde a geração até a destinação final; estimou, ainda, os custos com a gestão de RSU em sua configuração atual. Na conformação dessa base de análise, não foram supostas alterações, grosso modo, na forma com a qual o manejo atual é realizado. Tem-se, sim, as projeções de comportamento futuro, com base nos (04) quatro cenários prospectivos desenvolvidos no prognóstico e aqui utilizados, mas que embutem apenas as tendências antevistas de modificação nos fluxos quantitativos¹⁷.

Já no segundo capítulo, apresentam-se duas hipóteses sobre a melhor forma de se realizar a mais do que necessária (e atrasada) adequação da destinação final de resíduos sólidos no Estado. Afinal, o levantamento apresentado no panorama desvendou que noventa e nove (99) municípios ainda fazem uso de vazadouros a céu aberto; enquanto outra centena faz uso de aterros municipais de pequeno porte, cuja qualidade ambiental é colocada em cheque pela necessidade de custos não realizados com a operação. As hipóteses são contrastadas pelo efeito em seus custos de manejo, haja vista que embutem duas (02) distintas lógicas em relação ao fomento de novos aterros sanitários: uma (01) delas pela via de soluções individuais, primando pela responsabilização do setor público municipal pelo investimento e operação das unidades; a outra por soluções conjuntas entre municípios, privilegiando a operação privada de unidades de disposição sob a lógica de mercado.

O terceiro capítulo dedicou-se ao mercado da recuperação de materiais pós-consumo, desvendando suas facetas de fluxos, tipologias de materiais, volumes e

¹⁷ Como exemplo, tem-se a projeção de acréscimo na eficiência da coleta seletiva, que passa a recolher, na média entre os cenários, 5,75% dos resíduos disponibilizados para a coleta já no curto prazo. O acréscimo em relação à fração hoje recolhida, de 4,91%, representa a tendência já verificada de incremento dos esforços municipais de coleta seletiva. Não embutem, outrossim, ações de gestão específicas, como as sugeridas pelo PERS/PR para que se realizem maiores avanços em relação à esse importante aspecto do manejo de RSU.

benefícios. Os resultados obtidos para a situação atual, ou seja, o *status quo*, podem ser comparados com os aprimoramentos ora estudados.

No presente capítulo, a sequência dos estudos econômicos passa a percorrer caminho ainda distinto dos demais: tem-se aqui a elaboração de ensaios sobre potenciais aprimoramentos no manejo de RSU, seja via incentivos a não-geração de resíduos, seja por modificações na forma de coleta, ou ainda por novas opções de tratamento.

Importante ressaltar que não se trata de uma otimização do manejo de RSU para o Estado do Paraná. Por otimização, compreende-se a hipotética combinação entre diversas modificações, no intuito de se derivar aquela que eventualmente apresente os melhores resultados. Exercício como esse, embora interessante, suporia a centralização da gestão de RSU no Estado; fato que não condiz com a realidade. A gestão dos resíduos sólidos urbanos recai praticamente de forma integral sob cada um dos poderes municipais dos trezentos e noventa e nove (399) municípios paranaenses. Rende-se ao Governo Estadual, assim, o papel de guia estratégico para que, de forma descentralizada, os aprimoramentos na gestão de fato venham a ocorrer.

Os ensaios ora realizados partem da base de análise para investigar as diferenças que se apresentariam caso cada uma das opções de manejo abordadas fossem, individualmente, implementadas. Para tanto, as simulações são realizadas sob conceito *ceteris paribus*: todos os demais fatores são mantidos constantes. O contraste dos resultados das simulações, dessa forma, é sempre realizado frente aos resultados da base de análise, que passa a ser considerada como o *status quo*, ou linha de base.

Com essa contextualização, tem-se que os ensaios ora apresentados devam ser compreendidos como demonstrativos do potencial de se aprimorar o manejo de RSU. Para isso, utilizam-se de diversos pressupostos e critérios que, como qualquer critério utilizado em quaisquer outras situações, podem (e devem) ser questionados. Almeja-se que esse seja um convite ao debate, no âmbito estadual e também municipal, sobre a importância de se ter a agenda da gestão de RSU no Estado do Paraná como prioritária, capaz de promover acréscimos inquestionáveis à saúde pública concomitantemente à geração de significativos ganhos econômicos.

5.1. Gestão de RSU pela Não-Geração e Redução da Geração

A gestão de resíduos detém fundamental interface com o comportamento do consumidor, afinal, resíduo é justamente aquilo do qual se abre mão, seja por se tratar de uma embalagem que perde sua utilidade após a "abertura" do produto que protegia, seja porque um determinado produto findou sua utilidade ao consumidor, como uma escova de dentes usada ou ainda uma lava-roupas que não mais funciona. Assim, compreende-se que a gestão de resíduos pode ser indutora de gestão rumo à sustentabilidade, apoiada por sua vez nos pilares fundamentais e equânimes do ambiental, social e econômico.

As diretrizes de gestão de resíduos sólidos, baseadas na Política Nacional de 2010 (Lei Federal nº 12.305/2010), seguem uma pirâmide invertida: i) prioriza-se a não geração do resíduo como melhor estratégia de gestão; ii) em seguida está a redução na geração, ou seja, gerar menos resíduos por unidade produtiva ou ainda unidade consumida; iii) o terceiro passo prioritário está na reutilização, pois essa garante maior economia de recursos naturais do que a reciclagem; iv) a reciclagem vêm em quarto lugar, prioritária ainda sobre o quinto passo; v) recuperação energética (tratamento do resíduo sólido); sendo que em último passo vi) está a disposição final.

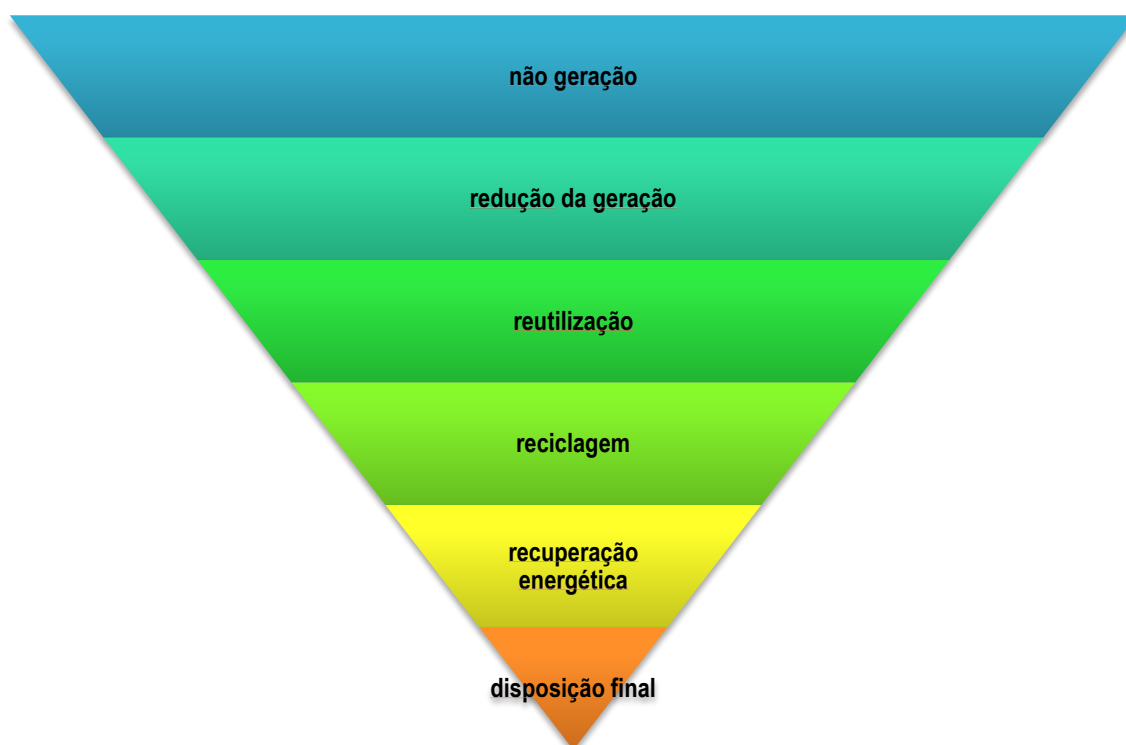


Figura 4: Pirâmide invertida da Gestão de Resíduos Sólidos.

Fonte: Adaptado da Lei Federal nº 12.305/2010 por Consórcio EnvEx-Engbio, 2018.

Ao longo da pirâmide invertida, teoricamente, o volume de resíduos diminui até que restem apenas aqueles que não puderam ser (após terem sido gerados) reutilizados ou reciclados. Tratados então como rejeitos, devem preferencialmente sofrer recuperação energética e, por fim, a destinação final em aterros sanitários. Exploram-se aqui algumas trajetórias que podem ser tomadas caso as ações de gestão de resíduos sólidos sejam efetivadas, no âmbito do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná, seguindo-se a pirâmide invertida.

A não-geração de resíduos trata da promoção do consumo consciente e da cultura do ser em detrimento ao ter. Vencer a avassaladora e ubíqua onda de propaganda que induz à compra pela compra (e não pela satisfação legítima de uma necessidade humana) não é tarefa simples, porém seu trajeto é calcado na educação ambiental e no despertar de consciência societária. Faz-se necessário, assim, tratar dos resíduos como elo de ligação no longo ciclo dos materiais, que vai desde a extração da matéria prima até o transporte, transformação fabril, distribuição e consumo, até a outra ponta, coleta, tratamento e destinação do resíduo.

A redução de geração de resíduos deve permear o debate societário de consumo, pois nota-se uma invasão de produtos com embalagens "práticas", uma (01) pequena bolacha dentro de um pacote maior que, por sua vez, é embalado em uma terceira camada. As empresas, ávidas por atender aos anseios dos consumidores com pouco tempo à disposição, respondem com embalagens por cima de embalagens que não consideram o resíduo gerado. Para citar outro exemplo, aceitar sacolinhas plásticas na padaria para realizar o transporte de pães que já estão, por sua vez, em uma embalagem de papel... é não considerar a geração de resíduos. Trazer essa realidade à tona é tarefa das mais importantes frente à redução da geração de resíduos.

Como forma de se explorar o potencial da não-geração e da redução da geração, simulam-se abaixo os custos de manejo dos resíduos sólidos no Estado do Paraná (tratados no primeiro capítulo, base de análise) sob duas hipóteses diferentes de efetivação da não-geração.

- **Hipótese Negativa:** a primeira das hipóteses é a de que nada é realizado em relação a não-geração e redução da geração de resíduos.

- **Hipótese Positiva:** nessa hipótese, diversas ações são tomadas em relação ao incentivo a não-geração e redução da geração de resíduos.

Tal como descrito no Prognóstico, adotam-se as taxas de geração de resíduos per capita das regiões Sudeste e Nordeste como balizadores das trajetórias que se fazem possível ter em relação a não-geração. De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos da ABRELPE, em sua última versão (2016), a taxa de geração de RSU per capita no Sudeste é de 1,213 kg/hab/dia; maior, portanto, do que a taxa de 1,150 kg/hab/dia considerada para as grandes cidades paranaenses. Já a Região Nordeste do país gera 0,967 kg/hab/dia. Caso essas mesmas proporções de variação sejam repassadas para as demais taxas de geração nas faixas populacionais trabalhadas, ter-se-ia os resultados expostos no Quadro 41, a seguir.

Quadro 41: Taxa de geração per capita de RSU considerada para os ensaios de não-geração, por faixa populacional.

Faixa Populacional	Taxa de Geração Considerada no Panorama do PERS/PR (kg/hab.dia) Base de análise	Taxa de Geração Equivalente à da Região Sudeste (kg/hab.dia) Hipótese Negativa	Taxa de Geração Equivalente à da Região Nordeste (kg/hab.dia) Hipótese Positiva
Até 15 mil	0,63	0,66	0,53
De 15 mil a 100 mil	0,73	0,77	0,61
De 100 mil a 200 mil	0,80	0,84	0,67
De 200 mil a 500 mil	1,01	1,06	0,85
Mais de 500 mil	1,15	1,21	0,97

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Adota-se o pressuposto de que há uma paulatina e linear mudança das taxas atuais (consideradas) para as novas (equivalente às regiões Sudeste e Nordeste) no longo prazo. Entre esses anos, ocorre uma modificação gradual rumo ao aumento ou redução da geração, dentro de cada faixa populacional, tendo como taxas-marco as seguintes, sempre em referência à maior faixa populacional: em 2023, taxa de 1,165 e 1,104 kg/hab/dia (respectivamente nas equivalências a região Sudeste e a Nordeste); em 2028, taxa de 1,170 e 1,089 kg/hab/dia; em 2033, taxa de 1,180 e 1,058 kg/hab/dia; e chegando finalmente em 2038, com taxa de 1,213 e 0,967 kg/hab/dia.

A realização da hipótese positiva, ou seja, a promoção da paulatina redução na geração de RSU, resulta em um surpreendente volume de resíduos a menor para disposição final. A diferença entre a quantidade de resíduos que demandam aterros sanitários no longo prazo é entre 511.000 e 563.000 toneladas, a depender do desenrolar dos cenários (respectivamente Estagnação e Aceleração). Essa quantidade de resíduos que deixaria de demandar disposição final se traduz em vidas úteis mais longas para as unidades de aterro sanitário. A economia desse volume de resíduos, ainda, promove a redução dos volumes coletados, bem como a não-extração de matéria primas que outrora teriam sido utilizadas na produção das embalagens não geradas, promovendo um longo ciclo de benefícios via externalidades positivas.

Quadro 42: Volume de RSU que demandam disposição final na situação atual e variação com hipóteses de efetividade de incentivo à não-geração de resíduos (mil toneladas).

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Situação de estabilidade da geração de resíduos per capita (mil t)	Cena atual	3.016	3.016	3.016	3.016
	Curto prazo	3.169	3.188	3.167	3.235
	Médio prazo	3.224	3.245	3.258	3.442
	Longo prazo	3.192	3.216	3.238	3.512
Variação sobre a situação atual na Hipótese Negativa (mil t)	Cena atual	0	0	0	0
	Curto prazo	+44	+44	+44	+44
	Médio prazo	+77	+78	+78	+83
	Longo prazo	+164	+166	+167	+181
Variação sobre a situação atual na Hipótese Positiva (mil t)	Cena atual	0	0	0	0
	Curto prazo	-135	-136	-135	-138
	Médio prazo	-241	-242	-243	-257
	Longo prazo	-511	-515	-519	-563

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

Quadro 42 também traz os volumes a maior que deverão ser gerados caso não haja estabilidade nos índices de geração de RSU per capita. Na hipótese negativa de que a geração de resíduos sólidos urbanos no Paraná rume, paulatinamente, para os mesmos índices já observados na Região Sudeste do País, deverão haver dentre 164.000 a 181.000 toneladas a mais para disposição final. O raciocínio anteriormente desenvolvido passa a ser, então, revertido: maiores custos com coleta, transporte e

tratamento final ocasionam não apenas gastos para os administradores dos resíduos (no caso, as municipalidades paranaenses), como também encurtam a vida útil de aterros sanitários que passam a demandar novas áreas para realizar a destinação final de resíduos.

São justamente as variações perspectivas nos custos com o manejo de RSU que são explorados a seguir, mantendo-se os pressupostos das hipóteses positiva e negativa em relação a não-geração e redução da geração de resíduos urbanos.

Quadro 43: Custos totais atuais com o manejo de RSU e variação com hipóteses de efetividade de incentivo à não-geração de resíduos (R\$, mil).

Variável*	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Situação de estabilidade da geração de resíduos per capita (R\$, mil)	Cena atual	859.601	859.601	859.601	859.601
	Curto prazo	907.693	922.020	923.632	951.006
	Médio prazo	939.865	953.816	966.119	1.029.913
	Longo prazo	945.545	960.546	976.463	1.067.698
Variação sobre a situação atual na Hipótese Negativa (R\$, mil)	Cena atual	0	0	0	0
	Curto prazo	+12.441	+12.635	+12.657	+13.020
	Médio prazo	+22.511	+22.850	+23.140	+24.723
	Longo prazo	+48.524	+49.314	+50.154	+54.897
Variação sobre a situação atual na Hipótese Positiva (R\$, mil)	Cena atual	0	0	0	0
	Curto prazo	-38.756	-39.375	-39.447	-40.619
	Médio prazo	-70.241	-71.295	-72.227	-77.036
	Longo prazo	-151.454	-153.886	-156.487	-171.150

* Os custos anuais com o manejo de RSU englobam, assim como descrito na base de análise, aqueles com a coleta (regular e seletiva), o transbordo e transporte, e a disposição final de RSU para cada um dos trezentos e noventa e nove (399) municípios paranaenses. Representam, ainda, a manutenção da disposição final inadequada atualmente realizada por noventa e nove (99) municípios.

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Observa-se que há um ganho significativo com a adoção de ações de não-geração de resíduos, pois os custos com o manejo podem ser reduzidos, no longo prazo, em montantes entre R\$ 150 e R\$ 171 milhões anuais. Dado que os resultados representam apenas o custo direto com a gestão dos resíduos, pode-se afirmar que a externalidade positiva gerada pela adoção de estratégias que promovam a não-geração é de grande significância. Tem-se nesse conjunto de ações positivas, não contabilizadas, a economia de materiais que seriam extraídos da natureza e os ganhos

dos consumidores com orçamentos que estariam sendo direcionados para o setor de serviços, que agrega mais valor por unidade financeira dispendida.

A Figura 5, a seguir, apresenta os resultados das simulações de alteração gradual nas taxas de geração de resíduos para as equivalências das regiões Sudeste e Nordeste com *proxy* da não adoção e adoção (respectivamente) de estratégias de não-geração e redução da geração de resíduos. Nota-se com facilidade que o potencial de economia é grande, assim como o potencial de perda econômica caso não haja incentivos a não-geração e redução da geração. Notadamente, no longo prazo pode-se ter um acréscimo de custos de manejo situado entre R\$ 49 e R\$ 55 milhões por ano.

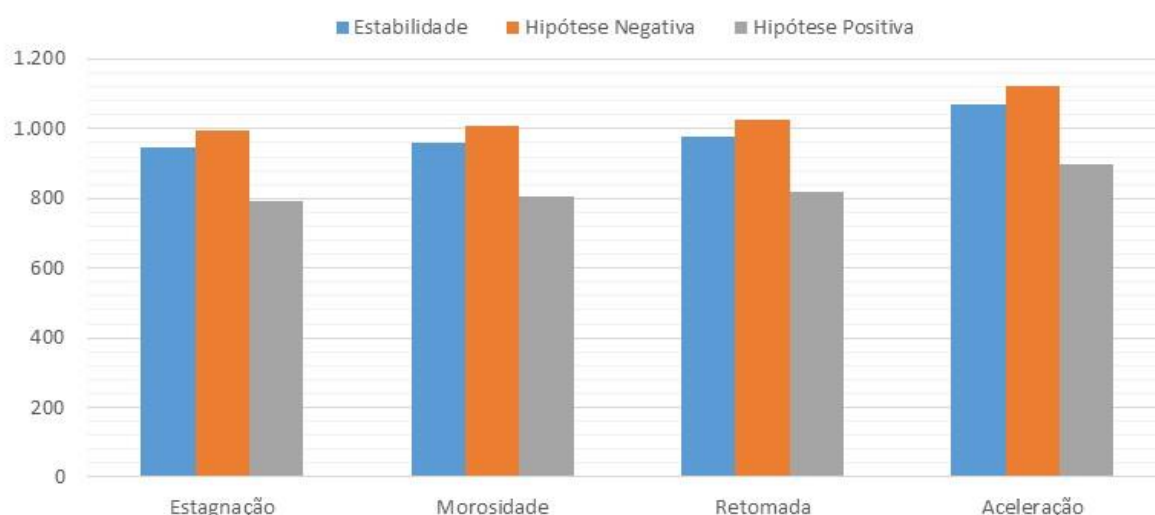


Figura 5: Custos anuais no longo prazo (R\$, milhões) com diferentes hipóteses de geração de resíduos.

Fonte: EnvEx-Engiebio, 2018.

Como forma de se colocar a hipótese negativa de incremento nas taxas de geração de resíduos per capita sob perspectiva, tem-se a observação do histórico trazido pela ABRELPE por meio das publicações anuais do Panorama de Resíduos Sólidos (ABRELPE 2016, 2014, 2012, 2010, 2008, 2006). Verifica-se na Figura 6, que a trajetória da geração de resíduos sólidos para a região Sul do país teve um período distinto, entre os anos de 2009 e 2012, dos demais. Mesmo sendo esse período referente a uma modificação nas bases amostrais das quais são derivados os resultados do Panorama de Resíduos Sólidos da ABRELPE, nota-se que há uma tendência de ascensão na taxa de geração de resíduos per capita.

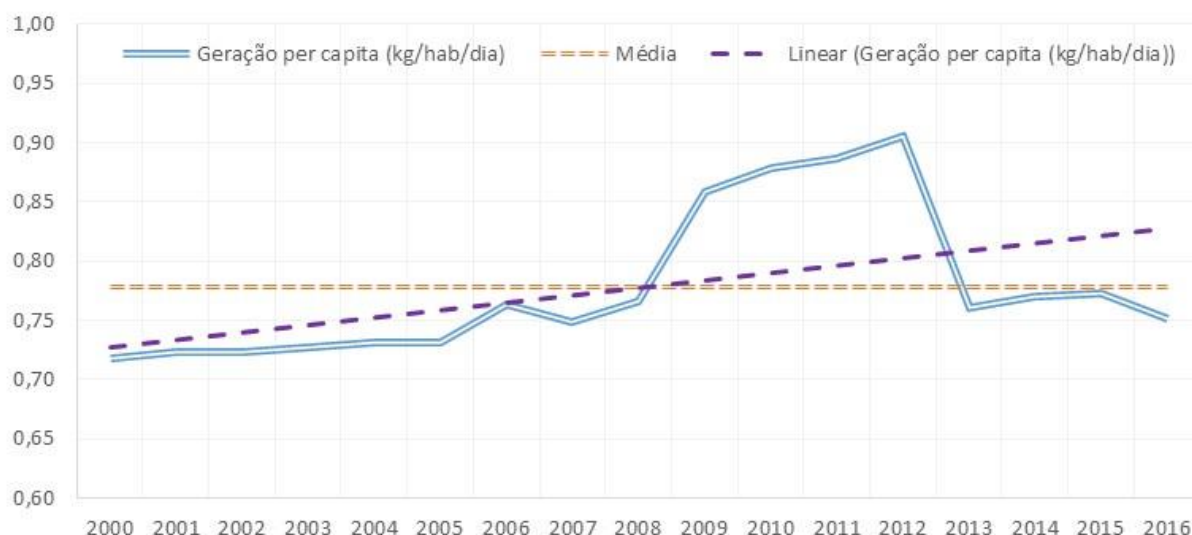


Figura 6: Evolução da geração per capita de RSU na região Sul do Brasil (kg/hab./dia).
Fonte: Adaptado de ABRELPE por EnvEx-Engelbio, 2018.

Extrapolando-se a tendência linear para os anos subsequentes, tem-se que a geração de resíduos sólidos per capita deve passar a ser de 0,853 kg/hab/dia em 2020 e de 0,916 kg/hab/dia em 2030, bastante alinhado com a evolução dos índices que chegam ao índice atual da região Sudeste, conforme a simulação da hipótese negativa de não ação quanto a não-geração de RSU.

Como forma de comparação, observa-se na Figura 7, a seguir, as informações da evolução da geração per capita de RSU para a região Sudeste. Também se faz notar a tendência de ascensão da geração de resíduos.

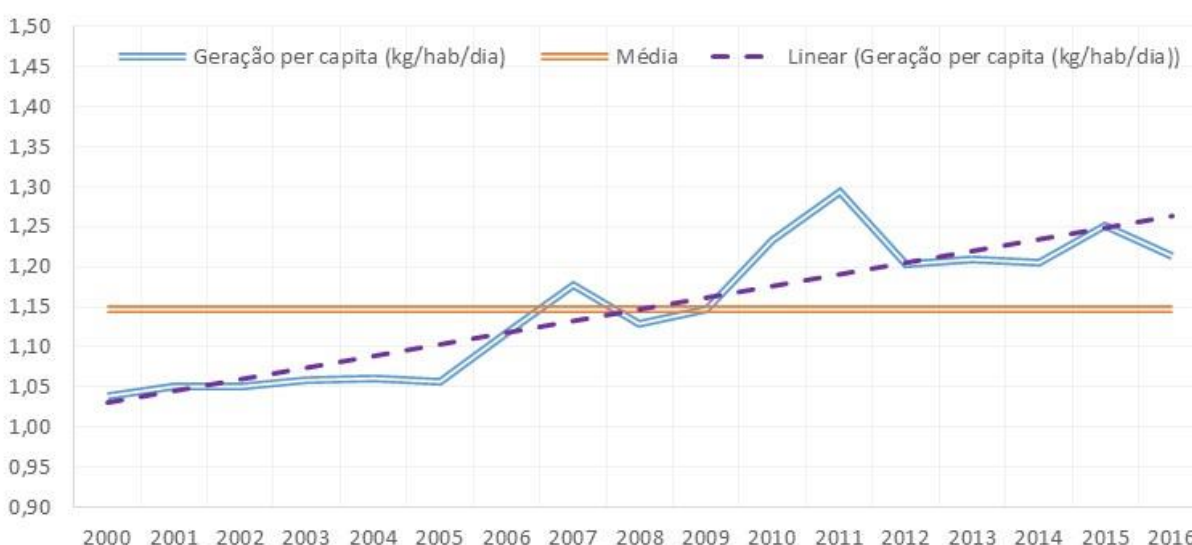


Figura 7: Evolução da geração per capita de RSU na região Sudeste do Brasil (kg/hab./dia).

Fonte: Adaptado de ABRELPE por EnvEx-Engelbio, 2018.

Segundo análise da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos realizada por Nascimento et al. (2015), apesar de terem ocorrido melhoras no gerenciamento dos RSU, essas não foram suficientes para que as mudanças propostas pela avançada legislação fossem cumpridas e para que se estabeleça uma gestão integrada de RSU mais eficaz e sustentável tanto ao meio ambiente quanto à sociedade. Reforçando (infelizmente) a possibilidade de ocorrência da hipótese negativa ora estudada, os citados autores concluem que inexiste uma perspectiva de redução da geração de RSU, seja em seu valor absoluto ou mesmo de seu valor per capita, flagrantemente contradizendo as ordens de hierarquia do gerenciamento dos resíduos sólidos propostos pela Lei Federal nº 12.305/2010.

Recentemente, dois (02) exemplos do Rio de Janeiro vão de encontro com as estratégias de não-geração e de redução na geração:

- A primeira delas, de âmbito estadual, proíbe a distribuição de sacolas plásticas descartáveis por supermercados e estabelecimentos comerciais, obrigando sua substituição por bolsas reutilizáveis ou biodegradáveis, proibindo a distribuição ou mesmo a venda de sacolas plásticas no estado (Lei nº 8.006/2018);
- A segunda delas é de âmbito municipal: a cidade do Rio de Janeiro proibiu, embora ainda sem data para entrar em vigor, a distribuição de canudinhos plásticos em estabelecimentos como bares, restaurantes, lanchonetes, vendedores ambulantes e quiosques¹⁸.

Nenhuma das legislações citadas foi motivada pela redução no volume de resíduos gerados per se; de acordo com a legislação da capital carioca, os canudos de uso único podem continuar a ser distribuídos, desde que fabricados com papel biodegradável e/ou reciclável. O motivador das legislações é o potencial poluidor dos plásticos, notadamente aqueles de uso único como sacolas, pratos, garrafas e produtos de isopor (poliestireno). Segundo levantamentos recentes, existe no mar uma grande

¹⁸ Tramita na Câmara Municipal de Curitiba um projeto de lei similar: de autoria da vereadora Maria Leticia Fagundes (PV), o PL proíbe o uso de canudos de plástico em restaurantes, lanchonetes, bares e vendedores ambulantes. Além disso, os vereadores Goura (PDT) e Professor Euler (PSD) assinaram emenda ao PL que proíbe ao poder público municipal a aquisição de canudos de plástico.

concentração de microplásticos que chega até os cantos mais remotos e prístinos do planeta¹⁹.

Não obstante a motivação primordial das legislações exemplificadas ser a redução da poluição, há um claro alinhamento em relação ao incentivo a não-geração e a redução da geração de resíduos. O uso de legislação para contornar problemas de poluição e de geração de resíduos deve conter não apenas o foco na distribuição de materiais indesejados, como os canudos de plástico (e seus invólucros individuais), mas principalmente restrições quanto à produção desses. Um exemplo já citado no capítulo 4 diz respeito à produção de sacolas plásticas oxi-biodegradáveis, que assim o sendo, devem ser descartadas no rejeito e não no resíduo reciclável, pois contaminam o processo de recuperação do plástico (ABIPLAST, 2016). Uma vez que a própria indústria plástica produz "soluções" tão conflitantes, a proibição de uso do material se torna a mais eficiente das estratégias.

É exatamente esse o exemplo dado muito recentemente pela Índia: a preocupação com a poluição por microplásticos fez com que o país asiático anunciasse um ambicioso plano para eliminar, até 2022, o uso de artigos plásticos de uso único²⁰. O país, o primeiro a anunciar intenções em tamanha escala, iniciou as mudanças pela proibição de fabricação, uso, venda e distribuição de materiais plásticos de uso único na capital, Mumbai.

Enquanto que o peso de uma (01) bandeja de isopor, um (01) par de talheres plásticos, de um (01) copo de plástico descartável e de um (01) canudo é praticamente insignificante, esse mesmo peso toma outras proporções quando contrastado com a quantidade de pessoas que fazem uso desse kit de descartáveis padrão de uma

¹⁹ Barcos da regata de volta ao mundo Volvo Ocean Race coletaram amostras raras de poluição no mar nas proximidades do Ponto Nemo (ponto de referência marítima, no pacífico sul, que fica ao menos a 2,69 mil km distante de quaisquer pontos de terrestres). As amostras desvendam que, mesmo no local mais ermo do oceano, havia entre nove (09) e vinte e seis (26) partículas de microplástico por metro cúbico de mar (ppm³). Outros pontos de medição incluíram as proximidades do Cabo Horn, no extremo sul do continente americano, onde as medições aumentaram para 57 ppm³. Níveis de 45 ppm³ foram registrados a 452 km de Auckland, na Nova Zelândia, e incríveis 357 ppm³ foram encontrados no Mar da China Meridional, ao leste de Taiwan. A diferença nas medições pode ser explicada pelas correntes oceânicas que transportam os microplásticos a grandes distâncias. Fonte: https://www.volvooceanrace.com/en/news/12034_Majority-of-samples-taken-during-Volvo-Ocean-Race-contain-microplastics-new-data-reveals.html

²⁰ Disponível em: <https://www.independent.co.uk/news/world/asia/india-plastic-ban-2022-single-use-narendra-modi-world-environment-day-a8385966.html>

marmitta. Caso 5% dos 12,44 milhões de habitantes de Mumbai faça uso de marmitta para o almoço durante os cinco dias úteis da semana, ter-se-ia a geração de 156,77 milhões de kits descartáveis por ano.

Como forma de se avaliar a pertinência da hipótese positiva (ou seja, de que é possível promover via ações e estratégias específicas a não-geração de RSU), tem-se como inspiração a evolução da geração de resíduos per capita de alguns países europeus. A União Europeia iniciou antes de qualquer outro bloco econômico a preocupação quanto à redução na geração de resíduos. Por meio de sua diretiva-quadro de 12 de dezembro de 2013, passou a exigir de seus Membros o estabelecimento de programas nacionais de não-geração de resíduos. Esses programas são avaliados a cada seis (06) anos, devendo ser integrados nos planos de gestão de resíduos ou em outros programas de política ambiental, conforme o caso.

Os programas de não-geração de resíduos, embora variem de país para país, mantém a coerência quanto ao objetivo principal de desvincular o crescimento econômico dos impactos ambientais associados à geração de resíduos. Segundo as estatísticas da União Europeia sobre o tema²¹, nos últimos dez (10) anos o índice geral para os vinte e oito (28) países da União Europeia caiu de 1,412 kg/hab/dia (2005) para 1,323 kg/hab/dia em 2016. A mudança representa uma redução de 6,29% no período, ou ainda uma gradual queda de 0,59% ao ano.

²¹ Disponível em: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generation

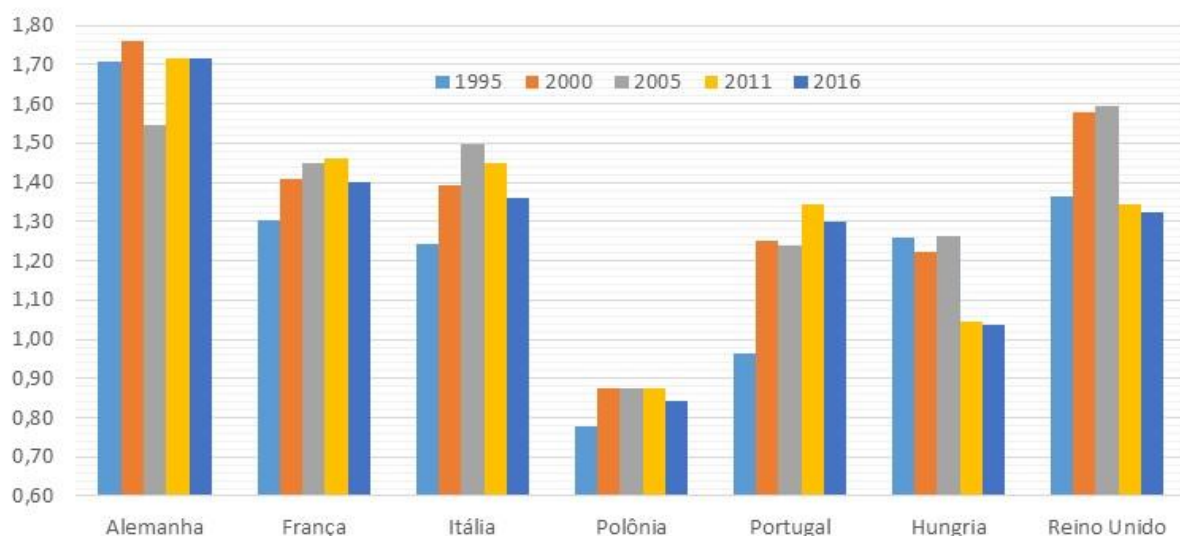


Figura 8: Evolução da geração per capita de RSU em países europeus selecionados (kg/hab./dia).

Fonte: Adaptado de União Europeia (2018) por EnvEx-Engenio, 2018.

A Figura 8 demonstra que a queda nos índices de geração de resíduos per capita é recente; havia, entre 1995 e 2005, uma tendência inexorável de incremento na geração. Essa tendência foi revertida por meio de ações de não-geração, adotadas por meio de diretrizes da União Europeia e aplicadas, em distintas intensidades, por todos os seus países-membro. A redução na geração per capita de resíduos encontra as maiores taxas de sucesso na Hungria e no Reino Unido, com quedas respectivas de 17,7% e 16,9% entre 2005 e 2016.

O exemplo da União Europeia e o potencial de economia de custos com o manejo dos resíduos sólidos urbanos permite concluir que há um grande benefício gerado pela não-geração e redução da geração de resíduos. A consistência na consecução da estratégia de gestão de resíduos pela pirâmide invertida se mostra ideal para gerar ganhos societários e ambientais em larga escala.

5.2. Melhorias e Alterações na Coleta de RSU

5.2.1. Universalização da Coleta Regular de RSU no Paraná

Conforme descrito na base de análise, diversos municípios no Paraná não conseguem oferecer o serviço de coleta regular de resíduos a toda sua população, seja ela rural ou urbana. Do levantamento do PERS/PR, compreende-se que sessenta e nove (69) municípios têm 100% de cobertura; outros setenta (70) apresentam graus de

cobertura acima de 90%; sessenta e dois (62) municípios mantêm coberturas entre 80% e 90%; sendo que existem, assim, cento e noventa e oito (198) municípios com grau de atendimento inferior a 80% ou que não reportam esses dados nas diversas bases consultadas.

Na composição da base de análise já se partiu do pressuposto que haverá, independentemente da implantação de novas estratégias de gestão de resíduos, um aumento nesses níveis de cobertura de serviços. Esse pressuposto segue o histórico de melhoria recente e estabelece em 75% o mínimo de cobertura para todos os municípios.

O que se realiza no presente item, assim, é um incremento ainda maior sobre o pressuposto adotado, simulando-se a universalização dos serviços para todos os habitantes do Paraná já na cena atual. A simulação da universalização toma os seguintes contornos:

- Compreende-se que muitas municipalidades encontram dificuldades na oferta do serviço de coleta regular de resíduos sólidos urbanos em localidades rurais isoladas e dispersas devido às dificuldades de acesso, às baixas densidades populacionais, ou ainda a uma combinação de ambos os fatores.
- Não obstante, o atendimento de coleta regular é possível por meio de esquemas de containerização em vias rurais principais, por meio do estabelecimento de uma frequência de coleta menos intensiva do que na área urbana, ou até mesmo por uma combinação dessas estratégias com o estabelecimento de pontos de entrega voluntária em locais de acesso frequente, como escolas rurais, centros de fé, mercados de insumos rurais ou outros.
- Para a simulação da universalização dos serviços, pode-se pressupor que o custo de coleta regular nesses casos rurais dispersos é de 1,5 vezes o custo da coleta regular em área urbana, por tonelada recolhida.
- Como forma de se estimar a fração da população de cada município que demanda esse serviço especial rural, recorre-se aos dados do Censo

Demográfico de 2010 do IBGE segregados por setores censitários. Nessa base, dos 17.465 setores censitários paranaenses, 3.338 contam com menos de duzentos e cinquenta (250) habitantes. Esse valor representa um desvio-padrão abaixo da média (de quinhentos e noventa e oito (598) habitantes por setor censitário). Somam-se, assim, essas populações por município para se obter a fração que demanda de coleta regular especial rural para que se alcance a universalização dos serviços. No total do Estado, 287.000 habitantes dispersos atualmente demandam desse serviço.

- O raciocínio acima se aplica apenas para os municípios que ainda não atingiram a cobertura total de atendimento, pois diversos municípios pequenos reportam ter cobertura total, mesmo com frações significativas de população rural (que estão enquadrados nos setores censitários identificados como pouco populosos). Para as demais frações populacionais atualmente não atendidas, simula-se o aumento na cobertura dos serviços mediante a aplicação do mesmo valor por tonelada utilizado na base de análise.

Seguindo-se os pressupostos acima, obtêm-se os resultados apresentados Quadro 44, a seguir, quanto à diferença de volumes coletados de RSU no Paraná. A simulação contempla alterações a partir da cena atual, muito embora isso seja impossível, pois são mudanças que demandam adaptações que tomam seu tempo para chegarem do planejamento à prática. Não obstante, adota-se a mudança desde já para fins de comparação com a base de análise, permitindo-se endereçar perguntas como "quanto custaria para universalizar os serviços hoje?".

Quadro 44: Resultados da universalização dos serviços de coleta regular de RSU.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença do grau de atendimento da base de análise (status quo) para a universalização	Cena atual (mínimo)	+25,0%	+25,0%	+25,0%	+25,0%
	Curto prazo	+15,0%	+9,0%	+7,0%	+5,0%
	Médio prazo	+6,0%	+4,0%	+2,0%	+1,0%
	Longo prazo	+2,0%	+1,0%	0,0%	0,0%
Diferença no volume de RSU disponibilizado para coleta com universalização (mil t/ano)	Cena atual	+208	+208	+208	+208
	Curto prazo	+158	+112	+92	+73
	Médio prazo	+83	+61	+35	+20
	Longo prazo	+34	+18	+0	+0
Custos adicionais para totalizar a cobertura dos serviços em áreas rurais (R\$, mil)	Cena atual	+4.946	+4.946	+4.946	+4.946
	Curto prazo	+4.781	+4.187	+3.841	+3.463
	Médio prazo	+3.660	+3.108	+2.150	+1.358
	Longo prazo	+2.086	+1.260	0	0
Diferença no custo total de coleta regular com universalização do serviço (R\$, mil)	Cena atual	+32.116	+32.116	+32.116	+32.116
	Curto prazo	+25.389	+18.610	+15.700	+12.809
	Médio prazo	+14.311	+10.956	+6.676	+3.889
	Longo prazo	+6.503	+3.618	0	0
Custo totais de coleta regular com universalização do serviço (R\$, mil)	Cena atual	454.187	454.187	454.187	454.187
	Curto prazo	468.716	464.552	458.627	465.085
	Médio prazo	465.253	464.740	462.204	485.348
	Longo prazo	452.809	453.380	452.979	491.202

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

O custo total com o atendimento especial de coleta regular às populações rurais que atualmente não são atendidas, montaria em R\$ 4,95 milhões na cena atual, valor esse que montaria de R\$ 4,78 milhões à R\$ 3,46 milhões, a variar o cenário Estagnação e Aceleração, no curto prazo. A diferença de valores, a maior para o cenário Estagnação, reflete as diferenças já esperadas pelo andamento corriqueiro da situação da coleta, sem contabilizar acréscimos na cobertura dos serviços. Eis que no cenário de Aceleração, já há expectativas de incremento normais nos serviços, que

resultam em valores diferenciais menores. Independentemente dos cenários, conclui-se que para aumentar a cobertura de coleta regular para as populações rurais não atendidas (estimada em 287.000 habitantes), demanda-se em R\$ 4,95 milhões por ano. No longo prazo, esse valor diferencial se dilui nas melhorias já esperadas, ou seja, o custo desse atendimento embute-se naturalmente nos serviços regulares de coleta de RSU.

O Quadro 44 também traz a diferença total para a universalização do atendimento, que contempla não apenas as populações dispersas rurais, mas também aquelas em situações peri-urbanas e até urbanas nos municípios que hoje não contam com atendimento integral. Esse valor diferencial total, que inclui as populações rurais, monta em R\$ 32,12 milhões na cena atual. Esse valor pode ser compreendido como aquele que deveria estar sendo gasto, a maior, com a universalização dos serviços. Na média, esse acréscimo cai para R\$ 18 milhões por ano no curto prazo. A média é o resultado dos quatro (04) cenários prospectivos, que tem como extremos o custo de R\$ 25,39 milhões no Estagnação e R\$ 12,81 milhões no Aceleração.

O custo total com a coleta regular de RSU deverá ser, caso se universalizem os serviços, de R\$ 454,19 milhões por ano. No curto prazo, são R\$ 464,25 milhões médios no em detrimento ao custo de R\$ 446,12 milhões calculado na base de análise (que não contempla a universalização). Já em relação aos volumes de RSU, tem-se na cena atual um volume de 208.000 toneladas a maior para serem coletados. Esse é o quantitativo de resíduos que acaba sendo disposto irregularmente no ambiente.

5.2.2. Aumento da Eficiência da Coleta Seletiva de RSU no Paraná

Da mesma forma que se contemplou, no item anterior, simulações para a universalização da coleta regular de RSU no Estado do Paraná, no presente item se realizam simulações para a universalização da coleta seletiva. Conforme estimou-se na base de análise, os municípios paranaenses gastam cerca de R\$ 468 milhões por ano com a coleta de resíduos, sendo que R\$ 422 milhões cobrem a coleta regular e os demais R\$ 46,84 milhões cobrem esquemas formais de coleta seletiva.

Os custos menores que se incorrem atualmente com a coleta seletiva demonstram o quão precário essa ainda é realizada, pois os custos da coleta seletiva,

unitariamente, são o dobro do que a coleta regular. Isso reflete uma particularidade que diferencia em sua forma o resíduo que é enviado à disposição final daquele que é encaminhado para a reciclagem, afinal, a coleta seletiva acaba sendo mais custosa do que a coleta regular devido à impossibilidade de se realizar a compactação dos resíduos. Dada a natureza dos recicláveis, que se descaracterizam e perdem valor caso sejam compactados, a coleta dos seletivos ocorre em caminhões do tipo baú, cujo volume total é facilmente preenchido com 1,5 a 2,0 toneladas de resíduos recicláveis por viagem. Em contraste, se faz possível transportar de seis (06) a doze (12) toneladas de RSU compactado por viagem, a depender do porte do caminhão compactador.

Além da coleta seletiva custar, unitariamente, praticamente o dobro do que a regular, é realizada de forma ainda tímida por diversos municípios. O levantamento de dados do PERS/PR desvendou que dos noventa e nove (99) municípios que informaram a cobertura de seus esquemas de coleta seletiva em área urbana, na média essa chega a 78%. Ademais, a base de análise desse relatório indica como sendo de 4,9% a eficiência da coleta seletiva em relação ao total de resíduos disponibilizados para a coleta. A base de análise apresenta, por fim, a estimativa de que no Paraná são efetivamente recuperados do RSU pós-consumo um total de 304,68 mil toneladas de materiais recicláveis.

Não obstante aos custos que são incorridos com a coleta seletiva, sua realização promove diversos benefícios, notadamente:

- Redução do custo com a coleta regular de resíduos que são encaminhados para disposição final;
- Redução do custo com transbordo e transporte dos resíduos que são encaminhados para disposição final pelos municípios que encaminham seus rejeitos para áreas de disposição fora de suas circunscrições;
- Redução do custo com o aterramento de resíduos recicláveis;
- Geração de benefícios sociais, econômicos e ambientais oriundos da recuperação de sucatas.

Dado o contraste entre os custos e benefícios da coleta seletiva, realiza-se simulação de incremento na cobertura e na efetividade da coleta seletiva, vislumbrando ilustrar como e se os incrementos de custos com coleta poderiam ser contrapostos pelos benefícios da recuperação de materiais. Para tanto, adotam-se os seguintes pressupostos:

- Para essa simulação, dobram-se todos os percentuais delineados na base de análise, a partir da cena atual. A base de análise (*status quo*) contemplou a adoção, já no curto prazo, de esquemas de coleta seletiva para a totalidade de municípios no Paraná, com grau de eficiência mínima de 2,46% do RSU disponibilizado para a coleta. Para os municípios que já detêm esquemas de coleta seletiva, mas que não reportaram a eficiência, foi adotado aquela de 4,91%. Já para a projeção dessa eficiência ao longo do tempo, foram aplicados percentuais de melhoria gradativa, conforme exposto no Quadro 2. Nessa simulação, portanto, tem-se grau de eficiência mínima de 9,82% para os municípios que já apresentam esquemas de coleta seletiva e, no curto prazo, eficiência de 4,91% para os municípios que ainda não tem coleta seletiva.
- Mantiveram-se estáticos, para fins de comparação, os volumes de recicláveis coletados pelos esquemas informais de coleta. Da mesma forma, mantiveram-se estáticas as frações de produção de rejeito por parte das cooperativas e associações que recebem os frutos da coleta seletiva.

Os resultados da simulação que dobra a eficiência projetada como status quo da coleta seletiva no Estado do Paraná, mediante a manutenção dos demais pressupostos (incluindo os custos por tonelada coletada), podem ser observados no Quadro 45, a seguir, para os volumes coletados.

Quadro 45: Resultados do aumento da eficiência dos serviços de coleta seletiva de RSU.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença na fração do RSU coletado via esquema formal de coleta seletiva (%)	Cena atual	+2,4%	+2,4%	+2,4%	+2,4%
	Curto prazo	+2,6%	+3,0%	+3,3%	+3,7%
	Médio prazo	+3,2%	+3,6%	+4,1%	+4,4%
	Longo prazo	+3,8%	+4,3%	+4,8%	+5,2%
Diferença no volume de RSU coletado via esquemas formais de coleta seletiva (t/ano)	Cena atual	+83.254	+83.254	+83.254	+83.254
	Curto prazo	+96.903	+108.273	+122.634	+139.367
	Médio prazo	+120.520	+135.059	+155.314	+180.830
	Longo prazo	+142.015	+160.432	+186.456	+221.300

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

É possível vislumbrar, na cena atual, um acréscimo de 83,25 mil toneladas de recicláveis caso se dobrasse a eficiência da coleta seletiva nos municípios que já dispõe do serviço. Ao se adotar a coleta seletiva em todos os municípios do Paraná no curto prazo, esse volume passa a ser entre 96,90 mil e 139,37 mil toneladas, a depender do cenário prospectivo (Estagnação e Aceleração, respectivamente).

Pelos resultados da simulação realizada, a fração do RSU coletado via esquema formal de coleta seletiva passaria dos atuais 8,63% para 10,99% na cena atual, ou seja, um acréscimo de 2,4%. No curto prazo, essa fração pode passar do intervalo entre 9% e 12% para o intervalo de 12% a 16%, ou seja, um acréscimo bastante significativo.

Em termos de custos dos serviços, tem-se reduções na coleta regular (menos R\$ 11,37 milhões), nas operações de transbordo e transporte (menos R\$ 2,92 milhões), além de reduções com a própria disposição final de resíduos (menos R\$ 6,37 milhões), já que mais recicláveis estariam sendo desviados do aterro sanitário. Não obstante, os custos com a coleta seletiva aumentariam a mais do que essas reduções (mais R\$ 40,28 milhões), rendendo acréscimo líquido ao manejo dos RSU de R\$ 19,62 milhões.

Quadro 46: Resultados nos custos de manejo oriundos do aumento da eficiência dos serviços de coleta seletiva de RSU.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença nos custos com a coleta seletiva (R\$, mil)	Cena atual	+40.275	+40.275	+40.275	+40.275
	Curto prazo	+46.361	+51.597	+56.610	+63.277
	Médio prazo	+57.318	+63.151	+69.347	+79.543
	Longo prazo	+67.332	+73.722	+80.785	+94.577
Diferença nos custos com a coleta regular (R\$, mil)	Cena atual	-11.366	-11.366	-11.366	-11.366
	Curto prazo	-13.344	-14.910	-16.886	-19.190
	Médio prazo	-16.601	-18.602	-21.393	-24.918
	Longo prazo	-19.562	-22.098	-25.688	-30.497
Diferença nos custos com transbordo e transporte (R\$, mil)	Cena atual	-2.916	-2.916	-2.916	-2.916
	Curto prazo	-3.203	-3.567	-4.035	-4.575
	Médio prazo	-3.957	-4.427	-5.075	-5.865
	Longo prazo	-4.642	-5.237	-6.072	-7.158
Diferença nos custos com a disposição final (R\$, mil)	Cena atual	-6.374	-6.374	-6.374	-6.374
	Curto prazo	-7.809	-8.977	-10.440	-12.090
	Médio prazo	-10.203	-11.662	-13.708	-16.235
	Longo prazo	-12.420	-14.264	-16.893	-20.286
Diferença líquida nos custos totais com o manejo de RSU (R\$, mil)	Cena atual	+19.618	+19.618	+19.618	+19.618
	Curto prazo	+22.005	+24.143	+25.248	+27.422
	Médio prazo	+26.556	+28.460	+29.172	+32.525
	Longo prazo	+30.709	+32.124	+32.133	+36.636

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

De acordo com o exposto no Capítulo 4, sabe-se que a reciclagem gera benefícios econômicos e ambientais que não estão computados no mercado de manejo de resíduos sólidos, embora ocorram de fato e sejam auferidos pela sociedade em geral. Mediante a aplicação dos mesmos parâmetros utilizados no item 4.5 (Benefícios da Reciclagem), apresentam-se no Quadro 47, a seguir, os benefícios adicionais oriundos da maior eficiência na coleta seletiva ora simulada. Nota-se que o resultado, de R\$ 99,77 milhões por ano, é mais do que suficiente para cobrir os custos adicionais líquidos de R\$ 19,62 milhões e ainda render ao esquema de incremento da coleta seletiva um resultado societário líquido positivo de R\$ 80,15 milhões.

Quadro 47: Benefícios do simulado aumento da eficiência da coleta seletiva pela reciclagem no Paraná, com base em IPEA (2010).

Fluxo de Materiais Recicláveis	Benefícios	Total (R\$, mil)	Metal (R\$, mil)	Papel (R\$, mil)	Plástico (R\$, mil)	Vidro (R\$, mil)
Diferença de recicláveis do RSU efetivamente recuperados (benefícios auferidos)	Benefício Econômico	+98.555	+1.179	+20.240	+75.603	+1.533
	Benefício Ambiental	+1.217	+245	+596	+335	+41
	Benefício Total	+99.772	+1.423	+20.836	+75.938	+1.574

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Pode-se realizar ainda outra simulação quanto aos benefícios da reciclagem a partir da quantidade de empregos gerados pela atividade. No *status quo*, contabilizou-se um total de 9,65 mil pessoas diretamente envolvidas com a recuperação de materiais, subdivididos em 6,54 mil trabalhadores na triagem e outros 3,1 mil no preparo. Uma vez que se estimou a relação de trabalhadores para cada cem (100) toneladas de sucatas processadas, que é a matéria-prima do setor de recuperação, tem-se um parâmetro que pode ser reaplicado para a simulação de maior eficiência na coleta seletiva. Com esse racional, tem-se que o incremento de eficiência na coleta seletiva geraria 1.787 empregos na triagem e adicionais quinhentos e vinte (520) empregos no preparo de materiais, elevando a quantidade total de trabalhadores para 11,95 mil.

Ao se contrastar os resultados obtidos pela simulação de acréscimo na eficiência com a coleta seletiva, tem-se a geração de benefícios líquidos societários, tanto em termos econômicos e ambientais (R\$ 80,15 milhões) e sociais (1,79 mil empregos). Essa simulação deve embasar as políticas públicas correlatas, uma vez que cabe ao Estado a promoção de tais vantagens que rumam à sustentabilidade.

5.2.3. Universalização do Programa Câmbio Verde de Curitiba

Como pôde ser observado no item acima, dobrar a eficiência da coleta seletiva incorre em custos líquidos de R\$ 19,62 milhões anuais aos gestores dos resíduos sólidos (quais sejam, os municípios). Mesmo com a geração de benefícios líquidos da ordem de R\$ 80,15 milhões e geração de 1,79 mil empregos, as municipalidades ainda teriam uma conta maior a ser paga. Dessa forma, exploram-se aqui duas alternativas

de custos baixos para incentivar a melhor segregação de RSU na fonte. A primeira dessas alternativas é replicar a experiência de Curitiba denominada de "câmbio verde", onde há troca de 4 kg de materiais recicláveis por 1 kg de frutas e verduras.

De acordo com informações oficiais do programa, seu objetivo é incentivar a separação e a destinação correta dos recicláveis, concomitante à melhoria da qualidade da alimentação dos curitibanos beneficiados²². O programa atende uma média de 5.000 pessoas por mês, que retornam trezentas (300) toneladas de material. O programa de Curitiba é voltado para famílias de baixa renda (com recebimento de até 3,5 salários mínimos) e atende principalmente as regiões na periferia da cidade. A troca é realizada com caminhões que aguardam, a cada quinze (15) dias, em pontos específicos de coleta. Ainda segundo as informações oficiais do programa, Curitiba conta com cento e um (101) pontos de coleta, locais de atendimento esses que são equipamentos urbanos utilizados pela cidade ou ainda a ela pertencentes.

Tomando-se o exemplo de Curitiba como modelo, pode-se simular tal atendimento para o total do Estado, contabilizando-se tanto seus acréscimos de custo como sua produção de benefícios. Para tanto, adota-se a metodologia descrita a seguir. Estima-se em primeiro momento o universo de cada município que pode ser beneficiado por um programa equivalente ao câmbio verde. Essa estimativa se faz pela quantidade de pessoas em situação de baixa renda para todos os municípios do Estado (a partir do Censo Demográfico do IBGE, classificando-se pessoas de dez (10) anos ou mais de idade pelo rendimento nominal mensal, contabilizando-se aqueles com rendimentos de até dois (02) salários mínimos). Tomando-se Curitiba como parâmetro, tem-se que 11% desse universo pode participar do programa, que tem um rendimento médio de 60 kg por ano por participante. Ademais, pela população atendida na capital paranaense, tem-se uma razão de 1,68 pontos de coleta para cada mil atendidos.

Aplicando-se os passos acima para os demais trezentos e noventa e oito (398) municípios do Estado, produz-se a estimativa de 24,91 mil toneladas de material reciclável que poderiam ser coletadas a partir de programas equivalentes ao câmbio

²² Cidade de Curitiba, disponível em: <http://coetalixo.curitiba.pr.gov.br/lixo-reciclavel>

verde²³. No curto prazo, esse volume adicional de coleta seletiva pode chegar de 25,84 mil toneladas (sob cenário Estagnação) até 26,79 mil (sob cenário Aceleração). Em termos percentuais, os programas seriam responsáveis pelo recolhimento médio da fração de 2,12% dos resíduos recicláveis gerados no Estado. Como pressuposto básico, tem-se que tais iniciativas seriam adicionais aos esquemas de coleta seletiva (formal e informal) praticados, ou seja, que não há sobreposição com os volumes já estimados na base de análise. A diferença que esses programas gerariam em termos de recuperação de materiais recicláveis é aposta no quadro abaixo.

Quadro 48: Resultados da universalização do programa câmbio verde.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença no volume de RSU coletado (t/ano)	Cena atual	+24.905	+24.905	+24.905	+24.905
	Curto prazo	+25.841	+25.907	+25.996	+26.791
	Médio prazo	+26.334	+26.677	+27.076	+29.137
	Longo prazo	+26.258	+26.770	+27.438	+30.503
Volume de hortifrúti para troca no câmbio verde (t/ano)	Cena atual	6.226	6.226	6.226	6.226
	Curto prazo	6.460	6.477	6.499	6.698
	Médio prazo	6.583	6.669	6.769	7.284
	Longo prazo	6.564	6.693	6.860	7.626

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Para se atingir a quantidade estimada de resíduos recicláveis coletados via câmbio verde, dois (02) custos devem ser considerados. O primeiro deles é o custo incorrido de aquisição dos hortifrúti que servem como moeda de troca pelos recicláveis. Esses custos não devem ser insignificativos, muito embora se trate de transferência de benefícios diretos para uma fração carente da população. Ao invés de auxílio direto de outras formas, como por exemplo via transferências de renda, o programa equivalente ao câmbio verde proporciona segurança alimentar para famílias de baixa renda. Dessa forma, não são contabilizados os custos com os hortifrúti por se compreender que esse orçamento já é contemplado pelo município via ações similares.

²³ Essa estimativa não contabiliza os resultados de Curitiba, uma vez que esses já estão embutidos nas demais estimativas desse município por fazerem parte dos esquemas de coleta seletiva formal.

O outro custo de programas como o câmbio verde, esse sim afeto diretamente à atividade de gestão de resíduos, é o custo com o esquema de efetivação da troca. Tem-se, afinal, um esquema equivalente a um programa de coleta seletiva via caminhões baú que atuam como pontos de entrega voluntária. A implantação dos programas por todo o Estado demandaria um total de setecentos e noventa e quatro (794) pontos de coleta. Nos municípios mais populosos como Londrina, Maringá, Ponta Grossa, Cascavel, São José dos Pinhais e Foz do Iguaçu, a quantidade de pontos de troca seria de, respectivamente, trinta e seis (36), vinte e cinco (25), vinte e um (21), vinte e um (21), dezoito (18) e dezoito (18). A maior parte dos municípios, entretanto, teria apenas um (01) (trezentos e um (301) municípios) ou dois pontos (02) (quarenta e três (43) municípios), no máximo.

Como forma de se estimar os custos com o esquema de coleta necessário para atendimento a esses pontos, tem-se o seguinte racional: uma equipe de motorista e dois (02) coletores, atuando com um caminhão baú, custa a um (01) município R\$ 35 mil por mês, via contratação direta. Trata-se de parâmetro de mercado para municípios maiores, valor superdimensionado para a realidade da maior parte dos municípios paranaenses. Como forma de alinhar essas realidades, adota-se metade do valor como custo para os municípios que demandam vinte e dois (22) ou menos pontos. A equipe do câmbio verde é capaz de atender a vinte e dois (22) pontos com frequência quinzenal mediante atendimentos em períodos individuais de manhã ou de tarde. Dessa forma, cada ponto custaria aos municípios o valor unitário anual de R\$ 19,09 mil.

Tal qual para a simulação de incremento na eficiência da coleta seletiva (item anterior), o aumento dos custos com a coleta seletiva via câmbio verde são parcialmente compensados pela redução de custos com a disposição desses resíduos com rejeitos que demandam coleta regular, transbordo e transporte e, claro, o custo da própria disposição final. O Quadro 49, a seguir, traz os diferenciais de valor encontrados com a simulação do câmbio verde frente ao status quo (base de análise).

Quadro 49: Resultados nos custos de manejo oriundos da universalização do programa câmbio verde como complemento à coleta seletiva.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença nos custos com a coleta seletiva (R\$, mil)	Cena atual	+7.612	+7.612	+7.612	+7.612
	Curto prazo	+7.892	+7.912	+7.939	+8.177
	Médio prazo	+8.040	+8.144	+8.263	+8.873
	Longo prazo	+8.018	+8.172	+8.372	+9.287
Diferença nos custos com a coleta regular (R\$, mil)	Cena atual	-3.526	-3.526	-3.526	-3.526
	Curto prazo	-3.659	-3.668	-3.681	-3.794
	Médio prazo	-3.730	-3.779	-3.835	-4.127
	Longo prazo	-3.720	-3.792	-3.887	-4.320
Diferença nos custos com transbordo e transporte (R\$, mil)	Cena atual	-500	-500	-500	-500
	Curto prazo	-520	-521	-522	-537
	Médio prazo	-528	-535	-543	-578
	Longo prazo	-527	-537	-551	-606
Diferença nos custos com a disposição final (R\$, mil)	Cena atual	-2.608	-2.608	-2.608	-2.608
	Curto prazo	-2.698	-2.676	-2.678	-2.757
	Médio prazo	-2.710	-2.737	-2.770	-3.004
	Longo prazo	-2.687	-2.733	-2.803	-3.142
Diferença líquida nos custos totais com o manejo de RSU (R\$, mil)	Cena atual	+979	+979	+979	+979
	Curto prazo	+1.015	+1.046	+1.057	+1.088
	Médio prazo	+1.071	+1.092	+1.114	+1.164
	Longo prazo	+1.085	+1.109	+1.131	+1.220

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

O incentivo de se trocar material reciclável por produtos hortifrúti, destinado exclusivamente para famílias de baixa renda, custa ao sistema de manejo de resíduos sólidos cerca de R\$ 1 milhão por ano. Esse é o resultado líquido que desconta do aumento com coleta seletiva (ou seja, com o próprio programa de câmbio verde) a economia com as demais etapas do manejo de RSU. Os benefícios da universalização desse programa renderiam atendimento, na cena atual, para 415.000 paranaenses com renda inferior a dois (02) salários mínimos, distribuindo um volume anual de 6,23 mil toneladas de alimentos que incrementam a segurança alimentar.

Além desses benefícios diretos auferidos pela simulação de universalização do programa câmbio verde, tem-se a geração de benefícios econômicos, ambientais e sociais advindos do incremento da recuperação de 24,91 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos pós-consumo. O Quadro 50, a seguir, aponta tais benefícios, novamente em seus resultados líquidos (ou seja, benefícios gerados além daqueles já contabilizados no item 4.5).

Quadro 50: Benefícios da simulada universalização do programa câmbio verde pela reciclagem no Paraná, com base em IPEA (2010).

Fluxo de Materiais Recicláveis	Benefícios	Total (R\$, mil)	Metal (R\$, mil)	Papel (R\$, mil)	Plástico (R\$, mil)	Vidro (R\$, mil)
Diferença de recicláveis do RSU efetivamente recuperados (benefícios auferidos)	Benefício Econômico	+29.482	+353	+6.055	+22.616	+459
	Benefício Ambiental	+364	+73	+178	+100	+12
	Benefício Total	+29.846	+426	+6.233	+22.717	+471

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

Da mesma forma que para a simulação de aumentos da eficiência na coleta seletiva (item anterior), os benefícios societários gerados pelo acréscimo de materiais pós-consumo efetivamente recuperados compensam em larga escala os incrementos líquidos de custo no manejo de RSU. No caso, o custo de R\$ 0,98 milhão anual é compensado pela geração de benefícios da ordem de R\$ 29,85 milhões. Em termos de geração de empregos para o setor da recuperação de materiais, tem-se a geração potencial de novos seiscentos e noventa (690) empregos, sendo que quinhentos e trinta e quatro (534) deles ocorrem via triadores de materiais recicláveis e outros cento e cinquenta e seis (156), via preparadores.

5.2.4. Aprimoramento na Comunicação sobre a Reciclabilidade dos Materiais Pós-Consumo

Tal como observado na composição da base de análise do presente documento, as cooperativas e associações atuam com a geração média de 35% de rejeito. Essa produção de rejeitos ocasiona malefícios em termos de custos da coleta seletiva e da coleta regular (haja vista que esses materiais seguem via coleta regular para o destino final) e perda de produtividade para as cooperativas e associações, que conseguem recuperar uma fração menor de material.

A composição da cena atual já contabiliza, no passar do tempo, uma melhoria na fração de rejeitos gerado, ou seja, em uma melhor segregação de resíduos na fonte. Essa melhoria embutida no status quo (base de análise) reflete a tendência de se aprimorar a comunicação sobre a reciclabilidade dos materiais por meio de campanhas publicitárias, boletins informativos, redes sociais e outros. Não obstante a melhoria já contabilizada, apresenta-se aqui a simulação de um incremento ainda mais intenso na qualidade da segregação dos resíduos na fonte (ou seja, nas residências, comércios, estabelecimentos comerciais, prestadores de serviços, instituições públicas e outros).

Assim como para a simulação do aumento da eficiência na coleta seletiva, dobram-se os percentuais de incremento na qualidade da segregação na fonte de recicláveis, espelhando melhores campanhas de comunicação sobre a reciclabilidade dos materiais. O Quadro 51, a seguir, traz a diferença nos percentuais adotados de produção de rejeito, que sofrem reflexo imediato da qualidade da segregação dos materiais e, assim, na quantidade de materiais efetivamente recuperados²⁴.

Quadro 51: Simulação de melhor segregação de resíduos na fonte, resultando em menor fração de rejeitos produzidos por esquemas formais de triagem.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Fração de rejeitos produzidos (metade da fração adotada na base de análise)	Cena atual	17,5%	17,5%	17,5%	17,5%
	Curto prazo	17,5%	17,5%	16,5%	16,0%
	Médio prazo	17,5%	17,0%	15,5%	15,0%
	Longo prazo	17,5%	16,5%	14,5%	14,0%
Diferença no volume de RSU enviado à reciclagem (t/ano)	Cena atual	25.836	25.836	25.836	25.836
	Curto prazo	28.686	32.041	33.197	36.064
	Médio prazo	35.702	38.277	38.386	42.631
	Longo prazo	42.076	43.492	41.931	47.360

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Ao se reduzir pela metade a produção de rejeito que chega às cooperativas e associações (infelizmente, apenas de forma hipotética), um volume bastante significativo de 25,84 mil toneladas passaria a ser recuperado sem acréscimos ao custo

²⁴ Importante notar que, assim como nas demais simulações, adota-se o conceito *ceteris paribus*: todos os outros fatores são mantidos constantes. As diferenças apresentadas são relativas à linha de base, ou seja, a base de análise desenvolvida no Capítulo 2.

de coleta seletiva (sequer contabilizando-se aumentos em sua eficiência para além daqueles já constantes na base de análise).

A menor produção de rejeitos gera mais material reciclável concomitantemente a não alteração nos custos com a coleta seletiva; porém, o que decorre por consequência da produção menor de rejeitos nas cooperativas e associações é a redução de custos de coleta regular, transbordo e transporte e destinação final dos recicláveis que passam a ser recuperados e não aterrados; bem como redução do valor de coleta regular dos rejeitos que seriam re-coletados nas cooperativas e associações, após já terem sido coletados em primeiro momento pela coleta seletiva. O Quadro 52, a seguir, apresenta o reflexo da melhor segregação na fonte dos recicláveis nos custos do sistema de gestão de RSU.

Quadro 52: Resultados nos custos de manejo oriundos da melhor segregação de recicláveis na fonte.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença nos custos com a coleta seletiva (R\$, mil)	Cena atual	0	0	0	0
	Curto prazo	0	0	0	0
	Médio prazo	0	0	0	0
	Longo prazo	0	0	0	0
Diferença nos custos com a coleta regular (R\$, mil)	Cena atual	-3.595	-3.595	-3.595	-3.595
	Curto prazo	-3.989	-4.455	-4.615	-5.013
	Médio prazo	-4.965	-5.322	-5.337	-5.928
	Longo prazo	-5.850	-6.048	-5.832	-6.587
Diferença nos custos com transbordo e transporte (R\$, mil)	Cena atual	-814	-814	-814	-814
	Curto prazo	-892	-994	-1.028	-1.114
	Médio prazo	-1.103	-1.180	-1.180	-1.301
	Longo prazo	-1.293	-1.335	-1.283	-1.441
Diferença nos custos com a disposição final (R\$, mil)	Cena atual	-2.458	-2.458	-2.458	-2.458
	Curto prazo	-2.818	-3.177	-3.303	-3.601
	Médio prazo	-3.555	-3.826	-3.851	-4.292
	Longo prazo	-4.223	-4.371	-4.223	-4.775
Diferença líquida nos custos totais	Cena atual	-6.867	-6.867	-6.867	-6.867
	Curto prazo	-7.700	-8.625	-8.946	-9.728

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
com o manejo de RSU (R\$, mil)	Médio prazo	-9.623	-10.329	-10.368	-11.521
	Longo prazo	-11.367	-11.754	-11.338	-12.802

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Torna-se claro pelo Quadro 52 que as ações de comunicação que visam o aprimoramento da segregação de resíduos na fonte são vantajosas sob aspecto financeiro da gestão de resíduos sólidos urbanos. Os municípios paranaenses podem economizar anualmente um montante expressivo de R\$ 6,87 milhões com a menor produção de rejeitos. Embora o valor agregado seja significativo, para cada um dos municípios a economia representa apenas uma fração do total dispendido com a gestão de resíduos. Em Curitiba, por exemplo, essa economia é estimada em R\$ 1,78 milhão por ano; em Londrina, R\$ 247 mil por ano (0,9% do total dispendido com a gestão de RSU); em Maringá, R\$ 307 mil; já em Cascavel, R\$ 218 mil.

A observação dos valores individualizados por município permite concluir que, ao invés de todos os trezentos e noventa e nove (399) municípios paranaenses realizarem suas próprias campanhas, torna-se lógico que haja uma campanha de âmbito estadual para o fornecimento de informações sobre a reciclabilidade dos materiais. Uma campanha como essa pode facilitar o acesso à informação para municípios pequenos, que não contam com estrutura financeira e sequer técnica para trabalhar o tema com a homogeneidade necessária de dados e fatos.

Além da economia líquida promovida pela melhor segregação na fonte, pode-se estimar o efeito do incremento de materiais recicláveis efetivamente recuperados em termos de benefícios econômicos e ambientais (segundo IPEA, 2010). O Quadro 53, a seguir, aponta tais benefícios em seus resultados líquidos (contrastados com a base de análise). Os benefícios societários gerados pela melhor segregação na fonte montam em R\$ 30,96 milhões em benefícios, que se somam à economia de custos com o manejo de RSU para totalizar R\$ 37,83 milhões de resultado positivo líquido para a sociedade.

Quadro 53: Benefícios do simulado aprimoramento na segregação na fonte de recicláveis, com base em IPEA (2010).

Fluxo de Materiais Recicláveis	Benefícios	Total (R\$, mil)	Metal (R\$, mil)	Papel (R\$, mil)	Plástico (R\$, mil)	Vidro (R\$, mil)
Diferença de recicláveis do RSU efetivamente recuperados (benefícios auferidos)	Benefício Econômico	30.585	366	6.281	23.462	476
	Benefício Ambiental	378	76	185	104	13
	Benefício Total	30.962	442	6.466	23.566	488

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Em termos de geração de empregos para o setor da recuperação de materiais, tem-se um potencial acréscimo de setecentos e dezesseis (716) empregos, sendo que quinhentos e cinquenta e quatro (554) deles ocorrem via triadores de materiais recicláveis e outros cento e sessenta e um (161), via preparadores.

5.2.5. Maior Efetividade da Logística Reversa

Seguindo-se o roteiro da pirâmide invertida para efetivar as ações de gestão de resíduos, tem-se como passo fundamental a reutilização e a reciclagem. De acordo com a PNRS (Lei Federal nº 12.305/2010), a logística reversa se torna instrumental no aumento dos índices de reutilização e reciclagem, pois parte do princípio de que há responsabilidade compartilhada ao longo de toda a cadeia do resíduo, não apenas em sua geração, mas também no ciclo que antecede ao consumo e que se segue após o consumo. Como exemplo dos plásticos, tem-se o envolvimento dos seguintes elos da cadeia: indústria petroquímica, indústria da transformação, indústria usuária de embalagens, distribuidores ou atacadistas, supermercados ou varejo, consumidor, coleta seletiva, cooperativa ou associação de triagem, sucateiros e, finalmente, o retorno para a indústria da transformação.

O princípio por detrás da logística reversa é aquele fundamental para toda e qualquer consideração sobre sustentabilidade, qual seja: a do poluidor-pagador. Todas as empresas que estão na cadeia de produção são obrigadas a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos pós-consumo, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. A referida política é avançada em termos da consideração do

princípio do poluidor-pagador na gestão de resíduos; sua efetividade, entretanto, ainda se encontra muito aquém do desejado, como bem documenta o panorama de gestão de resíduos do PERS/PR e autores como Nascimento et al. (2015). Dessa forma, o que se intenta explorar nesse ensaio é o retorno potencial da maior efetividade da logística reversa.

Existem diversas formas pelas quais as empresas corresponsáveis pela logística reversa podem atuar para estimular ou mesmo impor a aquisição ou a retirada de embalagens e produtos pós-consumo para recuperação. Alguns deles são de cunho econômicos, brevemente descritos a seguir:

- **Compra:** nenhuma forma de incentivo econômico à logística reversa é mais direta do que a compra do produto pós-consumo, com vistas a encaminhá-lo à recuperação. Normalmente essa compra é dependente da condição e configuração do produto entregue, como ocorre com a fabricante de baterias alemã Varta, que paga cinquenta (50) centavos de libra por cada bateria recarregável devolvida a um ponto de coleta (Almeida e Robertson, 1995);
- **Taxa de depósito:** essa taxa pode ser cobrada em cima do produto em si, ou mesmo a um item utilizado em sua distribuição (como, por exemplo, no caso dos cascos de cerveja de 600 ml), ou seja, o consumidor paga no ato da compra pela embalagem e tem seu dinheiro reembolsado na hora da devolução;
- **Opção de recompra:** no momento em que um produto é vendido, é oferecida ao comprador a possibilidade de revender o produto ao vendedor por um preço pré-definido quando o produto atende a alguns requisitos predefinidos no momento do retorno (como por exemplo a quantidade de quilômetros percorridos em um automóvel ou o número de horas de uso em um aparelho de telefonia móvel);
- **Desconto no valor do produto novo:** ocorre quando um comprador obtém uma redução em um produto na contrapartida de entregar um produto similar usado, desde que atendendo a certos requisitos pré-definidos;

- Entrega sem custos a um fornecedor: esse último esquema de implantação da logística reversa se refere à produtos que detém algum custo para que se dê sua disposição final adequada. Dessa forma, o incentivo econômico da entrega sem custos a um fornecedor para recuperação via logística reversa é o abatimento dos custos que teriam sido dispendidos.

Há, ainda, uma miríade de outros incentivos e estratégias de ordem não econômica para se implantar a logística reversa, dos quais descrevem-se os principais:

- Disponibilização de pontos de recolhimento de materiais pós-consumo junto aos locais de comercialização: trata-se do mais direto meio para se realizar a logística reversa, desde que as empresas obrigadas a tal recolham os materiais. Nota-se aqui a recém-aprovada Lei Estadual Paranaense (nº 19.294 de 13 de dezembro de 2017) que obriga todos os pontos comerciais no Estado (exceto micro e pequenas empresas) que pratiquem vendas a varejo de produtos que contenham embalagens a dispor de ao menos uma (01) urna para descarte das mesmas, ao lado dos caixas destinados ao pagamento;
- Legislação: as proibições de descarte de certos materiais de forma ordinária, quando ocorrem em conjunto com punições ou ainda com altos custos de descarte, podem auxiliar a se obter uma oferta barata de produtos desejados para a recuperação (Almeida e Robertson, 1995);
- Informações oportunas e claras: essa, que parece ser a mais trivial das estratégias, é de fato muito eficaz quando feita de forma oportuna e clara, tal como por meio de avisos, símbolos, campanhas de comunicação e outros. Almeida e Robertson (1995) desvendaram que o retorno de baterias na Dinamarca e na Alemanha foram incrementados de forma significativa apenas com essa estratégia;
- Entrega do usado condicionando a compra do novo: esse esquema já é utilizado pelo mercado das baterias automotivas, onde a compra de um (01) produto novo é condicionada à entrega de uma unidade usada. Caso não se faça o retorno do usado, o custo do novo é maior, teoricamente na

mesma medida em que se cubra o custo ambiental e social do descarte irregular da unidade não retornada. Também se utiliza dessa estratégia, com muito sucesso, no caso de embalagens de agrotóxicos, já abordado no panorama de resíduos do PERS/PR, sistema denominado de Campo Limpo;

- Contratos de arrendamento ou aluguel: cada vez mais se concretiza a projeção, realizada há mais de uma década atrás, de que produtos passarão a ser arrendados ou alugados e não mais vendidos. Essa estratégia, que é realidade há algum tempo no mercado automobilístico, está rapidamente sendo adotada por outros produtos, notadamente na Europa e nos Estados Unidos²⁵;
- Sistema de retorno incluso na compra: esse sistema de logística reversa está sendo bastante difundido para equipamentos eletrônicos de pequeno porte, como por exemplo aparelhos celulares, máquinas fotográficas e até para *toners* de impressoras. Trata-se da inclusão de embalagens pré-etiquetadas para devolução sem custo ao consumidor pelo correio;
- Poder de mercado entre produtores e fornecedores: empresas que comandam poder de mercado sobre seus fornecedores (como é o caso de redes varejistas sobre produtores de gêneros alimentícios, fabricantes de produtos de beleza sobre fornecedores de matérias-primas naturais, montadores de automóveis sobre o parque fornecedor, dentre tantos outros), podem agir de forma a aprimorar as qualidades ou mesmo o design de produtos para a logística reversa e o reaproveitamento. Como exemplo, tem-se a obrigatoriedade na devolução de embalagens de atacado dos produtos para o fornecedor, ou ainda uma grande varejista que instala um ponto de coleta em sua loja para recipientes de um de seus fornecedores, obrigando esse a realizar a coleta;

²⁵ Diversas empresas americanas oferecem grandes portfólios de produtos para aluguel, dentre eles: móveis, linha branca, computadores e eletrônicos em geral. Dentre as vantagens anunciadas para o aluguel em detrimento à aquisição estão: i) a não necessidade de crédito para usufruir dos melhores produtos; ii) contratos de curto prazo; iii) não necessidade de tomar empréstimos e dívidas; iv) inclusão de serviços de manutenção; e v) atualização de produtos e tecnologias mais recentes, sempre que se desejar. Para um dos mais notáveis exemplos, que inclusive conta com aplicativo para smartphone, ver: <https://www.rentacenter.com>

- Apelo à consciência ambiental e/ou social das pessoas: esse incentivo geralmente requer muita publicidade e, em geral, não é muito estável. Não obstante, é muito utilizado e compõe o rol de opções para a indústria realizar a logística reversa como determina a legislação nacional;
- Aliança com instituições de caridade: esse incentivo, que se alinha com aquele de apelo à consciência ambiental e/ou social, estabelece um determinado incentivo ou doação a uma instituição de caridade para cada número pré-determinado de materiais pós-consumo recebidos.

Percebe-se pelas duas (02) listagens acima que são poucos os casos de incentivos (econômicos ou não econômicos) em prática no mercado nacional. Existem, portanto, inúmeras possibilidades para serem exploradas pelas empresas nacionais no cumprimento de suas obrigações legais.

Para a realização da simulação de uma maior efetividade para a logística reversa no Estado do Paraná, tem-se a adoção de alguns pressupostos, descritos na sequência. Toma-se, como sempre, o ponto de partida da base de análise (status quo). Assume-se que há um incremento de fluxos de logística reversa de materiais que seriam coletados regularmente e enviados à disposição final, mas que são desviados para recuperação.

Para a taxa de incremento desse fluxo, tem-se como base os dados registrados pela média dos países europeus, que tiveram a fração de resíduos reciclada passaram de 12% em 1996 para 21% em 2006, chegando finalmente em 29% em 2016 (ver item 4.5). Esses resultados indicam um acréscimo de 5,36% ao ano nos primeiros dez (10) anos, seguidos por uma taxa anual de 3,28% na segunda dezena. Já para a situação de início da logística reversa, pressupõe-se que na cena atual inicia-se a recuperação de 4,91%, mesma fração adotada para a eficiência da coleta seletiva formal para os municípios que não detêm valores reportados na base de levantamento do PERS/PR.

Esses fluxos, como preconiza a Lei Federal nº 12.305/2010, são ademais independentes dos esforços do setor público para o manejo dos RSU, ou seja, não geram ônus ao setor público. Ao contrário, promovem a economia de materiais devido ao não manejo de recicláveis que outrora seriam tratados como rejeitos. Por fim, tem-

se que os fluxos de logística reversa são adicionais àqueles realizados pela coleta seletiva formal e informal, mantendo-se a linha de base inalterada.

O Quadro 54, a seguir, traz os resultados dos pressupostos adotados para simular uma maior efetividade da logística reversa, tanto em relação à fração do total de recicláveis que é coletado quanto a diferença nos volumes gerados. Tem-se um potencial no longo prazo de se atingir dentre 166,75 mil a 233,46 mil toneladas ao ano recuperadas por meio de logística reversa, a depender do cenário prospectivo (Estagnação e Aceleração, respectivamente). Na cena atual, pode-se chegar potencialmente ao volume de 57,74 mil toneladas adicionais de materiais recuperados no Paraná.

Quadro 54: Simulação de maior efetividade da logística reversa.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Efetividade da logística reversa em relação à geração de recicláveis	Cena atual	4,91%	4,91%	4,91%	4,91%
	Curto prazo	6,87%	7,56%	8,24%	8,93%
	Médio prazo	10,75%	11,64%	12,54%	13,44%
	Longo prazo	13,47%	14,44%	15,40%	16,36%
Diferença no volume de RSU enviado à reciclagem devido à ação da logística reversa (t/ano)	Cena atual	57.739	57.739	57.739	57.739
	Curto prazo	83.813	92.429	101.113	112.707
	Médio prazo	133.389	146.342	159.841	183.280
	Longo prazo	166.746	182.028	198.803	233.460

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

A maior efetividade da logística reversa gera mais material reciclável concomitantemente a não alteração nos custos com a coleta seletiva; porém, o que decorre por consequência da atuação das empresas indiretamente na gestão de resíduos sólidos é a produção menor de recicláveis que seria tratados como rejeitos pela gestão municipal e demandando, portanto, custos de coleta regular, custos com transbordo e transporte e, por fim, custos com a destinação final dos recicláveis que estariam sendo aterrados. O Quadro 55 apresenta o reflexo da atuação simulada da logística reversa nos custos de manejo de RSU municipais.

Quadro 55: Resultados nos custos de manejo oriundos da maior efetividade da logística reversa.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença nos custos com a coleta seletiva (R\$, mil)	Cena atual	0	0	0	0
	Curto prazo	0	0	0	0
	Médio prazo	0	0	0	0
	Longo prazo	0	0	0	0
Diferença nos custos com a coleta regular (R\$, mil)	Cena atual	-8.096	-8.096	-8.096	-8.096
	Curto prazo	-11.755	-12.964	-14.182	-15.810
	Médio prazo	-18.717	-20.534	-22.429	-25.721
	Longo prazo	-23.400	-25.543	-27.899	-32.763
Diferença nos custos com transbordo e transporte (R\$, mil)	Cena atual	-1.739	-1.739	-1.739	-1.739
	Curto prazo	-2.523	-2.782	-3.041	-3.383
	Médio prazo	-4.001	-4.389	-4.792	-5.445
	Longo prazo	-5.000	-5.458	-5.958	-6.935
Diferença nos custos com a disposição final (R\$, mil)	Cena atual	-5.106	-5.106	-5.106	-5.106
	Curto prazo	-7.568	-8.361	-9.182	-10.284
	Médio prazo	-12.265	-13.488	-14.760	-17.058
	Longo prazo	-15.439	-16.884	-18.487	-21.846
Diferença líquida nos custos totais com o manejo de RSU (R\$, mil)	Cena atual	-14.940	-14.940	-14.940	-14.940
	Curto prazo	-21.846	-24.107	-26.405	-29.476
	Médio prazo	-34.984	-38.412	-41.981	-48.224
	Longo prazo	-43.838	-47.885	-52.344	-61.544

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Torna-se claro pelo Quadro 55 que as ações de logística reversa, cujos custos são incorridos pelas próprias empresas, são extremamente vantajosas sob o aspecto financeiro da gestão pública de resíduos sólidos urbanos. De acordo com a economia líquida potencial para o setor público da ordem de R\$ 14,94 milhões anuais na cena atual, conclui-se que há espaço para a colaboração público-privada na consecução das estratégias de implantação da logística reversa.

Além da economia líquida promovida pela logística reversa, pode-se estimar o efeito do incremento de materiais recicláveis efetivamente recuperados em termos de benefícios econômicos e ambientais (segundo IPEA, 2010). O Quadro 56, a seguir,

aponta tais benefícios em seus resultados líquidos (contrastados com a base de análise). Os benefícios societários gerados pela logística reversa montam em R\$ 69,19 milhões em benefícios, que se somam à economia de custos com o manejo de RSU pelo setor público para totalizar R\$ 84,13 milhões de resultado positivo líquido para a sociedade.

Quadro 56: Benefícios da simulada efetividade da logística reversa de recicláveis, com base em IPEA (2010).

Fluxo de Materiais Recicláveis	Benefícios	Total (R\$, mil)	Metal (R\$, mil)	Papel (R\$, mil)	Plástico (R\$, mil)	Vidro (R\$, mil)
Diferença de recicláveis do RSU efetivamente recuperados (benefícios auferidos)	Benefício Econômico	68.350	817	14.037	52.432	1.063
	Benefício Ambiental	844	170	413	232	28
	Benefício Total	69.194	987	14.451	52.665	1.091

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

Em termos de geração de empregos para o setor da recuperação de materiais, pode-se adotar o pressuposto de que uma fração de 75% do acréscimo na recuperação de materiais pós-consumo via logística reversa se utiliza das cooperativas ou associações para a triagem, sendo que a fração restante, de 25%, é enviada de forma direta para a indústria da transformação. Tem-se, assim, já na cena atual um potencial acréscimo de 1,2 mil empregos, sendo que novecentos e vinte e nove (929) deles ocorrem via triadores de materiais recicláveis e outros duzentos e setenta e um (271), via preparadores.

Mais do que os benefícios econômicos, ambientais e sociais gerados no próprio setor de recuperação de materiais, conforme expoentes da estratégia empresarial, o caminho rumo à economia circular traz vantagens competitivas desejáveis para inclusive para as empresas que abraçarem o tema como viés de diferencial competitivo²⁶. A logística reversa vem de encontro ao conceito de economia circular: segundo relatório basilar sobre o tema, publicado pelo Fórum Econômico Mundial (McKinsey & Fundação Ellen MacArthur, 2014), existem cerca de 380 bilhões de dólares em negócios não explorados, apenas na Europa, em desacoplamento do

²⁶ Ver, por exemplo, artigo de Rossetto (2012) em <https://endeavor.org.br/sem-categoria/as-oportunidades-na-economia-circular/>

crescimento no consumo de materiais com crescimento econômico. Destacam-se quatro (04) fontes de criação de valor para modelos de negócios inovadores sob a concepção "do berço ao berço": manutenção, redistribuição, remanufatura e reciclagem. O mercado já conta, inclusive, com iniciativas de certificação de produtos baseados no conceito "do berço ao berço"²⁷.

Dois (02) relatórios publicados pela Fundação Ellen MacArthur em 2012 e 2013 (apud McKinsey & Fundação Ellen MacArthur, 2014) apresentam resultados para uma abordagem de economia circular para várias categorias de produtos intensivos em recursos e de vida média. Os seguintes resultados se destacam:

- O custo de remanufatura de telefones celulares poderia ser reduzido em 50% por aparelho, caso a indústria fabricasse telefones mais fáceis de serem desmontados, melhorasse a logística reversa e oferecesse incentivos para a devolução dos aparelhos usados;
- Máquinas de lavar roupa de alta qualidade seriam acessíveis para a maioria das famílias se fossem alugadas em vez de vendidas: os clientes economizariam cerca de um terço a cada ciclo de lavagem, enquanto que o fabricante ganharia cerca de um terço a mais em lucros. Ao longo de um período de vinte (20) anos, substituir a compra de cinco máquinas de 2.000 ciclos com contratos de locação para uma máquina de 10.000 ciclos também renderia quase 180 kg de economia de aço e mais de 2,5 toneladas de economia de CO₂;
- No setor de bens de consumo, analisado no relatório de 2013, foram identificadas oportunidades circulares ao longo de toda a cadeia de valor: i) na fabricação (alimentos e bebidas), ii) nas etapas de distribuição e consumo (têxtil, embalagem) e iii) no processamento pós-uso (desperdício de alimentos). Várias oportunidades foram identificadas, incluindo a de se gerar, no Reino Unido, 1,5 bilhão de dólares por ano pelo processamento do alimento atualmente descartado pelas famílias e pelo setor hoteleiro;

²⁷ Ver, como destaque, o C2C em: <https://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification>

- No Reino Unido, cada tonelada de vestuário que outrora seria rejeito, mas que passa a ser coletada e classificada, pode gerar uma receita de 1.975 dólares. Esse é o impacto agregado das roupas sendo usadas novamente, reutilizadas por outras indústrias para fazer isolamento ou estofamento, ou simplesmente recicladas em fios na manufatura de tecidos que economizam fibras virgens;
- Por fim, os custos de embalagem, processamento e distribuição de cerveja poderiam ser reduzidos em 20% mediante a alteração da embalagem para as garrafas de vidro reutilizáveis.

As conclusões que se chegam pela simulação realizada e pelos dados mais atuais das tendências empresariais rumo à economia circular, é que a própria indústria tem muito a ganhar na implantação da logística reversa, para além do estrito cumprimento à legislação. As análises ora realizadas devem, portanto, subsidiar o planejamento do PERS/PR para que a gestão de resíduos sólidos no Estado do Paraná também passe a caminhar nesse rumo de ganha-ganha societário-ambiental.

5.2.6. Containerização da Coleta em Áreas Urbanas Adensadas

A coleta de RSU nas áreas urbanas se dá, em sua virtual totalidade, em sistemas porta-a-porta; sistema esse que, embora agregue conforto ao munícipe, demanda a operação de equipes de ao menos um motorista e dois (02) coletores que percorrem toda a área urbana das cidades com grande consumo de tempo e combustível, além de gerarem incômodos relativos ao trânsito.

O custo da coleta de RSU é impeditivo, adicionalmente, para o estabelecimento de tratamento da fração orgânica limpa dos resíduos. Embora unidades de compostagem sejam relativamente pouco custosas em sua instalação e operação, demandam fluxo de coleta segregado. Ou seja, a recuperação de resíduos orgânicos domiciliares demanda o estabelecimento de um terceiro fluxo de coleta de resíduos, que certamente agrega altos custos ao manejo de RSU.

Seguindo-se as prerrogativas da pirâmide invertida de prioridades para a boa gestão de resíduos, na sequência da não-geração, está o reaproveitamento e reciclagem dos materiais descartados. Para que se efetive essa estratégia de gestão,

torna-se ímpar aprimorar a coleta segregada de resíduos, tanto em abrangência quanto em qualidade, sem expandir demasiadamente os custos com coleta.

Eis que não é toda a circunstância de coleta de resíduos urbanos que demanda esquema porta-a-porta, especialmente para os resíduos recicláveis. Observa-se como prática bastante comum em cidades adensadas no exterior, notadamente nos países do oeste e norte da Europa, a coleta de resíduos sendo realizada na forma de entrega em contêineres localizados em locais estratégicos de grande fluxo. Os munícipes de tais localidades embutem em suas rotinas e afazeres cotidianos a entrega de seus resíduos, devidamente segregados, em locais próximos às suas residências; mas não exatamente defronte a elas.

Esse esquema de coleta de resíduos se mostra apropriado para áreas urbanas com alta densidade habitacional, grande fluxo de pedestres e condições congestionadas de tráfego. Requer, sem embargo, a mudança de hábitos quanto à entrega dos resíduos gerados na residência em um ponto ligeiramente mais distante do o passeio defronte. Registros de experiências recentes com esse tipo de coleta demonstram que a mudança gradual de hábitos não só é possível como pode ser mais fácil do que se imagina.

Explora-se, assim, a possibilidade de se ter coleta containerizada de resíduos em centros urbanos adensados, em detrimento à coleta porta-a-porta. Essa proposta de aprimoramento está alinhada às conclusões do panorama do PERS/PR, que também foram observada a nível nacional por Nascimento et al. (2015) quando de sua avaliação dos graus de implementação da PNRS (Lei nº 12.305/2010). Os autores concluem que a coleta seletiva precisa ser aperfeiçoada de forma que se torne mais eficiente, aumentando tanto sua abrangência com reduzindo seus custos. Notam, ainda, que se deve incluir a participação da sociedade na segregação dos resíduos orgânicos e recicláveis nas suas residências. A proposta de se realizar a coleta containerizada em áreas urbanas adensadas de grandes cidades vem exatamente a esse encontro.

O objetivo é o de reduzir a mão de obra nos serviços de coleta e os custos com combustível. Diminui-se, também, o congestionamento de vias públicas pela coleta menos frequente do que ocorreria via esquema porta-a-porta. Tem-se a adicional

vantagem da facilidade de se implantar coletas seletivas para diferentes tipos de resíduos através de contêineres e caminhões coletores específicos. Conforme estabelecido na Política e no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, a coleta de resíduos orgânicos para encaminhamento a tratamento específico pode ocorrer com contêineres dedicados para esse resíduo. Os seguintes passos metodológicos são adotados na consecução dessa simulação de aprimoramento na gestão de resíduos sólidos urbanos:

- A coleta containerizada substitui a coleta porta-a-porta nos locais onde é instalada. Ademais, é realizada por meio de conjuntos com três (03) contentores, sendo um deles para os resíduos recicláveis, outro para os orgânicos limpos e, um terceiro, dedicado apenas aos rejeitos.
- A substituição da coleta porta-a-porta pela coleta containerizada se dá apenas em regiões centrais de municípios com mais de 50.000 habitantes. Para a definição de tais regiões, utiliza-se a base de setores censitários do Censo Demográfico 2010 do IBGE. A linha de corte utilizada foi para a classificação de setores em situação um (01) (área urbanizada de cidade ou vila²⁸) com densidade demográfica de 3 mil hab./km² (índice esse calculado tomando-se como base a área de cada setor censitário e a quantidade de pessoas residentes).
- Ao todo, foram selecionados 5.607 setores censitários pertencentes à trinta e cinco (35) municípios, classificados pelos critérios acima, que totalizam uma população atendida de 4,24 milhões de habitantes²⁹.
- A geração de resíduos para cada setor de coleta containerizada foi realizada mediante o quantitativo de população atendida, fazendo-se uso

²⁸ A classificação dos setores censitário segundo a situação do setor perpassa por: 1) área urbanizada de cidade ou vila; 2) área não-urbanizada de cidade ou vila; 3) área urbana isolada; 4) aglomerado rural de extensão urbana; 5) aglomerado rural isolado - povoado; 6) aglomerado rural isolado - núcleo; 7) aglomerado rural isolado - outros aglomerados; 8) zona rural, exclusive aglomerado rural.

²⁹ São eles, em ordem decrescente de setores censitários selecionados: Curitiba, Londrina, Maringá, Cascavel, Ponta Grossa, Foz do Iguaçu, Colombo, Paranaguá, São José dos Pinhais, Guarapuava, Pinhais, Araucária, Arapongas, Cambé, Sarandi, Almirante Tamandaré, Umuarama, Apucarana, Paranaíba, Cianorte, Telêmaco Borba, Campo Mourão, Fazenda Rio Grande, Francisco Beltrão, Toledo, Campo Largo, Castro, Pato Branco, Rolândia, Piraquara, Iporã, União da Vitória, Marechal Cândido Rondon, Irati e Prudentópolis.

dos mesmos índices de geração per capita já aplicados no panorama do PERS/PR e do prognóstico.

- Quanto à segregação dos resíduos gerados entre recicláveis, orgânicos e rejeitos, tem-se o pressuposto de 65% de eficiência na segregação dos dois primeiros tipos em detrimento ao aumento do último. Essa fração, de 65%, se espelha na produção de rejeitos contabilizada nas cooperativas ou associações de triagem, que é de 35%.
- Para fins de dimensionamento da quantidade de conjuntos de contêineres, por município, e do esforço necessário de coleta dos materiais, considera-se a produção de cada tipo de resíduo acumulada de 3,5 dias, pois o atendimento com a coleta containerizada é de duas (02) vezes por semana.
- A produção acumulada em 3,5 dias de resíduos é então convertida em volume para dimensionar a quantidade de contêineres que se faz necessário. Para isso, utilizou-se dos seguintes pesos específicos em kg/m³: quinhentos (500) para orgânicos; sessenta e cinco (65) para recicláveis; e cento e dez (110) para rejeitos e outros materiais não corretamente segregados.
- Já quanto ao volume de resíduos de cada contêiner, considerou-se como capacidade total as seguintes cubagens (m³): 2,25 para orgânicos; 3,00 para recicláveis; e 2,25 para rejeitos e outros. Para que não se subestimasse a quantidade de contêineres, foi considerada ocupação útil máxima de 80% dos volumes apenas colocados.
- Para a coleta prevista para os contêineres, essa é do tipo mecanizada, realizada por meio de caminhão específico, com descarregamento dos resíduos pela parte de baixo do contêiner para compreender maior velocidade de coleta.
- Os veículos coletores devem possuir capacidade de 20 m³ de carga por viagem, tanto para os materiais recicláveis quanto para orgânicos e para os rejeitos. Da mesma forma que para o volume útil dos contêineres,

considerou-se conservadoramente a ocupação máxima de 80% do volume dos caminhões coletores.

- Para determinar a quantidade de contêineres possíveis de serem coletados em uma (01) única viagem do veículo coletor, foi estimado o volume de resíduos em cada contêiner, dividindo o volume total de cada tipo de resíduo gerado pelo número total de contêineres a ser instalado no setor, considerando que a coleta se dá, em cada contêiner, duas (02) vezes por semana.
- Como os contêineres são instalados em conjuntos de três (03) contentores, orgânicos, recicláveis e rejeitos, o número de conjuntos é determinado pelo maior número de contêineres necessários para atendimento de um determinado tipo de resíduo (geralmente para materiais recicláveis, que detém o menor peso específico).
- Na média geral, considerou-se que cada setor recebe 26% a mais de conjuntos do que o estritamente necessário como forma de se contemplar uma distância máxima de 200 m para que o morador se desloque até o contêiner mais próximo. Nota-se que essa distância não foi calculada para cada município, pois trata-se de levantamento de nível estadual e de cunho estratégico.
- Quanto aos custos da coleta, estimou-se que cada equipe de coleta cobre do setor público o valor mensal de R\$ 35,00 mil, contando-se na equipe um (01) motorista e um (01) auxiliar. Pressupõe-se que o valor de aquisição e instalação dos contêineres e dos caminhões estão embutidos no contrato de coleta, contemplados pelo valor apostado.
- Em Ponta Grossa, por exemplo, a população atendida pela simulada coleta containerizada é de 185.000 habitantes. O atendimento a essa população demanda a instalação de seiscentos e vinte e seis (626) conjuntos de contêineres, que devem contar com a alocação de onze (11) equipes de coleta para dar conta dos 1,31 mil m³ de resíduos gerados a cada 3,5 dias. O custo total da coleta containerizada no município exemplo é de R\$ 4,62 milhões por ano. Uma vez que o peso total de RSU

coletado é de 68,47 mil toneladas, tem-se um custo unitário de R\$ 67,48 por tonelada.

- A partir da base de análise, segregam-se para esses trinta e cinco (35) municípios selecionados a coleta containerizada, tanto em seus volumes quanto em seus custos, produzindo-se assim resultados que contemplam o atendimento diferenciado para os 4,24 milhões de paranaenses que habitam as áreas mais adensadas do Paraná.

Há, ainda, um outro conjunto de pressupostos que compõe a simulação ora realizada: trata-se do estabelecimento de unidades de compostagem de resíduos orgânicos. Afinal, a coleta containerizada permite segregar os resíduos sólidos urbanos gerados nos domicílios, comércio e prestadores de serviços das áreas atendidas em três fluxos distintos de materiais: recicláveis, orgânicos e rejeitos. Enquanto que a destinação dos recicláveis continua sendo as cooperativas ou associações de triagem; e a destinação dos rejeitos continue sendo a disposição final, tem-se a necessidade de instalação e operação de unidades de tratamento exclusivo para a fração orgânica.

A compostagem pode ser definida como um processo aeróbico e controlado de reciclagem da matéria orgânica visando sua decomposição biológica e estabilização da matéria, produzindo um produto final estável e rico em compostos úmidos, conhecido como húmus. Trata-se de processo antigo, simples e altamente eficiente de tratamento e reciclagem da matéria orgânica.

Esse processo, diferentemente da digestão anaeróbia (sem a presença de oxigênio), conta com a biooxidação aeróbia (na presença de oxigênio) exotérmica do substrato orgânico, de preferência heterogêneo e no estado sólido. O processo é caracterizado pela produção de CO₂, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável. Na prática isto significa que, a partir de resíduos orgânicos facilmente putrescíveis, o processo de compostagem os transforma em composto, que é um insumo fácil de manipular e livre de microrganismos patogênicos. Os componentes orgânicos biodegradáveis passam por sucessivas fases de

transformação sob a ação de diversos grupos de microrganismos, resultando em um processo bioquímico altamente complexo³⁰.

Da mesma forma que Thá et al. (2014) estimaram custos de implantação e operação de aterros sanitários padrão, assim o fizeram para unidades de tratamento de resíduos orgânicos via compostagem. Para tanto, os autores consideraram o dimensionamento das unidades de compostagem ao longo de onze (11) faixas de toneladas/dia de tratamento de resíduos, representando assim unidades instaláveis por diversos portes municipais. Os parâmetros a seguir foram utilizados pelos citados autores para o dimensionamento das unidades:

- Sistema de funcionamento da compostagem via leiras revolvidas manualmente, sistema conhecido como windrow³¹;
- A área do galpão para compostagem foi determinada conforme o espaço necessário para as leiras e para movimentação dessas e dos trabalhadores (área de folga);
- O período de retenção dos resíduos para completude do processo é considerado como sendo de três (03) meses (tempo de retenção);
- Considerou-se a adição de uma fração de 30% de serragem ou maravalha (ricos em nitrogênio) para compor as leiras e estabilizar o composto ao final do processo. Esse resíduo é facilmente obtido pelos municípios que realizam alguma forma de coleta de resíduos verdes,

³⁰ São três as fases da compostagem: 1ª fase (fitotóxica): ocorre o início da decomposição da matéria orgânica, marcada pela liberação de calor, vapor d'água e CO₂, em um período médio de quinze (15) dias (entre dez (10) e vinte (20) dias). Há elevação gradativa da temperatura, o que elimina os microrganismos patogênicos. A população de mesófilos diminui e os microrganismos termófilos proliferam com intensidade, ocorrendo intensa e rápida degradação da matéria orgânica; 2ª fase: (bioestabilização): não há atividade intensa de decomposição, embora haja rápida degradação, com consumo de O₂ pelos microrganismos, elevação da temperatura e mudanças visíveis na massa de resíduos em compostagem; 3ª fase (maturação ou humificação): etapa final da degradação ocorre a mineralização de determinados componentes da matéria orgânica. Assim, o composto adquire as propriedades químicas, físicas, físico-químicas e biológicas desejáveis. A população termófila se restringe, a atividade biológica global se reduz de maneira significativa e os mesófilos se instalam novamente. O composto, apresentando odor agradável, pode ser peneirado e comercializado.

³¹ Existem diversos outros sistemas de compostagem aeróbia, tal como: a unidade de compostagem vertical; a compostagem enclausurada com aeração negativa forçada (em contêineres, em receptores plásticos ou em silos adaptados); e ainda diversos sistemas de aeração mecanizada (automatizada ou não). Adicionalmente, há a possibilidade de inoculação de organismos biológicos no processo, que não apenas aceleram o processo de decomposição como estabilizam o produto final.

sejam eles oriundos de residências ou até mesmo de áreas públicas que demandam roçada e poda sazonal;

- O número de trabalhadores necessários para operação da unidade de compostagem (recepção, abertura dos sacos, triagem dos rejeitos, trituração dos resíduos, montagem das leiras, adição da serragem, revolvimento manual, peneiramento e acondicionamento) foi determinado considerando uma capacidade de processamento de 700 kg/dia por trabalhador;
- Contabilizou-se ainda um (01) ajudante geral para cada cinco (05) trabalhadores de forma a contemplar a necessidade de lavagem periódica e assepsia geral do local;
- Também, contabilizou-se um (01) administrador para cada vinte (20) trabalhadores de sorte a contemplar as necessidades administrativas básicas e também a gestão do recebimento dos resíduos e a comercialização do composto;
- A receita prospectiva com a venda de composto não foi contabilizada, embora se possa estimar que o valor de mercado de uma tonelada de composto orgânico esteja entre R\$ 35,00 e R\$ 65,00, a depender de fatores como transporte, volume, tamanho da embalagem etc.;
- Consideraram-se investimentos de instalação, tais como licenciamento ambiental, preparação do terreno e da recepção, construção de galpão coberto com estrutura adequada, piso impermeabilizado e sistema de drenagem de líquidos, baia de recepção dos resíduos, baia de armazenamento do composto e obras civis como sanitários, depósito de equipamentos e ferramentas, instalações elétricas, hidráulicas, de comunicação e de prevenção e combate ao incêndio, equipamentos como balança, esteira de triagem, triturador de alimentos e ferramentas para manuseio dos resíduos e do composto (revolvedores, pás, peneiras, termômetros e placas de identificação);

- Como custos de operação e manutenção, foram inclusos aqueles referentes ao maquinário e ao escritório, assim como a lavagem do galpão, aquisição de serragem para cobertura das leiras, monitoramento físico-químico do processo de compostagem e do composto e, claro, remuneração da mão-de-obra.

A Figura 9, a seguir, apresenta o resultado das estimativas realizadas para a implantação e operação de unidades de compostagem. Trata-se das curvas paramétricas de custos por porte da unidade em quantidade de resíduos tratados por dia.

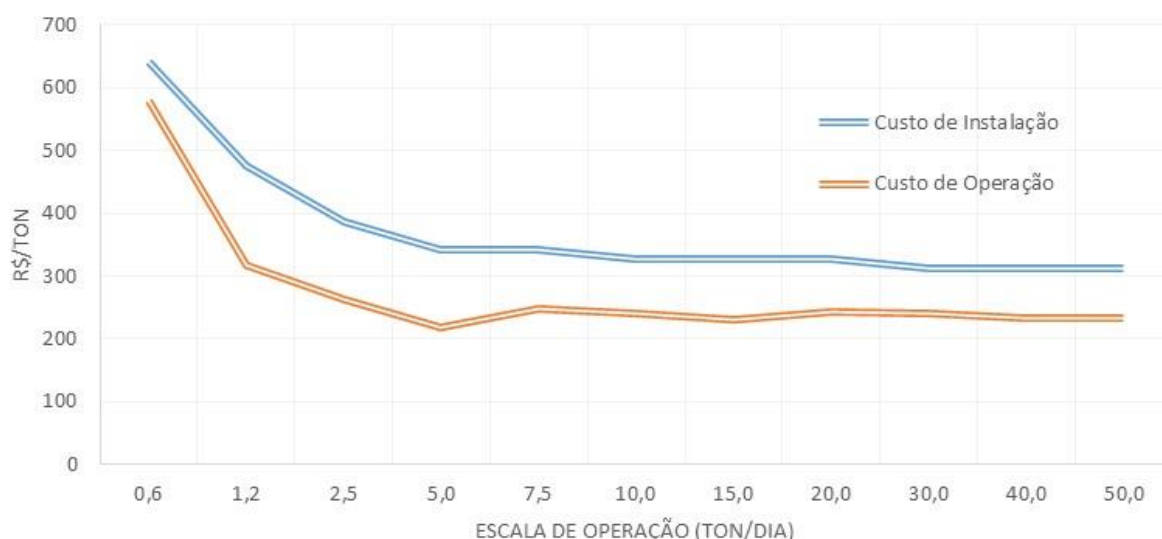


Figura 9: Curvas paramétricas de instalação e operação de unidade-padrão de compostagem de resíduos orgânicos.

Fonte: Adaptado de Thá et al. (2014) por EnvEx-Engenheiro, 2018.

As curvas expostas apresentam os valores trazidos por Thá et al. (2014) já corrigidos pela inflação por meio do IPCA/IBGE, uma vez que são referentes a valores de 2012. Nota-se que, da mesma forma que para a instalação e operação de aterros sanitários, há ganhos de escala quando as operações atingem um certo volume diário de resíduos processados. De forma distinta aos aterros sanitários, entretanto, esse ganho de escala é bastante tímido e ocorre apenas frente a instalações muito pequenas para aquelas de médio porte. Ocorre, inclusive, uma otimização da operação com unidades que processam 5 t/dia de resíduos orgânicos, pois demandam custo de operação ligeiramente inferior às unidades que lidam com volumes superiores.

A compilação de todos os pressupostos até aqui descritos para a simulação da coleta containerizada de RSU em áreas urbanas adensadas produz resultados bastante interessantes. Inicia-se com os volumes coletados, que passam a seguir fluxos mais intensos na coleta seletiva de recicláveis, bem como novo fluxo de coleta de orgânicos.

Quadro 57: Volume de resíduos coletados via coleta containerizada em áreas urbanas adensadas.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Rejeitos via coleta containerizada (mil t)	Cena atual	760	760	760	760
	Curto prazo	791	795	798	821
	Médio prazo	808	819	833	889
	Longo prazo	809	826	848	932
Resíduos orgânicos via coletada containerizada (mil t)	Cena atual	424	424	424	424
	Curto prazo	442	445	446	460
	Médio prazo	452	458	467	499
	Longo prazo	453	463	476	523
Resíduos recicláveis via coletada containerizada (mil t)	Cena atual	366	366	366	366
	Curto prazo	381	383	384	395
	Médio prazo	389	394	401	428
	Longo prazo	389	397	408	448

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Quadro 58: Volume de resíduos coletados via coleta regular e seletiva porta-a-porta.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Rejeitos via coleta porta-a-porta regular (mil t)	Cena atual	1.148	1.148	1.148	1.148
	Curto prazo	1.225	1.239	1.218	1.234
	Médio prazo	1.249	1.248	1.234	1.291
	Longo prazo	1.223	1.214	1.192	1.271
Resíduos recicláveis via coletada porta-a-porta seletiva (formal e informal) (mil t)	Cena atual	258	258	258	258
	Curto prazo	280	311	352	399
	Médio prazo	346	387	444	516
	Longo prazo	406	458	532	631

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

O cômputo geral entre as quantidades coletadas de cada fluxo de material, devido à coleta via contêineres que atendem uma parcela significativa da população estadual (4,24 milhões de habitantes), é exposto abaixo por meio das diferenças causadas frente à coleta porta-a-porta contemplada pelo status quo. Nota-se que a fração de orgânicos passa a ser integralmente coletada via contêineres, uma vez que esse fluxo de coleta não é contemplado na base de análise.

Quadro 59: Diferença de volumes coletados a partir do estabelecimento de parte da coleta por meio de contêineres em áreas urbanas adensadas.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença na coleta de rejeitos frente à base de análise (mil t)	Cena atual	-1.108	-1.108	-1.108	-1.108
	Curto prazo	-1.153	-1.154	-1.151	-1.179
	Médio prazo	-1.167	-1.178	-1.190	-1.263
	Longo prazo	-1.160	-1.176	-1.198	-1.308
Diferença na coleta de resíduos orgânicos frente à base de análise (mil t)	Cena atual	+424	+424	+424	+424
	Curto prazo	+442	+445	+446	+460
	Médio prazo	+452	+458	+467	+499
	Longo prazo	+453	+463	+476	+523
Diferença na coleta de resíduos recicláveis frente à base de análise (mil t)	Cena atual	+319	+319	+319	+319
	Curto prazo	+330	+327	+321	+324
	Médio prazo	+327	+325	+322	+336
	Longo prazo	+317	+316	+314	+337

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

O Quadro 59 torna claro o incremento potencial que se obtém com o estabelecimento de coleta containerizada. Além do acréscimo significativo no volume de resíduos recicláveis, há o consequente estabelecimento dos fluxos de coleta dos resíduos orgânicos e, conseqüentemente, redução dos volumes enviados para a disposição final.

Os custos potenciais desse reordenamento de fluxos de resíduos devem ser contrastados, porém, de forma integral: afinal, há um incremento de custos relativos à própria coleta containerizada, assim como deve-se instalar e operar unidades de tratamento da fração orgânica dos RSU, doravante coletada pelos contêineres apostos nas áreas urbanas mais adensadas do Paraná.

Aplicando-se a leitura das curvas paramétricas derivadas por Thá et al. (2014) para os volumes de resíduos orgânicos que demanda tratamento em cada um dos trinta e cinco (35) municípios que passam (na simulação) a ter coleta containerizada, tem-se a compilação de um investimento total de R\$ 134,96 milhões. As unidades foram segregadas pelo porte máximo de tratamento de 50 t/dia. Em Guarapuava, por exemplo, o total de orgânicos coletados nos contêineres diariamente monta em 22,81 toneladas. Essa escala de operação demanda um investimento de R\$ 327,68 por t/dia, o que representa um valor total de R\$ 2,73 milhões em uma única planta. Tendo-se o município de Londrina como exemplo complementar, observa-se que a geração de orgânicos chega a 114,98 toneladas diárias. Nesse caso, a instalação de três (03) unidades se faz necessário, ou seja, duas unidades de 50 t/dia de capacidade e outra de 14,98 t/dia. O valor total de investimento para essas unidades é de R\$ 13,18 milhões.

Para se derivarem os custos de operação das unidades de compostagem, novamente se recorreu às curvas paramétricas de custo de operação de Thá et al. (2014). Para os exemplos de Guarapuava e Londrina, respectivamente, tem-se o custo por tonelada de R\$ 242,78 e R\$ 234,34; que rendem os dispêndios anuais da ordem de R\$ 2,02 milhões e de R\$ 9,84 milhões.

A implantação do sistema simulado de coleta containerizada modifica, como visto, os fluxos de coleta e destino dos resíduos. Apresentam-se os resultados dos diferenciais de custos com o manejo dos RSU, comparados à linha de base. Ou seja, adicionam-se custos com a coleta containerizada e com o tratamento da fração orgânica coletada; não obstante, há uma redução nos custos com a coleta seletiva, também com a coleta regular, custos com transbordo e transporte e, por fim, custos com a destinação final dos recicláveis e dos orgânicos que estariam sendo aterrados. O Quadro 60, a seguir, traz esse reflexo integrado da atuação da coleta containerizada.

Quadro 60: Resultados nos custos de manejo oriundos da containerização da coleta de RSU em áreas urbanas adensadas.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença nos custos com a coleta containerizada, nas três frações de RSU (R\$, mil)	Cena atual	+105.000	+105.000	+105.000	+105.000
	Curto prazo	+109.430	+110.105	+110.515	+113.894
	Médio prazo	+111.968	+113.614	+115.669	+123.448
	Longo prazo	+112.302	+114.673	+117.829	+129.488
Diferença nos custos com a coleta seletiva porta-a-porta (R\$, mil)	Cena atual	-26.192	-26.192	-26.192	-26.192
	Curto prazo	-27.982	-30.943	-33.869	-37.773
	Médio prazo	-34.285	-37.672	-41.273	-47.186
	Longo prazo	-40.079	-43.830	-48.001	-56.057
Diferença nos custos com a coleta regular porta-a-porta (R\$, mil)	Cena atual	-261.560	-261.560	-261.560	-261.560
	Curto prazo	-272.343	-273.161	-273.130	-280.355
	Médio prazo	-276.864	-279.963	-283.697	-301.817
	Longo prazo	-276.057	-280.823	-287.069	-314.379
Diferença nos custos com transbordo e transporte (R\$, mil)	Cena atual	-37.324	-37.324	-37.324	-37.324
	Curto prazo	-38.626	-38.564	-38.410	-39.203
	Médio prazo	-38.779	-39.056	-39.280	-41.370
	Longo prazo	-38.336	-38.789	-39.307	-42.678
Diferença nos custos com a disposição final (R\$, mil)	Cena atual	-113.068	-113.068	-113.068	-113.068
	Curto prazo	-118.029	-119.011	-119.664	-123.564
	Médio prazo	-121.157	-123.188	-125.749	-134.195
	Longo prazo	-121.954	-124.725	-128.462	-141.255
Diferença nos custos com tratamento de orgânicos (R\$, mil)	Cena atual	+100.170	+100.170	+100.170	+100.170
	Curto prazo	+104.410	+105.039	+105.428	+108.628
	Médio prazo	+106.794	+108.363	+110.342	+117.876
	Longo prazo	+107.115	+109.375	+112.400	+123.655
Diferença líquida nos custos totais com o manejo de RSU (R\$, mil)	Cena atual	-232.974	-232.974	-232.974	-232.974
	Curto prazo	-243.141	-246.534	-249.131	-258.373
	Médio prazo	-252.324	-257.901	-263.989	-283.243
	Longo prazo	-257.009	-264.119	-272.610	-301.226

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Torna-se claro pelo Quadro 60 que a implantação da coleta containerizada, da forma com a qual se fez a simulação, retorna economia líquida anual de R\$ 232,98 milhões aos gestores públicos de RSU no Estado do Paraná. Uma vez que o custo total de manejo, calculado na base de análise, é de R\$ 859,60 milhões anuais, tem-se uma economia da ordem de nada menos que 27% do total. Os custos adicionais incorridos com o tratamento da fração orgânica coletada e também aqueles incorridos pela própria implantação da coleta containerizada, são amplamente cobertos pelas economias geradas nos demais aspectos de manejo. Observa-se que as maiores economias se dão, como era de se esperar, junto aos custos dispendidos com a coleta regular de RSU.

Além dessa substancial economia líquida promovida pela coleta containerizada, pode-se estimar o efeito do incremento de materiais recicláveis efetivamente recuperados em termos de benefícios econômicos e ambientais (segundo IPEA, 2010). O Quadro 61, a seguir, aponta tais benefícios em seus resultados líquidos (contrastados com a base de análise). Os benefícios societários gerados pela maior fração de recuperação dos materiais recicláveis (que outrora estariam sendo aterrados) montam em R\$ 381,85 milhões, que se somam à economia de custos com o manejo de RSU pelo setor público para totalizar R\$ 614,82 milhões de resultado positivo líquido para a sociedade.

Quadro 61: Benefícios da simulada coleta containerizada em áreas urbanas adensadas, com base em IPEA (2010).

Fluxo de Materiais Recicláveis	Benefícios	Total (R\$, mil)	Metal (R\$, mil)	Papel (R\$, mil)	Plástico (R\$, mil)	Vidro (R\$, mil)
Diferença de recicláveis do RSU efetivamente recuperados (benefícios auferidos)	Benefício Econômico	377.192	4.511	77.464	289.350	5.868
	Benefício Ambiental	4.656	937	2.282	1.283	155
	Benefício Total	381.849	5.447	79.746	290.632	6.023

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Em termos de geração de empregos para o setor da recuperação de materiais, tem-se já na cena atual um potencial acréscimo de 8,83 mil empregos, sendo que 6,84 mil deles ocorrem via triadores de materiais recicláveis e outros 1,99 mil, via preparadores. De todas as simulações realizadas, essa é a que mais traz benefícios líquidos à sociedade. Claramente, trata-se da mudança mais profunda no sistema de

gestão de RSU, uma vez que a coleta porta-a-porta é cultural e aceita como o padrão a ser seguido para os resíduos sólidos urbanos. Não obstante, a simulação realizada apresenta inúmeras vantagens ao setor: vantagens de cunho econômico para a sociedade; vantagens em termos de geração de emprego pela maior recuperação de materiais recicláveis; atendimento às diretrizes da PNRS; economia de custos para o setor público; alongamento da vida útil de locais de disposição final de resíduos; geração de húmus orgânico. Esse rol de vantagens é tão abrangente quanto impactante, rendendo ao assunto merecido destaque quando do planejamento dos sistemas de coleta dos próximos vinte (20) anos para o Paraná.

5.3. Melhorias e Alterações na Gestão de Resíduos Orgânicos

5.3.1. Aumento do Tratamento da Fração Orgânica de RSU via Compostagem

Segundo conclusões de Nascimento et al. (2015), os tratamentos dos RSU, como a reciclagem e a compostagem, estão aumentando ano a ano. Porém, as taxas de incremento ainda ficam muito aquém do necessário caso a implementação da PNRS (Lei Federal nº 12.305/2010) estivesse ocorrendo como esperado. Um dos problemas nesse processo ocorre no (pouquíssimo) tratamento da matéria orgânica, que recebe pouca atenção mesmo sendo predominante na composição dos RSU no Brasil.

A maior fração dos resíduos sólidos urbanos é composta por resíduos orgânicos (48%). Uma vez que a geração de RSU tem como composição média, no Estado do Paraná, 854 g/pessoa/dia, tem-se que 410 g é orgânico. Como visto no Capítulo 2, parte significativa dos custos com a gestão de resíduos sólidos urbanos é dedicada à disposição final de rejeitos (R\$ 301,61 milhões por ano). Eis que a maior parte desse rejeito é composto por material orgânico, que poderia ser tratado via compostagem.

Segundo os dados do panorama de resíduos do PERS/PR, a compostagem é uma solução de tratamento utilizada em 11,5% dos municípios paranaenses (quarenta e seis (46) deles), embora limitada a pequenas frações do RSU orgânico total. Trata-se, entretanto, de uma tecnologia eficiente para tratamento dos resíduos orgânicos que economiza o aterramento de rejeitos e gera, como subproduto, húmus.

O processo da compostagem é influenciado por fatores ambientais e pela qualidade (composição) nutricional do resíduo no processamento do composto, bem como aeração, temperatura, umidade e a relação carbono/nitrogênio (C/N). O processo pode ser dividido nas fases fitotóxica, de bioestabilização e de maturação, comentadas anteriormente no item 5.2.6.

Quando se tratam de resíduos orgânicos urbanos, há necessidade de acréscimo de cerca de 30% de serragem ou maravalha como forma de balancear a relação carbono/nitrogênio. Esse enriquecimento pode ser realizado com a adição de resíduos de podas e de roçadas, proporcionando uma solução adicional para esses resíduos tão comuns para os municípios paranaenses. Para que haja a homogeneização do resíduo orgânico, deve-se utilizar um picador para atingir a granulometria adequada e uniforme, garantindo assim um tempo padrão de retenção. Eventuais impurezas de pequenas dimensões que desagregam do composto no processo de peneiramento podem ser encaminhadas para disposição final em aterro sanitário.

O composto orgânico produzido dessa forma tem como características a presença de húmus, que permite a aeração do solo, reposição de nutrientes minerais e adubação. Para que seja comercializado, o composto deve atender aos valores estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conforme apresenta o Quadro 62, a seguir. A composição dos nutrientes inclui nitrogênio, fósforo, potássio cálcio, magnésio e ferro e pode ser utilizado associado ou não a fertilizantes químicos.

Quadro 62: Parâmetros mínimos para a comercialização do composto orgânico.

Componente	Valor de Referência	Faixa de Tolerância
Matéria orgânica total	Mínimo de 40%	Menos 10%
Nitrogênio total	Mínimo de 1,0%	Menos 10%
Teor de umidade	Máximo de 40%	Até 10%
Relação de Carbono/Nitrogênio	Máximo de 18/1	21/1
Índice de pH	Mínimo de 0,6	Menos 10%

Fonte: Adaptado de Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Segundo a Instrução Normativa nº 17/2014 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o uso de composto proveniente de resíduos orgânicos domésticos, resíduos de alimentos oriundos de comercialização, de preparo e de consumo em estabelecimentos comerciais e industriais, e materiais vegetais de podas e de jardins é autorizado como fertilizante e corretivo em sistemas orgânicos de produção. A condição para esse uso é que o composto esteja bioestabilizado, que sejam culturas perenes, florestais e ornamentais, desde que não usado diretamente nas partes aéreas comestíveis. Ademais, esse mesmo diploma legal impede a utilização de composto oriundo de tratamento mecânico biológico (TMB)³², pois limita o uso para produtos de coleta seletiva.

Eis justamente que a compostagem deve ser precedida por coleta seletiva ou outra forma de triagem dos materiais inertes. É, afinal, parte de um sistema de gerenciamento de resíduos que deve ser iniciado pela segregação na fonte e na coleta diferenciada; não uma solução isolada. O fator crucial na realização do tratamento da fração orgânica de RSU por compostagem é justamente a segregação e a coleta seletiva do orgânico. Da forma como a coleta de resíduos regular (não recicláveis) é atualmente realizada, porta-a-porta com uso de caminhões compactadores, a realização de compostagem demanda um pré-tratamento de segregação mecânica-biológica (TMB) ou, ainda, um sistema de coleta seletiva exclusivo de orgânicos limpos.

Como forma de se investigar os efeitos quantitativos e econômicos do aumento do tratamento da fração orgânica de RSU via compostagem, tem-se a aplicação do seguinte roteiro metodológico:

- Pressupõe-se o estabelecimento de um novo fluxo de coleta de resíduos, porta-a-porta, exclusivo para a recolha dos resíduos orgânicos limpos, ou seja, aqueles que podem ser destinados de forma direta para tratamento via compostagem;

³² O tratamento mecânico biológico - TMB é definido como método que realiza a seleção mecânica dos resíduos coletados de forma convencional (ou seja, não segregados na fonte), encaminhando os secos para um fluxo e os orgânicos para outro fluxo. Sistemas modernos de TMB geram como subproduto o Combustível Derivado de Resíduos - CDR, assim como encaminham a fração orgânica para tratamento anaeróbio (biodigestão) com recuperação de energia com o biogás. Não se trata, mesmo assim, de solução única para a destinação adequada dos resíduos sólidos, mas sim uma alternativa de aproveitamento de rejeitos que teriam como destinação o aterro sanitário.

- Esse novo esquema de coleta é implementado em todos os municípios paranaenses que destinam seus rejeitos para disposição final adequada, considerando-se o custo por tonelada equivalente àquele observado pela coleta seletiva de materiais recicláveis (que é praticamente o dobro do custo da coleta regular, como já visto no Capítulo 2);
- Pressupõe-se que 22,7% do RSU seja coletado dessa forma, espelhando a análise gravimétrica realizada pelo município de Pinhais (2012) que enfocou o resíduo orgânico limpo (ver item 4.2);
- Da mesma forma com a qual se abordou o assunto no item que trata da containerização da coleta em áreas urbanas, as curvas paramétricas de Thá et al. (2014) são base para os custos de instalação e de operação de unidades de compostagem;
- Os demais pressupostos, como fração de coleta seletiva de recicláveis, atuação dos coletores informais de coleta seletiva etc., permanecem constantes (*ceteris paribus*).

A mecanização das premissas apenas descritas permite inferir que há um potencial de se coletar e tratar via compostagem aeróbia um volume anual de 610.000 toneladas de resíduos orgânicos. O Quadro 63, a seguir, traz esse hipotético valor para a cena atual e também para os cenários prospectivos, que demonstram que esse volume pode chegar a representar 781.000 toneladas ao longo prazo.

Quadro 63: Estimativa de resíduos orgânicos limpos coletados de forma seletiva e encaminhados para tratamento em unidades de compostagem.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Volume de resíduos orgânicos coletados de forma seletiva e tratados via compostagem (mil t/ano)	Cena atual	610	610	610	610
	Curto prazo	642	652	657	680
	Médio prazo	667	679	694	744
	Longo prazo	673	689	709	781

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

O volume de resíduos orgânicos limpos coletados de forma seletiva e encaminhados ao tratamento via compostagem é exatamente o mesmo que deixa de

ser encaminhado para disposição final. Uma vez que a simulada segregação se dá na fonte (ou seja, a nível de domicílio), pode-se também contabilizar uma redução de custos com coleta, transbordo e transporte do orgânico limpo não tratado como rejeito. O Quadro 64, a seguir, apresenta o reflexo dos resultados de uma eventual implantação de tal sistemática, em nível hipotético.

Quadro 64: Resultados nos custos de manejo oriundos do estabelecimento de fluxo de coleta seletiva e tratamento via compostagem de resíduos orgânicos.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença nos custos com a coleta seletiva de recicláveis (R\$, mil)	Cena atual	-	-	-	-
	Curto prazo	-	-	-	-
	Médio prazo	-	-	-	-
	Longo prazo	-	-	-	-
Diferença nos custos com a coleta seletiva de resíduos orgânicos limpos (R\$, mil)	Cena atual	+192.776	+192.776	+192.776	+192.776
	Curto prazo	+202.124	+204.470	+205.693	+212.441
	Médio prazo	+208.502	+212.106	+216.338	+231.762
	Longo prazo	+210.069	+214.710	+220.779	+243.291
Diferença nos custos com a coleta regular (R\$, mil)	Cena atual	-85.232	-85.232	-85.232	-85.232
	Curto prazo	-89.749	-91.128	-91.791	-94.937
	Médio prazo	-93.109	-94.852	-96.890	-103.891
	Longo prazo	-94.061	-96.213	-99.038	-109.123
Diferença nos custos com transbordo e transporte (R\$, mil)	Cena atual	-22.437	-22.437	-22.437	-22.437
	Curto prazo	-23.582	-23.901	-24.051	-24.806
	Médio prazo	-24.317	-24.738	-25.197	-26.798
	Longo prazo	-24.464	-24.993	-25.650	-28.064
Diferença nos custos com tratamento da matéria orgânica via compostagem (R\$, mil)	Cena atual	+154.283	+154.283	+154.283	+154.283
	Curto prazo	+162.969	+165.853	+167.210	+173.091
	Médio prazo	+169.583	+172.931	+176.801	+189.629
	Longo prazo	+171.604	+175.613	+180.822	+199.210
Diferença nos custos com a disposição final (R\$, mil)	Cena atual	-51.486	-51.486	-51.486	-51.486
	Curto prazo	-54.541	-55.870	-56.658	-58.916
	Médio prazo	-57.346	-58.803	-60.546	-65.116
	Longo prazo	-58.617	-60.324	-62.603	-69.078

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença líquida nos custos totais com o manejo de RSU (R\$, mil)	Cena atual	+187.904	+187.904	+187.904	+187.904
	Curto prazo	+197.221	+199.424	+200.403	+206.874
	Médio prazo	+203.312	+206.645	+210.507	+225.585
	Longo prazo	+204.532	+208.793	+214.310	+236.236

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Observa-se que, embora o sistema simulado promova uma redução significativa de custos da ordem de R\$ 159,16 milhões anuais, incrementam-se os custos de coleta em R\$ 192,78 milhões e também os custos do tratamento via compostagem em R\$ 154,28 milhões. O resultado líquido, portanto, passa a ser de um acréscimo de R\$ 187,90 milhões nos custos de manejo de resíduos sólidos urbanos.

Nota-se que a coleta seletiva do resíduo orgânico é mais cara do que o tratamento dessa fração, provando que o custo operacional de um eventual sistema de implantação de unidades de compostagem pode ser compensado pela economia de custos com coleta e disposição regular de rejeitos, desde que haja um sistema alternativo de recuperação do orgânico. Uma possível forma de se realizar a coleta de orgânicos em sistema de menor custo é justamente via contêineres, como já abordado no item 5.2.6. Ainda outra forma é por meio do recebimento (sem custos) da fração orgânica em eco-pontos.

Essa última é a estratégia recém-adotada pela capital catarinense por meio do projeto "Ampliação e Fortalecimento da Valorização de Resíduos Orgânicos no município de Florianópolis"³³. Segundo a autarquia responsável pelo gerenciamento de resíduos, uma das ações previstas pelo projeto é a implantação de coleta seletiva de orgânicos por meio da implantação de pontos de entrega voluntária de orgânicos em centros de saúde, escolas da rede municipal e outros pontos estratégicos. Nesse sistema, a estrutura de coleta retém baixos custos de operacionalização, pois demanda aquisição de equipamentos simples de acondicionamento dos orgânicos nos pontos de coleta e alguns (poucos) veículos utilitários para a coleta dos resíduos.

³³ Disponível em:
<http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/comcap/index.php?pagina=notpagina&menu=¬i=19697>

Em relação à simulação ora realizada de implantação de sistema de coleta porta-a-porta de coleta de orgânicos e seu tratamento via compostagem, um item ainda não abordado é a própria implantação das unidades de compostagem ao longo de todo o Estado do Paraná. Segundo as prerrogativas descritas por Thá et al. (2014) para que se realize a cobertura de todos os custos de implantação (ver detalhes no item 5.2.6), um total de R\$ 209,13 milhões em investimentos se faz necessário para dar conta do volume de orgânicos coletados e tratados.

Um contraponto ao resultado econômico negativo da simulação realizada é a consideração da receita prospectiva com a venda de composto. Pode-se estimar que o valor de mercado de um m³ de composto orgânico esteja entre R\$ 35,00 e R\$ 65,00, a depender de fatores como transporte, volume, tamanho da embalagem etc. (presença de mercado consumidor de composto orgânico na região em que é produzido, haja visto ser produto de baixo valor agregado para transporte por longas distâncias).

Considerando-se uma conversão de volume recolhido em matéria orgânica em toneladas e a produção de húmus em m³ de 75%; e o valor médio de venda de R\$ 50 por m³, tem-se uma geração potencial de 458 mil m³ de húmus orgânico anual, cujo valor de mercado alcança R\$ 22,88 milhões. Nota-se que a receita prospectiva com a comercialização de adubo não é suficientemente grande para compensar o acréscimo de custos com a coleta seletiva e o tratamento dos orgânicos, embora abata uma fração de 12% do total.

Quadro 65: Estimativa de resíduos orgânicos limpos coletados de forma seletiva e encaminhados para tratamento em unidades de compostagem.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Volume de húmus gerado pela compostagem de resíduos orgânicos (mil m ³ /ano)	Cena atual	458	458	458	458
	Curto prazo	482	489	493	510
	Médio prazo	500	509	520	558
	Longo prazo	505	517	532	586
Receita prospectiva com a venda do húmus (mil R\$/ano)	Cena atual	22.879	22.879	22.879	22.879
	Curto prazo	24.092	24.464	24.646	25.495
	Médio prazo	24.994	25.467	26.016	27.887
	Longo prazo	25.255	25.834	26.588	29.290

Fonte: EnvEx-Engelbio, 2018.

Por fim, coloca-se em perspectiva o volume de húmus que é possível de ser produzido via compostagem de RSU no Paraná por meio dos dados mais recentes da Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA³⁴. Segundo a instituição, no Paraná foi comercializado no 1º semestre um volume de 1.849 mil toneladas de fertilizantes ao mercado agricultor. Considerando-se a linearidade desse volume para o ano todo, ter-se-ia um total de 3.698 mil toneladas; ou seja, a produção de húmus orgânico oriundo do tratamento via compostagem de resíduos sólidos representa 12,37% da aplicação total de fertilizantes no Estado.

5.3.2. Incentivo à Compostagem In Situ de Resíduos Orgânicos

Como pôde ser constatado no item anterior, o estabelecimento de um fluxo de coleta seletiva de resíduos orgânicos adicional aos fluxos de coleta existentes (regular e seletiva de recicláveis) incorre em acréscimos de grande vulto para o manejo de resíduos sólidos urbanos. Em contrapartida, o custo do tratamento dos orgânicos é da mesma ordem de grandeza do que as economias promovidas pelo não-transporte e não-aterramento de orgânicos limpos, com a vantagem de se promover a gestão do resíduo urbano dentro das prerrogativas da pirâmide invertida de prioridades da Lei Federal nº 12.305/2010 e de se gerar húmus orgânico com potencial de substituição de 12% dos fertilizantes inorgânicos aplicados anualmente nas lavouras e pastagens do Paraná. Esse resultado espelha as premissas adotadas de continuidade da forma atual de gestão de outros resíduos, ou seja, basicamente a responsabilização do ente municipal como operador integral do sistema de coleta, tratamento e destinação dos resíduos gerados.

Eis que existe um grande número de iniciativas de cunho comunitário que tomam para si parte da responsabilidade pela gestão de resíduos, reduzindo o fardo apostado no ente municipal. Um dos principais exemplos é a "Revolução dos Baldinhos", ocorrida no bairro Monte Cristo, na capital catarinense, e certamente influenciadora da recém instituída coleta de resíduos orgânicos. Após um surto de leptospirose no bairro, que culminou na morte de dois (02) de seus residentes, identificou-se o problema como sendo o excesso de lixo misturado depositado nas ruas em sacolas que eram reviradas

³⁴ Disponível em: <http://www.anda.org.br/estatistica/comentarios.pdf>

e rasgadas por animais. Nesse contexto, lideranças e moradores, representantes das escolas e do Centro de Saúde, um técnico do Cepagro (Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo) e mulheres da Frente Temporária de Trabalho se uniram para endereçar a questão por meio do acondicionamento dos resíduos orgânicos em "baldinhos" com tampa, evitando assim o acesso de animais. Os resíduos passam então pela compostagem na própria comunidade, promovendo-se assim a prática de agricultura urbana³⁵.

A "Revolução dos Baldinhos" exemplifica a abrangência e grau de mudança que se faz possível por meio da gestão comunitária de resíduos orgânicos, sincronizada à prática de agricultura urbana. É, em suma, prova de que o resíduo pode ser o eixo condutor de modificações bastante profundas na sociedade, com aumento do sentimento de pertencimento, solidariedade, geração de renda e cuidado com o ambiente e o bem público.

Quando se separa corretamente o resíduo orgânico para a compostagem, uma externalidade positiva passa a ser a melhoria também na triagem dos resíduos recicláveis, reduzindo os rejeitos e a fração que outrora teria como destino o aterro sanitário. Segundo publicação online da Cepagro, "a reciclagem orgânica, na perspectiva da gestão comunitária descentralizada, traz em sua origem a relevância social da geração de renda e qualidade ambiental às comunidades, tendo reciprocidade de princípios e interesses com o movimento dos catadores e recicladores de materiais secos. (...) Com a organização associativa tanto dos catadores de recicláveis secos quanto de orgânicos, seria possível reciclar até 86% de tudo o que produzimos"³⁶.

Outra estratégia da cidade de Florianópolis para incentivar a compostagem da fração orgânica de resíduos sólidos é por meio da doação de kits de compostagem doméstica - são quinhentos (500) os minhocários que serão, em uma primeira etapa,

³⁵ Disponível em: <https://cepagroagroecologia.wordpress.com/agricultura-urbana/revolucao-dos-baldinhos/>

³⁶ Cepagro (2016). O passo-a-passo de uma revolução: Compostagem e agricultura urbana na gestão comunitária de resíduos orgânicos. Disponível em: https://www.slideshare.net/Cepagro/o-passoapasso-de-uma-revoluo-compostagem-e-agricultura-urbana-na-gesto-comunitria-de-resduos-organicos?qid=f498b5b6-91bb-4f7e-aba8-51518595c116&v=&b=&from_search=2

doados³⁷. A capital catarinense segue, nesse projeto criativamente denominado de "Minhoca na Cabeça", o exemplo já trilhado pela capital paulistana em 2014 via projeto "Composta São Paulo"³⁸. Esse projeto, pioneiro no país, teve mais de 10.000 pessoas inscritas e distribuiu 2.000 kits de compostagem domiciliar, além de promover oficinas de compostagem e publicar materiais correlatos ao tema.

A experiência paulista, que foi realizada como um piloto para geração de dados sobre o tema e embasar políticas públicas correlatas, produziu uma síntese dos resultados³⁹. Do total de contemplados com o projeto, 1,5 mil responderam a uma completa pesquisa sobre a experiência, tornando-se rica base de dados sobre o tema. Um dos resultados interessantes é em relação ao tempo dedicado à compostagem: 29,6% indicou dedicar até trinta (30) minutos semanais; outros 42,8% indicaram se dedicar de trinta (30) minutos a uma (01) hora nesse mesmo intervalo de dias; enquanto outros 19,7% disseram dedicar de uma (01) a duas (02) horas semanais; já a minoria (7,9%) informou passar ainda mais tempo sob o tema. Outro resultado que incentiva a prática caseira é a fração de respondentes à questão de enfrentamento de dificuldades quanto ao mau-cheiro: 85,6% indicou não ter enfrentado essa dificuldade; outros 12,38% indicaram ter passado por essa, porém superado a dificuldade; enquanto apenas 2,0% ter indicado ainda estar enfrentando essa dificuldade no momento de aplicação do questionário.

Dos resultados da experiência paulistana quanto ao volume tratado via compostagem, tem-se uma média ponderada de 1,54 litros por semana por domicílio respondente; domicílios esses que na média de habitantes, ainda de acordo com os resultados da pesquisa, contava com 3,47 pessoas. Tomando-se o volume específico de resíduos orgânicos como sendo de 500 kg/m³, conclui-se que cada um dos participantes do projeto "Composta São Paulo" tratou 136 g/dia de orgânicos (ou ainda 46,13 kg/ano). Essa fração, caso fosse repetida no Paraná, representaria 14,8% do total de RSU gerado.

A iniciativa das cidades de São Paulo e Florianópolis inspiram a simulação ora aposta de implantação de projeto similar no Estado do Paraná. Tal projeto promoveria

³⁷ Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/sistemas/MinhocaCabeça/>

³⁸ Disponível em: <https://www.compostasaopaulo.eco.br/>

³⁹ Disponível em: <https://compostasaopaulo.eco.br/downloads/composta-sao-paulo-tabelas-2014.pdf>

o incentivo do tratamento de parte da fração de resíduos orgânicos gerados nas residências através de processo de compostagem domiciliar. A compostagem domiciliar caracteriza-se por não incorrer em custos ao setor público, desonerando o ente responsável pela gestão de resíduos, pois além do tratamento ser realizado in situ, ou seja, onde o resíduo é gerado, tem-se o aproveitamento do produto da compostagem (húmus orgânico) em canteiros e hortas caseiras, ou até mesmo para a requalificação de bosques e praças, adotados pela comunidade. Segundo a experiência paulista, 28% dos respondentes indicou destinar ao menos parte do composto para espaços como jardins de prédios e praças, colégios e hortas comunitárias.

Ademais, o aproveitamento in situ de resíduos orgânicos pode ser realizado por quaisquer empresas, instituições ou repartições públicas que gerem resíduos orgânicos limpos (ou seja, aqueles oriundos da preparação de alimentos, e não de sua sobra pós-cozimento), como escolas que operam cantinas para a preparação de refeições e restaurantes de escala industrial ou não. As seguintes premissas são adotadas:

- Mediante a manutenção das demais premissas e parâmetros que ensejaram a composição da base de análise (*ceteris paribus*), vislumbra-se a separação e tratamento de 22,7% do total gerado de RSU por um percentual pré-determinado da população (esse percentual espelha o resultado da análise gravimétrica realizada pelo município de Pinhais, 2012, que enfocou o resíduo orgânico limpo);
- Para que haja o incentivo à compostagem doméstica e por órgãos públicos, parte-se da doação de kits de compostagem de pequena escala (minhocários), além da preparação e ampla divulgação de manuais sobre a temática, a espelho do que foi realizado por São Paulo. Cada kit de compostagem doméstica é fornecido pelo setor público de cada município ao custo individual de R\$ 200,00, espelhando os valores atuais para o

equipamento (já bastante difundido, como revelam as buscas de uma pesquisa na internet sobre o mesmo)⁴⁰;

- A população beneficiada se compromete, mediante aceite da doação do kit de compostagem in situ, a monitorar resultados e reporta-los ao projeto, como forma de se gerar base de dados para pesquisas e ações futuras;
- Como forma de simplificação da simulação de incentivo à compostagem in situ, aplicam-se essas premissas para cada um dos municípios do estado, indistintamente de seus portes;
- Adota-se a premissa de que 1% dos domicílios do Estado recebe a doação do kit de compostagem domiciliar e passa a realizar in situ o tratamento da fração aposta de resíduos orgânicos. Como exemplo da extensão de tal proposta, um município com 100.000 habitantes e 31,58 mil domicílios (de acordo com a média paranaense de 3,17 pessoas por domicílio), o total de kits doados seria de trezentas e dezesseis (316) unidades, ao custo total de R\$ 63,16 mil.

Os resultados da simulação sob as premissas apostas estão apresentados no Quadro 66, a seguir. Nota-se que o volume total anual que pode ser tratado in situ, mediante a doação de kits de compostagem para 1% dos domicílios do Estado, é de 7,37 mil toneladas. Essa doação demandaria R\$ 6,6 milhões em investimentos.

Quadro 66: Estimativa de resíduos orgânicos tratados in situ pelo incentivo à compostagem.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Doação de kits de compostagem	Quantidade de kits	32.986	32.986	32.986	32.986
	Custo (mil, R\$)	6.597	6.597	6.597	6.597
Volume de resíduos orgânicos tratados	Cena atual	7,37	7,37	7,37	7,37
	Curto prazo	7,63	7,65	7,66	7,87

⁴⁰ Tem-se como referência: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1045649107-caixa-composteira-para-compostagem-domesticas-brindes-_JM

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
in situ via compostagem (mil t/ano)	Médio prazo	7,73	7,83	7,94	8,43
	Longo prazo	7,71	7,86	8,05	8,81

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Sob a ótica do setor público, o projeto ora simulado detém caráter educacional, informacional e de cidadania. O Quadro 66 demonstra o potencial que a compostagem in situ apresenta: baixo custo, transporte zero, baixa tecnologia e ainda gerador de externalidades positivas, como húmus e menores índices de emissão de gases de efeito estufa (tanto pela coleta-evitada quanto pela não-geração de biogás na disposição final).

Não limitado ao caráter educacional, entretanto, o tratamento in situ de resíduos orgânicos se traduz de forma imediata na redução do volume de resíduos coletados, enviados e dispostos em aterros sanitários. Ou seja, tem-se imposições de modificações quanto à gestão dos RSU. O volume de resíduos orgânicos limpos tratados in situ é exatamente o mesmo que deixa de ser coletado, transportado e tratado como rejeito quando encaminhado para disposição final. O Quadro 67, a seguir, apresenta o reflexo dos resultados de uma eventual implantação de tal projeto, em nível hipotético.

Quadro 67: Resultados nos custos de manejo oriundos do projeto de incentivo à compostagem in situ de resíduos orgânicos.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença nos custos com a coleta seletiva de recicláveis (R\$, mil)	Cena atual	-	-	-	-
	Curto prazo	-	-	-	-
	Médio prazo	-	-	-	-
	Longo prazo	-	-	-	-
Diferença nos custos com a coleta regular (R\$, mil)	Cena atual	-1.028	-1.028	-1.028	-1.028
	Curto prazo	-1.065	-1.067	-1.069	-1.098
	Médio prazo	-1.080	-1.093	-1.109	-1.177
	Longo prazo	-1.077	-1.097	-1.123	-1.230
Diferença nos custos com	Cena atual	-216	-216	-216	-216
	Curto prazo	-224	-225	-225	-231

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
transbordo e transporte (R\$, mil)	Médio prazo	-227	-230	-233	-247
	Longo prazo	-226	-231	-236	-258
Diferença nos custos com a disposição final (R\$, mil)	Cena atual	-761	-761	-761	-761
	Curto prazo	-785	-787	-789	-809
	Médio prazo	-795	-805	-816	-868
	Longo prazo	-792	-807	-827	-906
Diferença líquida nos custos totais com o manejo de RSU (R\$, mil)	Cena atual	-2.005	-2.005	-2.005	-2.005
	Curto prazo	-2.074	-2.080	-2.083	-2.138
	Médio prazo	-2.102	-2.128	-2.158	-2.292
	Longo prazo	-2.096	-2.135	-2.187	-2.394

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Observa-se que há uma geração de economia de R\$ 2 milhões anuais para o setor de gestão de RSU mediante a adoção de compostagem in situ. Caso a população diretamente recebesse a exata fração que gera em economia ao setor público, faria direito à R\$ 19,20 por ano, ou ainda R\$ 60,78 por domicílio.

Contrasta-se essa economia com serviços com o investimento na doação dos kits de compostagem domiciliar, que contabiliza R\$ 6,6 milhões. Embora alto, tal investimento se pagaria em menos de três (03) anos (em uma conta simplista que desconsidera o valor do dinheiro no tempo, apenas para fins de determinação de ordem de grandeza). Essa conta financeira trata, adicionalmente, apenas do custo direto do serviço de gestão de resíduos: sob o ponto de vista do bem-estar social, caberia somar os benefícios indiretos de qualidade do ar, melhora no tráfego e redução dos riscos de acidentes pela consequente redução de volume coletado e disposto em aterro.

Imagina-se cabível que o passar dos anos desperte a consciência ecológica na população, devidamente incentivada e informada pelas ações de educação ambiental a serem promovidas pelo PERS/PR. Nota-se assim que o incentivo à compostagem in situ detém um grande potencial, materializável pela potencial geração de uma corrente de aquisições e desenvolvimento de compostagens domiciliares, que trará apenas os

benefícios ao manejo dos resíduos, sem a contrapartida dos investimentos, pois se tratarão de custos privados.

O Quadro 68, a seguir, explora o incremento de domicílios praticantes da compostagem in situ de resíduos orgânicos, apontando os volumes de resíduos e as reduções de custos ao setor de resíduos envolvidos (custos esses que já agregam a coleta, o transbordo e transporte e a disposição final).

Quadro 68: Resultados potenciais de maiores percentuais de resíduos orgânicos tratados in situ pela compostagem.

Percentual de domicílios	Domicílios	Resíduos tratados in situ (t/ano)	Economia de custos de manejo (R\$, mil)
1%	32.986	7.365	2.005
2%	65.972	14.730	4.010
5%	164.929	36.825	9.611
10%	329.858	73.650	18.119
15%	494.787	110.473	25.937
20%	659.716	147.297	32.832

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

A população deverá encontrar na realização da compostagem in situ, além de uma atividade rica em descobertas e conexões com a natureza, uma forma eficiente e prática de gerar adubo orgânico de alta qualidade. Trata-se de uma forma direta de contribuição da população para com a meta de redução da disposição de resíduos úmidos em aterro sanitário. Restam poucas dúvidas de que a compostagem in situ é uma das formas mais verdadeiramente sustentáveis, baratas e eficientes de se tratar resíduos sólidos domiciliares.

5.3.3. Combate à Perda e Desperdício de Alimentos

A temática de perdas e desperdício de alimentos está sendo discutida pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) pelo menos desde 2009, quando do lançamento do relatório sobre a agricultura global do futuro⁴¹.

⁴¹ Relatório intitulado "Global agriculture towards 2050", da FAO (2009). Disponível online em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf.

Também conhecido pelo acrônimo PDA, o tema das perdas e desperdício de alimentos pode ser subdividido pelas etapas em que ocorrem, quais sejam:

- Perdas de alimentos nas etapas de produção agrícola e pré-colheita: podem haver perdas devido às técnicas inapropriadas de colheita, infestações de pragas, doenças, desastres naturais ou mesmo devido à manipulação que causa danos físicos e deterioração fisiológica e patológica;
- Perdas de alimentos na etapa de processamento e desperdício na etapa de distribuição: as perdas resultam do uso de embalagens inadequadas, não-utilização de refrigeração, transporte inadequado, exposição inadequada ou prateleiras e consumidores que tocam excessivamente os produtos. Pode-se classificar as perdas nessa etapa como sendo de caráter fisiológico (maturação, por exemplo), perdas devido a lesão mecânica (por exemplo, armazenamento em caixas inadequadas) ou ainda de caráter fitopatológicas (por exemplo, ataques de microorganismos);
- Desperdício de alimento na etapa de consumo: devido ao planejamento insuficiente de compras e outras características comportamentais associadas à cultura de consumo.

Dessas etapas, aquela tangente à gestão de resíduos sólidos é claramente a de consumo, onde há interação com a rotulagem e as embalagens. Essas, inclusive, podem (além de serem resíduos ensimesmas), contribuir para as perdas e desperdícios de alimentos caso sirvam de invólucros demasiadamente grandes. Segundo relatório da FAO (2014) sobre a situação de PDA na América Latina e no Caribe, a etapa de consumo desperdiça 28% dos alimentos adquiridos, enquanto que os produtores de alimentos perdem os mesmos 28%. Outros 22% dos alimentos são desperdiçados e perdidos durante o manuseio e armazenamento, 17% durante o marketing e a distribuição e os 6% restantes durante o processamento.

De acordo com o relatório da FAO (2014), a região produz alimentos mais que suficientes para alimentar toda a sua população; apesar disso, as perdas e desperdício aumentam a cada ano, reduzindo de três (03) maneiras a segurança alimentar e

nutricional: i) reduzindo a disponibilidade local e global de alimentos; ii) produzindo efeitos negativos no acesso aos alimentos; e iii) gerando impactos negativos no meio ambiente como resultado tanto do uso insustentável dos recursos naturais e da geração de resíduos.

De acordo com os levantamentos de Porpino et al. (2015), o desperdício de alimentos no Brasil compartilha tanto características que ocorrem em países em desenvolvimento (como a alta perda de alimentos na fase pós-colheita), quanto aquelas típicas de países desenvolvidos, como é o caso de desperdício de alimentos ao consumidor, ou seja, na etapa de consumo. Os autores coletaram e trataram dados empíricos de quatorze (14) domicílios brasileiros de renda média-baixa, concluindo que existem cinco (05) categorias principais de antecedentes de desperdício de alimentos: i) compra excessiva (impulso, compras não-planejadas, preferência por embalagens grandes, promoções, fidelidade à marca, gosto pela tradição); ii) preparação excessiva (hospitalidade, incapacidade de planejar refeições, comida como símbolo de riqueza, gosto pela abundância, identificação como carinho ou boa maternidade); iii) cuidados com animais domésticos (senso de cuidado, justificativa para desperdício); iv) evitar as sobras (preconceito contra sobras, preferência por alimentos frescos); e v) conservação inadequada de alimentos (alimentos preparados não armazenados na geladeira, armazenamento inadequado na geladeira).

Surpreendentemente, Porpino et al. (2015) desvendam que estratégias utilizadas para economizar dinheiro, tal como adquirir mantimentos a granel, realizar compras mensais, dar preferência por supermercados e cozinhar do zero, acabam gerando mais desperdício de alimentos e também praticamente eliminam as economias realizadas durante a fase de compras.

As conclusões de Porpino et al. (2015) comprovam o aparente paradoxo de que pessoas de renda média-baixa desperdiçam alimentos, o que é, obviamente, desperdiçar recursos financeiros. Esse fato foi também percebido pela chef de cozinha Regina Tchelly, fundadora do projeto "Favela Orgânica"⁴². O projeto, de 2011, surge na comunidade da Babilônia e Chapéu Mangueira, zona sul do Rio de Janeiro, e utiliza de aulas e *workshops* para demonstrar como se pode aproveitar todas as partes de

⁴² Disponível em: <http://autossustentavel.com/2017/07/favela-organica.html>

legumes, frutas e verduras transformando o conteúdo que outrora iria para disposição final como ingredientes de receitas saborosas e de baixíssimo custo.

Outra faceta do desperdício de alimentos ocorre em restaurantes. Varela et al. (2015, apud Henz e Porpino, 2017) avaliaram o custo do desperdício de alimentos no restaurante da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em Natal, durante sessenta e um (61) dias, concluindo que a quantidade média de refeições desperdiçadas foi de 11% do total. Em outro levantamento empírico realizado por Parisoto et al. (2013, apud Henz e Porpino, 2017) em um restaurante popular no estado de Santa Catarina, o índice médio de desperdício encontrado foi de 4,77%. Esse mesmo estudo comparou o desperdício médio após a realização de campanhas informativas e de educação nutricional junto à clientes e funcionários, campanha essa que reduziu o índice para 3,39%.

Segundo Henz e Porpino (2017), discute-se pouco no Brasil sobre o tema, que é tangente à gestão de resíduos e matéria de políticas públicas internacionalmente. A Dinamarca, por exemplo, conseguiu reduzir o desperdício de alimentos em 8% entre 2011 e 2017 devido à ação conjunta do governo, de organizações da sociedade civil, varejistas e cidadãos⁴³.

Segundo estimativa do Instituto Akatu, há no Brasil um desperdício anual de quarenta e um (41) milhões de toneladas, que se traduz em 200 kg/pessoa/ano, ou seja, 548 g/pessoa/dia. Esse índice, claramente, reflete todas as etapas da cadeia de perdas e desperdício de alimentos. Como comparação, o índice dinamarquês é de 140 kg/pessoa/ano.

Não se tem sequer estimado o índice de geração de desperdício de alimentos na etapa de consumo no Brasil, índice esse que englobaria o desperdício que ocorre em restaurantes. Mesmo assim, sabe-se tratar de problema crescente por meio do levantamento bibliográfico de Henz e Porpino (2017).

Sabe-se, pois, que uma parte significativa do resíduo domiciliar é composta por restos de alimentos. Parte da composição do resíduo orgânico é oriundo da remoção

⁴³ Disponível em: <http://pagina22.com.br/2018/07/25/app-desenvolvido-na-dinamarca-combate-o-desperdicio-de-alimentos/>

das partes não comestíveis de alimentos, como cascas, sementes e pedúnculos. Essa remoção, que se dá na preparação de alimentos, não é considerada como desperdício. Marchetto et al. (2008) avaliaram, após a remoção das partes não comestíveis, os desperdícios gerados no tratamento domiciliar de cinco (05) frutas e de cinco (05) vegetais. Os resultados apontados pelos autores são alarmantes: descartou-se 21,3% da parte comestível do mamão, 42,1% da melancia, 45,3% do abacaxi, 45,7% da goiaba e 55,3% do melão; para os vegetais, descartou-se 15,2% da abóbora, 18,2% da mandioca, 19,3% da beterraba, 29% do chuchu e 41,6% da abobrinha.

Para vegetais folhosos, como couve, alface, repolho, escarola, rúcula e mostarda, durante o manejo (pós-colheita) e comercialização, a apara de folhas danificadas, esmagadas, cortadas ou com algum sinal de desconformidade, é uma prática muito comum e, portanto, uma outra fonte de perda. Como forma de se estimar o efeito de um eventual programa de combate às perdas e desperdício de alimentos na etapa de consumo (que é tangente à gestão de resíduos sólidos), realiza-se simulação que segue esse racional:

- Segundo FAO (2014), 28% dos alimentos adquiridos são desperdiçados (etapa de consumo);
- A geração de resíduos sólidos urbanos tem como composição média no Estado do Paraná 854 g/pessoa/dia, sendo que 48% é orgânico;
- Supõe-se, de forma conservadora, que três-quartas partes do volume de orgânicos seja composta por alimentos. Trata-se de estimativa conservadora, pois nos 18,7% do total de RSU gerado que são classificados como rejeitos, estão incluídos materiais orgânicos não-passíveis de tratamento por compostagem.
- Desses três-quartos de alimentos, supõe-se que o índice de desperdício de alimentos seja (conservadoramente) equivalente a 7,89%. Esse percentual é resultado da média dos dois (02) índices obtidos em restaurantes por Varela et al. (2015) e Parisoto et al. (2013), ambos apud Henz e Porpino, 2017.

- Assim como Parisoto et al. (2013, apud Henz e Porpino, 2017), vislumbra-se o efeito da realização de campanhas informativas e de educação nutricional como sendo capaz de reduzir o desperdício em 28,93%.

Uma vez que não há outros indicadores ou dados quantitativos quanto ao desperdício de alimentos no RSU, a simulação ora realizada deve ser observada com cautela, tida como uma primeira aproximação sobre o tema. Não obstante a isenção de responsabilidade, tem-se resultados que certamente justificam maiores estudos e ações de prevenção quanto ao desperdício de alimentos.

Se não, vejamos: de acordo com as premissas acima adotadas, desperdiça-se no Paraná um volume anual de 100.000 toneladas de alimentos. O Quadro 69, a seguir, traz o volume estimado de alimentos desperdiçados no RSU e a diferença que a simulada campanha de combate ao desperdício poderia fazer, mesmo que da forma muito conservadora adotada. Importante notar que, assim como nas demais simulações, adota-se o conceito *ceteris paribus*: todos os outros fatores são mantidos constantes. As diferenças apresentadas são relativas à linha de base, ou seja, a base de análise desenvolvida no Capítulo 2.

Quadro 69: Estimativa grosseira para o desperdício de alimentos no RSU e diferença que poderia ser obtida mediante campanhas de combate ao desperdício.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Desperdício de alimentos (t/ano)	Cena atual	100.113	100.113	100.113	100.113
	Curto prazo	103.651	103.914	104.039	106.906
	Médio prazo	105.065	106.415	107.950	114.543
	Longo prazo	104.766	106.771	109.357	119.655
Diferença no volume de RSU orgânico devido à redução do desperdício de alimentos	Cena atual	-28.964	-28.964	-28.964	-28.964
	Curto prazo	-29.987	-30.063	-30.099	-30.929
	Médio prazo	-30.396	-30.787	-31.231	-33.138
	Longo prazo	-30.310	-30.890	-31.638	-34.617

Fonte: EnvEx-Engebio, 2018.

Ao se reduzir a produção de resíduos (ou seja, tem-se aqui mais uma forma de não-geração de resíduos), tem-se a menor necessidade de envio desses mesmos resíduos para a disposição final. Ademais, uma vez que essa redução se dá na fonte

(ou seja, a nível de domicílio), pode-se também contabilizar uma redução de custos com coleta, transbordo e transporte do alimento não desperdiçado. O Quadro 70, a seguir, apresenta o reflexo dos resultados de uma eventual campanha de combate ao desperdício de alimentos nos custos do sistema de gestão de RSU.

Quadro 70: Resultados nos custos de manejo oriundos do combate ao desperdício de alimentos.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença nos custos com a coleta seletiva (R\$, mil)	Cena atual	-	-	-	-
	Curto prazo	-	-	-	-
	Médio prazo	-	-	-	-
	Longo prazo	-	-	-	-
Diferença nos custos com a coleta regular (R\$, mil)	Cena atual	-4.031	-4.031	-4.031	-4.031
	Curto prazo	-4.174	-4.185	-4.190	-4.305
	Médio prazo	-4.232	-4.286	-4.348	-4.614
	Longo prazo	-4.220	-4.300	-4.405	-4.820
Diferença nos custos com transbordo e transporte (R\$, mil)	Cena atual	-824	-824	-824	-824
	Curto prazo	-854	-856	-858	-881
	Médio prazo	-866	-877	-889	-944
	Longo prazo	-863	-880	-901	-984
Diferença nos custos com a disposição final (R\$, mil)	Cena atual	-2.791	-2.791	-2.791	-2.791
	Curto prazo	-2.869	-2.847	-2.843	-2.908
	Médio prazo	-2.858	-2.886	-2.920	-3.104
	Longo prazo	-2.833	-2.884	-2.956	-3.243
Diferença líquida nos custos totais com o manejo de RSU (R\$, mil)	Cena atual	-7.646	-7.646	-7.646	-7.646
	Curto prazo	-7.898	-7.889	-7.891	-8.094
	Médio prazo	-7.956	-8.049	-8.157	-8.662
	Longo prazo	-7.916	-8.064	-8.262	-9.047

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Torna-se claro pelo Quadro 70 que as ações de comunicação que visam o combate ao desperdício de alimentos são vantajosas sob aspecto financeiro da gestão de resíduos sólidos urbanos. Os municípios paranaenses podem economizar anualmente um montante expressivo de R\$ 7,65 milhões com a menor produção de

alimentos desperdiçados. Além disso, promove-se um ciclo virtuoso de maior acesso e disponibilidade de alimentos, ou seja, de incremento da segurança alimentar.

Embora o valor agregado economizado pelo setor de gestão de resíduos seja significativo, para cada um dos municípios a economia oriunda do menor desperdício de alimentos representa apenas uma fração do total dispendido com a gestão de resíduos. Assim como se concluiu para o aprimoramento na coleta seletiva via campanhas informacionais, torna-se lógico que o Estado tome a iniciativa preponderante para esse tipo de ação, homogeneizando dados e fatos e facilitando o acesso à informação para municípios de qualquer porte.

5.4. Aplicação de Incentivos Econômicos na Gestão de Resíduos Sólidos

5.4.1. Cobrança da Taxa de Lixo Vinculada ao Volume de Geração

A cobrança pelos serviços de coleta e tratamento de resíduos domiciliares não é realizada de forma suficiente para cobrir o custo dos serviços, como relevou o panorama do PERS/PR. Ademais de apenas uma pequena fração dos municípios do Estado atingirem a suficiência financeira, muitos realizam a cobrança pela coleta e tratamento de resíduos mediante parâmetros que não vinculam a quantidade gerada de resíduos com o valor pago.

Eis que a cobrança de uma tarifa de prestação de serviços traz ensimesma um racional econômico que contrasta oferta e demanda. Tradicionalmente, a solução da gestão de resíduos se dá pela gestão da "oferta" do "produto", como, por exemplo, aumento de frotas, rotas e frequência de coleta regular, entre outros. Eis que, conforme atestam os países europeus, o gerenciamento também pode passar pela gestão da "demanda" de resíduos que pode aqui ser compreendida como sua geração.

O valor cobrado pela prestação de serviços do munícipe reflete de forma direta aquilo que se percebe como preço, mas também aquilo que se reflete em valor econômico. Eis que a cobrança pelo gerenciamento de resíduos deveria ser maior, necessariamente, do que a atualmente realizada, não apenas para que se cubram os custos com a execução do serviço, mas também as externalidades negativas geradas. A cobrança do serviço como instrumento de gestão de geração de resíduos sólidos

domiciliares é um conceito novo e, no contexto dos ensaios econômicos, é aqui explorado.

O Quadro 71, a seguir, traz a comparação de valores arrecadados com a cobrança pelos serviços de manejo de RSU (panorama do PERS/PR) contra os custos estimados para a realização do manejo. Esses dados, assim como todos os demais produzidos por esse relatório, são calculados para cada um dos municípios do Estado e, então, agregados. Observa-se que a cobrança realizada consegue cobrir, no agregado do Paraná, 48,7% do total dispendido. A nível de domicílio, tem-se a cobrança de R\$ 126,84/ano, sendo que o valor necessário para fazer frente aos custos é de R\$ 260,60.

Quadro 71: Cobrança realizada e devida pela prestação de serviços de manejo de RSU.

	Valores atualmente arrecadados	Custo estimado dos serviços	Diferença entre o realizado e o devido
Total (R\$, mil)	418.395	859.601	441.206
Por domicílio (R\$)	126,84	260,60	133,76

Fonte: EnvEx-Engenio, 2018.

Quando o preço de qualquer bem ou serviço sobe, a demanda tende a cair (grau de elasticidade-preço, abaixo discutido). Caso o manejo de resíduos seja cobrado por seu valor econômico, refletindo a totalidade do custo incorrido e das externalidades que o setor gera, haveria uma percepção de custo por parte do gerador. Essa relação entre a quantidade de resíduos gerada e o custo incorrido para sua disposição é atualmente próximo à zero: quanto há cobrança, essa é subsidiada pelas demais rubricas orçamentárias municipais e não é necessariamente associada ao volume gerado. Ou seja, na composição do racional econômico do gerador, não há incentivo algum para se reduzir a geração de resíduos, ao contrário, pois independentemente do volume de resíduos gerado, a cobrança é baixa e invariável.

A situação retrata flagrante falha de mercado. De acordo com Adam Smith (1776), mercados livres e com informação perfeita são instrumentos adequados para alocar os recursos escassos de uma economia de forma a maximizar o bem estar

social, ou seja, conceder aos recursos seus fins mais nobres⁴⁴. Uma hipotética cobrança pelo serviço de coleta e destinação de resíduos que refletisse os verdadeiros custos traria a racionalização da geração, na medida em que internaliza aos custos privados os verdadeiros custos sociais.

Esse efeito desejado de redução na geração se faz possível conseguir se, e somente se, a cobrança pela gestão de RSU seja vinculada a quantidade de resíduos que cada domicílio produz. Eis que, diferentemente de como se cobra o serviço de distribuição de água ou o fornecimento de energia elétrica, que são cobrados pela unidade consumida, o resíduo não o é. A micromedição de água permite cobrar de acordo com o nível de consumo do recurso, mas como cobrar pelo saco de lixo colocado no passeio para a coleta?

A gestão de resíduos dificilmente pode ser individualizada em sua cobrança por não se conseguirem formas eficientes de se mensurar quanto de lixo cada domicílio gerou. Superar essa dificuldade é caro, mas não impossível como algumas municipalidades ao redor do mundo provam. Uma delas é Varberg, na Suécia, que instituiu o sistema de cobrança por peso em 1994 ao valor de uma krona sueca por quilograma de resíduos gerado no domicílio⁴⁵. Concomitante à cobrança, o município disponibilizou centros de reciclagem e conduziu uma campanha de "compras verdes". As ações levaram a uma redução significativa dos resíduos coletados e drástico aumento da reciclagem.

Bartelings e Sterner (1999) analisaram o caso sueco para perscrutar a importância relativa do incentivo econômico em relação às demais ações do município. Citam, primeiramente, que os mais importantes determinantes no sucesso da redução da geração de resíduos para a coleta foram a compostagem de resíduos de cozinha e a compreensão sobre a importância da reciclagem. Ao comparar o município de

⁴⁴ Segundo Adam Smith (1776) em seu livro "A Riqueza das Nações", a maximização do bem-estar privado leva, quando o mercado é perfeito, à maximização do bem-estar social: "... não é da benevolência do açougueiro, do cervejeiro ou do padeiro que esperamos nosso jantar, mas da consideração de seu próprio interesse. Dirigimo-nos não à sua humanidade, mas ao seu amor-próprio, e nunca falamos a eles de nossas próprias necessidades, mas das suas próprias vantagens". Não obstante pregasse o sistema de livre e competitivo mercado, Smith identificou diversas funções para o governo, assim como apontou problemas que poderiam prejudicar o mercado, como o não cumprimento das Leis, a potencial de formação de cartéis e a existência de monopólios e oligopólios.

⁴⁵ O valor é equivalente a aproximadamente 0,12 dólares americanos e cerca de 0,40 reais.

Varberg com outros similares, porém que não adotaram a cobrança do resíduo por peso gerado, os autores concluem que a provisão de infraestrutura adequada para a reciclagem e informação sobre resíduos é tão fundamental quanto o incentivo econômico (nesse caso, a cobrança por peso).

Justamente pela dificuldade de se cobrar a gestão do resíduo pela quantidade gerada em cada um dos domicílios, tem-se a sugestão de que se o faça de forma proporcional ao consumo de água. Segundo Heller e Pádua (2006), existe uma relação direta entre os níveis de desenvolvimento socioeconômico da população e o seu consumo per capita de água, havendo uma série de pesquisas nas quais se evidencia a correlação positiva entre consumo de água e fatores como a renda per capita, a arrecadação média per capita e o índice de desenvolvimento humano municipal.

Sem dúvida que a instituição de tal forma de cobrança deverá ter o princípio da equidade como pilar fundamental, adotando-se tarifa social e até isenção da tarifa para a fração mais desprovida da população. Contribuindo para a sustentabilidade econômica, a cobrança da tarifa proporcional ao consumo de água significaria perda financeira para o usuário com maior volume de água consumida, seja por consumo supérfluo, seja pelo atendimento às necessidades básicas de muitas pessoas na residência, estabelece-se a almejada ligação direta entre a temática dos resíduos e a questão financeira.

Para medir o impacto hipotético do aumento da tarifa da prestação de serviços pela coleta e destinação de resíduos, é importante conhecer, ainda, sua elasticidade-preço, fator que reflete quantitativamente a relação entre tarifa e a geração de resíduos. Infelizmente, não há estimativas desse coeficiente de elasticidade, embora se possa inferir, dada as características da geração de RSU, que seja um coeficiente negativo e baixo: o aumento da tarifa leva à uma queda na geração de RSU, ou seja, há uma relação inversa entre preço e quantidade.

O grau de elasticidade-preço representa tal variação relativa entre demanda e preço⁴⁶. A relação inversa ocorre para praticamente a totalidade de produtos e

⁴⁶ Outro grau de elasticidade que influencia a demanda é o da elasticidade-renda. Como exemplo dessa relação, tem-se a elasticidade-renda de 0,6065 da carne de primeira qualidade, onde uma variação positiva na renda do brasileiro da ordem de 1% gera um acréscimo na demanda por carne de primeira

serviços, porém difere-se para aqueles cuja necessidade seja muito alta. Por exemplo, o aumento em 100% do valor de um remédio que mantém vivo um paciente não fará com que esse deixe de consumi-lo, ou mesmo o faça em dosagens menores pois isso significa seu fim. Consequentemente esse paciente deixaria de consumir outros bens e serviços para manter suas compras do dito remédio. A geração de resíduos sólidos, de forma análoga, deve ser bastante inelástica, ou seja, insensível às variações de preço.

Para fins de avanço na simulação de cobrança da taxa de lixo vinculada ao volume de geração, traça-se um interessante paralelo entre a geração de resíduos e a demanda por água. Essa é sabidamente inelástica, pois trata-se da demanda por um bem essencial: além da necessidade da água para consumo humano direto, essa é uma demanda para fins de higiene pessoal, saneamento e preparo e cocção de alimento. Não obstante aos usos essenciais, há uma miríade de outros usos e finalidades que caminham do mais divertido (piscina e outros usos recreativos) ao mais supérfluo (lavar carros). Cada um desses usos implica em valorações subjetivas, refletindo os diferentes custos de oportunidade de cada usuário a cada momento.

A água, assim como produtos alimentícios in natura, de forma geral, é bastante inelástica, ou seja, insensível às variações de preço dado seu alto grau de necessidade. Isso significa que um aumento de 1% na tarifa da água não fará com que se demande 1% a menos, ou ainda 2% a menos. O Quadro 72, a seguir, apresenta os graus de elasticidade estimados no Brasil e em outros países do mundo em relação à demanda por água para consumo doméstico, conforme trazidos por FGVces (2016). Seu intuito é ilustrar as diferenças existentes e possibilitar traçar, mesmo que de forma hipotética, um paralelo com a geração de resíduos sólidos.

Quadro 72: Levantamento de coeficientes de elasticidade-preço da demanda por água como forma de se traçar um hipotético paralelo com a gestão de resíduos.

Autor	Ano	Região de Estudo	Tipo de Uso	Elasticidade-Preço
Medeiros e Ribeiro	2012	BH do rio Paraíba	Consumo em área urbana	-0,460

qualidade de 0,6065%. Fonte: SILVEIRA, Fernando G., MENEZES Tatiane A., MAGALHÃES Luís Carlos, DINIZ Bernardo P. C.: Elasticidade-Renda dos Produtos Alimentares nas Regiões Metropolitanas Brasileiras: Uma Aplicação da POF 1995/1996. Revista Estudos Econômicos, São Paulo, 37(2): 329-352, abr-jun 2007.

Autor	Ano	Região de Estudo	Tipo de Uso	Elasticidade-Preço
Andrade et al.	1995	Estado do Paraná	Consumo humano	-0,24
Carrera-Fernandez	2002	BH do rio Vaza-Barris	Consumo humano	-0,13
Carrera-Fernandez	2000	BH do rio Pirapama	Consumo humano	-0,13
Chaves	2012	Revisão bibliográfica em 5 países	Consumo humano	-0,15
Bhatia	1995	Revisão bibliográfica em 4 países	Consumo humano	-0,35 a -0,60

Fonte: Adaptado de FGVces, 2016.

Ao se assumir a existência de um paralelo entre o grau de elasticidade-preço da demanda entre a geração de resíduos sólidos e aquele que reflete o consumo de água, pode-se investigar os efeitos da gestão da geração de resíduos pela cobrança de sua taxa. Certamente isso demanda, como já abordado, a cobrança integral pela prestação de serviços de forma a não apenas cobrir seu custo, como também capturar suas externalidades negativas. Dessa forma, aumentos de preço gerariam reduções na geração de resíduos, que passariam a compreender e tomar decisões com base no valor econômico do resíduo.

De forma geral, o grau de elasticidade-preço da demanda possibilita antever o comportamento dos múltiplos geradores de resíduos frente a uma política de preços, cada consumidor com sua estrutura de preferências. Percebe-se que, mesmo sendo inelásticos, os coeficientes de elasticidade-preço pela água não são irrisórios.

Após o arrazoado sobre a elasticidade-preço e o comportamento esperado da geração de resíduos em função da cobrança do valor econômico dos serviços, pode-se aplicar o grau de elasticidade-preço de -0,13 (o menor deles, haja vista a premissa de paralelo da água com a geração de resíduos) para a simulação ora realizada. Essa simulação é realizada em duas etapas, quais sejam:

- Etapa 1: adequação dos valores atuais de cobrança para aqueles incorridos pela prestação do serviço, afetando apenas os municípios com alguma diferença entre esses dois valores e apenas na medida em que esse gap precisa ser fechado;

- Etapa 2: aumento de 25% acima da cobertura dos custos, significando uma ação de gestão da geração de resíduos que cubra externalidades negativas do setor, como por exemplo a limpeza de resíduos despejados de forma irregular no meio ambiente, a remediação de áreas degradadas, a implantação de aterros sanitários, a universalização da coleta seletiva, dentre tantas outras.

Na presente simulação, o objetivo é ilustrar o grau de magnitude de um aumento na cobrança pelos serviços de manejo de RSU, passando a refletir uma cobrança de controle de geração e não apenas para recuperar custos ou financiar investimentos. Os resultados em termos quantitativos e monetários estão apostos no Quadro 73, a seguir, reforçando-se o conceito *ceteris paribus*, qual seja, o de manutenção dos demais fatores constantes. As diferenças nos custos de manejo incluem todas as etapas da prestação dos serviços.

Quadro 73: Estimativa de gestão da geração de resíduos pela adequação da cobrança, Etapa 1: adequação dos valores atuais de cobrança para aqueles incorridos.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença no volume de RSU disponibilizado para coleta (mil t/ano)	Cena atual	-51,25	-51,25	-51,25	-51,25
	Curto prazo	-55,17	-57,19	-58,03	-60,41
	Médio prazo	-58,84	-60,44	-62,28	-67,44
	Longo prazo	-60,39	-62,06	-64,15	-71,12
Diferença no custo de manejo de RSU dada a redução da geração (mil R\$/ano)	Cena atual	-12.266	-12.266	-12.266	-12.266
	Curto prazo	-13.266	-13.795	-14.019	-14.614
	Médio prazo	-14.222	-14.626	-15.081	-16.470
	Longo prazo	-14.649	-15.064	-15.544	-17.398

Fonte: EnvEx-Engiebio, 2018.

A aplicação hipotética da teoria econômica à gestão de resíduos sólidos urbanos traz resultados interessantes. Tem-se que a cobrança pelos serviços no exato montante de seus dispêndios, ou seja, sem que haja subsídio ao setor por parte de outras fontes orçamentárias municipais, além de promover a equalização preconizada em Lei Federal (nº 12.305/2010) ainda tem a chance de promover a redução de geração. Esse aspecto, de estabelecimento de relação inversa entre o valor econômico

cobrado e a quantidade gerada, só é possível de ser estabelecido caso haja a clara vinculação entre ambos os fatos (geração e pagamento).

Por fim, realiza-se a aplicação da Etapa 2, qual seja, a de aumento de 25% na tarifa acima da cobertura dos custos, significando uma ação de gestão da geração de resíduos que cubra externalidades negativas do setor. Uma vez que as etapas são consecutivas, seu efeito em termos de quantitativo de resíduos não-gerados (conforme exposto no Quadro 74) é cumulativo com a Etapa 1.

Quadro 74: Estimativa de gestão da geração de resíduos pela adequação da cobrança, Etapa 2: aumento de 25% na tarifa acima da adequação dos valores atuais de cobrança para aqueles incorridos.

Variável	Horizonte Temporal	Cenários			
		Estagnação	Morosidade	Retomada	Aceleração
Diferença no volume de RSU disponibilizado para coleta (mil t/ano)	Cena atual	-157,50	-157,50	-157,50	-157,50
	Curto prazo	-167,09	-170,87	-172,55	-178,85
	Médio prazo	-174,94	-178,73	-183,11	-196,85
	Longo prazo	-177,69	-182,09	-187,66	-207,05
Diferença no custo de manejo de RSU dada a redução da geração (mil R\$/ano)	Cena atual	-37.996	-37.996	-37.996	-37.996
	Curto prazo	-40.296	-41.328	-41.812	-43.428
	Médio prazo	-42.432	-43.436	-44.540	-48.072
	Longo prazo	-43.317	-44.454	-45.815	-50.747

Fonte: EnvEx-Engelb, 2018.

A economia direta para o setor de serviços com manejo de RSU chega, na consecução da Etapa 2, a R\$ 37,69 milhões anuais, ou seja, 4,4% do custo total dos serviços. Essa redução, promovida pela redução na geração de resíduos, é ainda aumentada caso seja considerado o efeito das externalidades positivas da não-geração sobre o meio ambiente, externalidades essas que fazem de uma política como essa ideal para rumar à sustentabilidade da gestão. Conclui-se que, embora inédita, a estratégia de gestão de geração pela tarifa cobrada, desde que vinculada à quantidade de RSU gerada no domicílio, está perfeitamente alinhada às diretrizes da PNRS (2010) e deve, portanto, ser considerada como componente do extenso rol de ações de gestão delineadas pelo presente instrumento de planejamento.

5.4.2. Outros Incentivos Econômicos Não Simulados

Comercialização de Créditos de Logística Reversa

Dentre os instrumentos de incentivo financeiro para a gestão de resíduos sólidos, estuda-se atualmente a implantação de uma bolsa de comercialização de créditos de Logística Reversa (Instituto BVRio, 2017). Segundo os proponentes do sistema, trata-se de emissão de certificados que comprovam a execução de um serviço de logística reversa e destinação adequada de uma certa quantidade de resíduos, emitidos e comercializados por cooperativas e associações de triadores de material reciclável e adquiridos por empresas legalmente responsáveis pela realização da logística reversa. No caso de uma dessas empresas não desejar ou estar impossibilitada de realizar a logística reversa por outras vias já exemplificadas no item 5.2.5, passariam a fazê-lo por meio da compra dos tais créditos, remunerando assim os serviços de catação, triagem e encaminhamento à reciclagem por parte de cooperativas e associações.

O esquema tem benefícios sociais claros, pois os triadores passam a ser remunerados pelos serviços ambientais que prestam, adicionalmente à obtenção dos recursos pela comercialização do material físico que encaminham à reciclagem, como já ocorre. Já sob o ponto de vista ambiental, tem-se como uma possível (e desejada) repercussão da comercialização dos créditos de logística reversa o aumento do volume de material reciclável encaminhado de fato para a reciclagem. Essa mecânica decorreria do fato que, dado o valor adicional aos catadores gerado pela venda de créditos, torna-se vantajoso coletar uma gama maior de resíduos sólidos, mesmo que aqueles que detenham valores baixos de venda como matéria-prima (Instituto BVRio, 2017).

O esquema de geração e comercialização de créditos de logística reversa pode ser uma interessante opção para uma aplicação no Estado do Paraná, embora necessite ser investigada com maiores detalhes, incluindo aqueles pertinentes aos custos de transação, não abordados pela fonte referenciada. Algumas das dúvidas que pairam sobre um sistema como esse é a questão da coleta, pois inevitavelmente a aquisição dos créditos e consequente geração de renda para os triadores motivará uma ampliação dos níveis de coleta de recicláveis via esquemas paralelos aos municipais.

Uma das vantagens que se vislumbra, por outro lado, é a possibilidade de se incluir e formalizar todos os elos da cadeia da recuperação de materiais que, como visto no item 4.1, conta com um alto grau de informalidade. Esse resultado se faz possível uma vez que a concessão dos créditos de logística reversa podem ser condicionados à apresentação de atos constitutivo de empresas ou associações ou cooperativas, alvarás de funcionamento municipais, cumprimento de adequações de infraestrutura física que garantam a prevenção e a possibilidade de combate ao fogo e, claro, o licenciamento ambiental.

Os incentivos de mercado podem ser, ainda, muito eficientes para que setores como o de embalagens em geral consigam cumprir suas obrigações legais perante as exigências de logística reversa, dado que seus resíduos são, por natureza, pulverizados e dificilmente serão alvo de esquemas como os já exemplificados (item 5.2.5) taxa de depósito, opção de recompra, desconto no valor do produto novo ou ainda entrega sem custos à um fornecedor.

Fomento às Indústrias de Transformação e Reciclagem

Um outro conjunto de incentivos econômicos é tangente ao papel da indústria de transformação. Como observado pelo item 4.1, essas são as empresas que efetivamente utilizam os resíduos como matérias-primas. Incentivos fiscais ou até mesmo desoneração fiscal para as indústrias de transformação e reciclagem de resíduos, localizadas no Estado do Paraná, podem favorecer não apenas a permanência de insumos no estado evitando custos de logísticas e incrementando renda para o setor de recuperação de materiais, como também as indústrias locais por meio da maior disponibilidade de matérias-primas menos custosas.

Existem diversas indústrias voltadas à cadeia de reutilização e reciclagem de resíduos que podem agregar crescimento econômico e dinamismo à economia estadual, auxiliando via iniciativa privada e sob a égide do mercado capitalista, as soluções para os resíduos sólidos. Tem-se na listagem abaixo apenas alguns exemplos de indústrias que podem ser atraídas e ou incentivadas:

- Indústrias de agregação de valor ao papel/papelão para fabricação de polpa moldada (caixas de ovos, caixas de frutas individuais ou em maior

quantidade, suportes de bandejas, como é o caso das bandejas fornecidas por empresas de *fast-foods*, tubetes para reflorestamento);

- Indústrias de agregação de valor ao papel/papelão para fabricação de telhas fibroasfálticas. Processo de fabricação que utiliza resíduos de papel e betume asfáltico para impermeabilização. A telha de papel reciclado resultante desse processo apresenta baixa transmissão térmica, flexibilidade, leveza e alta durabilidade;
- Indústrias de agregação de valor ao plástico para fabricação de bio-óleo através de craqueamento termocatalítico que resulta em óleo combustível (como biodiesel) e utiliza PEAD, PEBD, PP, PS;
- Indústrias de agregação de valor ao plástico para fabricação de madeira plástica via processo de extrusão e aglutinação próprio para produção de madeira plástica, cujas características assemelham-se à madeira, podendo ser vendido para construção civil. Utiliza PEAD, PEBD, PP, PS e pequenas quantidades de PU;
- Indústrias de agregação de valor ao plástico para fabricação de sacos plásticos e outros artefatos em processo de pelletização e extrusão, utilizando para tanto PEAD, PEBD, PP;
- Indústrias de agregação de valor aos resíduos de madeira para fabricação de briquetes por decomposição parcial da lignina (efeito termoplástico), resultando em combustível com teor de umidade base úmida de 5% a 15%, apresentado em peças cilíndricas ou hexagonais de cerca de 70 mm a 100 mm de diâmetro e comprimento de 10 cm a 40 cm, em produto que pode ser facilmente vendido a mercado;
- Empresas especializadas na gestão privada de resíduos sólidos, inclusive com serviços de coleta de perigosos e não perigosos;
- Gestão e aproveitamento econômico de entulhos (resíduos da construção civil) para fabricação de blocos e outros materiais de calçamento e obras civis não estruturais;

- Serviços de trituração, limpeza e classificação de vidros;
- Serviços de trituração, triagem e processamento de resíduos de alimentos, bebidas, fumo e outros para a indústria de nutrição animal;
- Resíduos destinados à obtenção de matérias primas secundárias.

Eis que, ao se contemplar os princípios da não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final (nessa ordem hierárquica), tem-se uma digressão sobre como os resíduos sólidos poderiam passar a ser cada vez mais tidos como recursos, ou seja, como alternativas menos custosas frente à opção de se utilizar matérias-primas de origem primária.

Nesse contexto, antevê-se a adoção dos preceitos da Ecologia Industrial para um possível desenvolvimento de arranjo mercadológico, articulado pelo Governo do Estado do Paraná para os resíduos industriais equiparados aos recicláveis urbanos, e também para os resíduos recicláveis como os grupos tratados no capítulo 4 (papel e papelão, metais, plásticos e vidros).

O levantamento da situação atual da geração de resíduos sólidos pelas indústrias do Paraná, realizado nesse plano, é um primeiro e tímido passo em relação ao potencial de se estabelecer os preceitos da Ecologia Industrial no Estado como forma de se converter cadeias produtivas em sistemas de cooperação estratégica, com a adição de valor econômico e mercadológico, concomitante a não-subtração de valores ambientais. O principal impulso da Ecologia Industrial concentra-se na interconexão dos processos de produção e pretende convergir a um ponto em que as emissões, efluentes e resíduos tendam a zero. Ou seja, a integração da diversidade industrial pensada em termos de um sistema fechado, onde os fluxos internos em complementaridade de processos produtivos sejam preponderantes sobre os externos.

Não obstante sua aplicação prática seja concebida para organizações em distritos industriais (conhecidos mundo afora como "eco industrial parks"), a visão sistêmica e integrada de origem estadual concede ao planejamento estudar ferramentas de políticas públicas que repliquem em diferentes escalas as experiências altamente bem-sucedidas de Ecologia Industrial aos resíduos sólidos, menos

dependentes de organização em locais próximos do que as conexões com água e calor.

A investigação de possíveis distritos industriais sob os preceitos de Ecologia Industrial deve ser incentivada pelo Estado, pois esse ilustra seu papel de promotor do desenvolvimento e ente de planejamento, podendo ser essa investigação um desdobramento do PERS/PR.

Incentivos Econômicos para Produtos Específicos

Existem diversos outros mecanismos de incentivo financeiro para a gestão de resíduos sólidos. Alguns deles foram elencados no item 5.2.5, que trata da logística reversa. Não obstante sua importância, esquemas de taxa de depósito ou ainda de opção de recompra, por exemplo, demandam aplicações de caso (mesmo que hipotéticas) para serem avaliadas; adicionalmente, tem-se sua consideração ideal para tipologias específicas de resíduos, a exemplo de garrafas de vidro de 600 ml. Dessa forma, a simulação desses incentivos no presente documento não se faz possível.

6. REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Apresentação sobre Incentivos para o Desenvolvimento da Indústria de Reciclagem de Material Plástico**. São Paulo, 2013.

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Reciclabilidade de materiais plásticos pós-consumo**. São Paulo, 2016.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2016**. 2017. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2014**. 2015. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2012**. 2013. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2010**. 2011. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2008**. 2009. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2006**. 2007. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm

ALMEIDA, A. F.; ROBERTSON, A. **Domestic Batteries and the Environment: A Life-Cycle Approach to Consumer Electronic Products**. Concept Proceedings International Conference Clean Electronics Products & Technology, Edinburgo, Escócia, pp. 162-167, 1995.

BARTELINGS, H.; STERNER, T. **Household Waste Management in a Swedish Municipality: Determinants of Waste Disposal, Recycling and Composting**. Environmental and Resource Economics, v. 13, pp. 440-473, 1999.

CANELOI, T. P. **Reciclagem e Políticas Públicas: a questão da tributação dos materiais recicláveis e reciclados**. Dissertação (Mestrado em Direito Político e Econômico) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.

CAVO, empresa prestadora de serviços de limpeza urbana e gestão de resíduos. **Serviços Prestados em Curitiba-PR, ano 2012**. Apresentação gentilmente cedida à consultora, Curitiba, 2017.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **CEMPRE Review 2013**. Relatório da Associação CEMPRE, São Paulo, 2013.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Guia da Coleta Seletiva do Lixo**. 2ª Edição, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclossoft/id/8>

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Radiografando a Coleta Seletiva**. Relatório da Pesquisa Ciclossoft, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclossoft/id/3>

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Radiografando a Coleta Seletiva**. Relatório da Pesquisa Ciclossoft, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclossoft/id/2>

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Radiografando a Coleta Seletiva**. Relatório da Pesquisa Ciclossoft, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclossoft/id/8>

CONKE, L. S. **Barreiras ao Desenvolvimento da Coleta Seletiva no Brasil**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **A new textiles economy: Redesigning fashion's future**. World Economic Forum, Genebra, Suíça, 2017.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains**. World Economic Forum, Genebra, Suíça, 2014.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **Food losses and waste in the Latin America and the Caribbean**. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, Roma, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3942e.pdf>.

FGVces. **Análise Custo-Benefício de Medidas de Adaptação à Mudança do Clima na Bacia Hidrográfica dos Rios Piancó-Piranhas-Açu: Produto 1D**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2016.

HELLER, L.; PÁDUA, L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

HENZ, G. P.; PORPINO, G. **Food losses and waste: how Brazil is facing this global challenge?** Revista Horticultura Brasileira, vol. 35, n. 4, pp. 472-482, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>

INSTITUTO BVRIO. **Créditos de Logística Reversa – Uma Inovação Sócio-Ambiental para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos**. Estudo de caso da Bolsa de Valores Ambientais BVRio no Brasil. Rio de Janeiro, 2017.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos - Relatório de Pesquisa**. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais. Brasília, 2012.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos - Relatório de Pesquisa.** Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais. Brasília, 2010.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável - Região Sul.** Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais. Brasília, 2013.

ISWA - International Solid Waste Association. **Waste Management and Research.** International Solid Waste Association, 30th Edition - World Solid Waste Congress, Florence, Italy, 2012.

JORGE, L. M. **A Cadeia de Reciclagem do Plástico Pós-Consumo na Região Metropolitana de Porto Alegre.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

KINNAMAN, T.; FULLERTON, D. **The Economics of Residential Solid Waste Management.** National Bureau of Economic Research - NBER Working Paper n. 7.326, 1999.

MARCHETTO, A. M.P.; ATAIDE, H. H.; MASSON, M. L. F.; PELIZER, L. H.; PEREIRA, C. H. C.; SENDÃO, M.C. **Avaliação das partes desperdiçadas de alimentos no setor de hortifrúti visando seu reaproveitamento.** Revista Simbio-Logias vol. 1, pp. 1-14, 2008.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. B. **Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.** Revista Ambiente & Água, vol. 10, n. 4, pp. 889-902, 2015.

PINHAIS, Município de - **Plano de Saneamento Básico do Município de Pinhais.** Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Pinhais, 2012.

PORPINO, G.; PARENTE, J. G.; WANSINK, B. **Food Waste Paradox: Antecedents of Food Disposal in Low Income Households that Cook from Scratch.** International Journal of Consumer Studies, vol. 39, pp. 619-629, 2015.

RIBEIRO, L. C. S.; FREITAS, L. F. S.; CARVALHO, J. T. A.; OLIVEIRA FILHO, J. D. **Aspectos Econômicos e Ambientais da Reciclagem: Um estudo Exploratório nas Cooperativas de Catadores de Material Reciclável do Estado do Rio de Janeiro.** Nova Economia, vol. 1, n. 24, pp. 191-214. Belo Horizonte, 2014.

THÁ, D.; SALLES, C. P.; PEDOT, J. J. **Integrated Waste Management Planning: a cost-based assessment model for Brazilian cities.** Congress Annals of the Solid Waste World Congress, International Solid Waste Association (ISWA), São Paulo, Brazil, 2014.

TOLEDO, Município de - **Plano Municipal de Coleta Seletiva do Município de Toledo.** Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Toledo, 2015.

TROMBETTA, G. R. **Avaliação das unidades de separação e valorização de resíduos sólidos urbanos de Curitiba e Região Metropolitana, PR, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Universidade Positivo, Curitiba, 2011.

COMITÊ DIRETOR DO PERS/PR

Vinício Costa Bruni
Coordenador do Comitê Diretor
Coordenador de Resíduos
Sólidos da SEMA

Gerson Schiavinato
Ordenador de Despesa
Diretor Geral da SEMA

Victor Hugo Fucci
Assessor Técnico da Coordenadoria
de Mudanças Climáticas da SEMA/PR

Carla Mittelstaedt
Instituto das Águas do Paraná

Walquiria Menna Brusamolin Santos
Secretária-Executiva do Grupo R-20

Sylfarner Pimpão
Representante da SEMA - Guarapuava

Ananias Soares Vieira
Representante da SEMA - Maringá

Delmar Marino Hoffmann
Representante da SEMA - Toledo

Manuela Santos Barbosa
Subcoordenadora do Comitê Diretor
Assessora Técnica da SEMA

Tatiana Nasser e Silva
Assessora Técnica da SEMA/PR

Carlos Roberto Fernandes Pinto
Instituto de Terras, Cartografia
e Geologia

Ana Cecília Nowacki
Instituto Ambiental do
Paraná

Antonio José Mattos do
Amaral Júnior
Representante da SEMA - Londrina

Juan Artigas Souza Luz
Representante da SEMA - Francisco Beltrão

Luiz Paulo Rover
Representante da SEMA - Ponta Grossa

GRUPO DE SUSTENTAÇÃO DO PERS/PR

João Batista
Representante do CEMA

Luciane Rezler Scholten
Representante da SEAB

Guilherme Bellotto Nunes da Silva
Representante da SEFA

Denise Estorilho Baganha
Representante da SEED

Fernando Matias
Representante do TCE

Tássia Viol Moretti
Grupo Boticário
Representante de ONG

Dayany Schoecher Salati
Representante da FUNASA

Sônia Dorneles
Representante do Conselho Regional
De Farmácia

Paulo Luciano da Silva
Representante do Conselho Regional
De Biologia

Alessandro Panasolo
Representante da Ordem dos Advogados do
Brasil

Claudia Baker Kaipper
Empresa Brasileira de Infra-Estrutura
Aeroportuária - INFRAERO
Representante de Empresas Geradoras

Patricia Sottoriva
Representante da Universidade Positivo

Eduardo Felga Gobbi
Representante da UFPR

Vinicius Gesselo de Oliveira
Representante da AMCESPAR

Cleiton Aparecido da Silva
Representante da COMCAM

Letícia Uba da Silveira Maraschin
Representante do Ministério Público

Javier Salvador Gamarra Junior
Representante do GT Medicamentos

Evandro Razzoto
Representante da SETI

Sezifredo Paulo Alves Paz
Representante da SESA

Álvaro Cabrini
Representante da SEDU

Andrea Regina Abrão
Representante da SEIL

Maurício Barcellos Degelmann
Instituto GT3
Representante de ONG

Ângela Kuczach
Rede Pró Unidade de Conservação
Representante de ONG

Priscila Karina Altvater Mannich
Representante da FUNASA

Jefferson Navolar
Representante do Conselho Regional de
Arquitetura e Urbanismo

Joel Krueger
Representante do Conselho Regional de
Engenharia e Agronomia do Paraná

Murilo Nerone
Companhia Parananense de Energia
Representante de Empresas Geradoras

Glauco Machado Requião
Companhia de Saneamento do Paraná -
SANEPAR
Representante de Empresas Geradoras

Tamara Simone van Kaick
Representante da UTFPR

Carlos Mello Garcias
Representante da Pontifícia Universidade
Católica do Paraná

Claudio Sidiney de Lima
Representante da AMERIOS

Ricardo Mauricio Freitas Andrade
Representante da COMEC

Paula Broering Gomes Pinheiro
Representante do Ministério Público

Walquiria Menna Brusamolín Santos
Representante do Grupo R-20

GRUPO DE SUSTENTAÇÃO DO PERS/PR

Carlos Alencastro Cavalcanti
**Representante do Movimento Nacional dos
Catadores de Materiais Recicláveis**

Carla Beck
Representante da FAEP

Mauricy Kawano
Representante da FIEP

Nilo Cini Junior
Representante do ILOG

Mauro Rockenback
Representante do CONCIDADES

Carlos Renato Garcez do Nascimento
**Representante da Assembleia
Legislativa do Paraná**

Silvio Krinski
Representante da OCEPAR

Gabriela Prol Otero Sartini
Representante da ABRELPE

Renan Schlosser
Representante do PROVOPAR

Paulo César Naujack
Representante da FECOMERCIO

CONSÓRCIO CONSULTOR

Envex Engenharia e Consultoria
Engbio Engenharia e Meio Ambiente

COORDENAÇÃO

Mario Saffer
Coordenador Geral

Helder Rafael Nocko
Coordenador Adjunto

André Luciano Malheiros
Coordenador Executivo

EQUIPE TÉCNICA

André Luciano Malheiros
**Especialista em Resíduos
Sólidos Urbanos**

Nicolau Leopoldo Obladen
**Especialista em Resíduos
Sólidos dos Serviços de Saneamento**

Josué de Almeida Meystre
**Consultor em Resíduos
Sólidos Urbanos**

Luiz Guilherme Grein Vieira
**Especialista em Resíduos
Sólidos da Construção Civil**

Alba Maria La Rosa
**Especialista em Resíduos
Sólidos de Serviços de Saúde**

Helder Rafael Nocko
**Especialista em Resíduos
Sólidos Industriais**

Renato Muzzolon
**Especialista em Resíduos
Sólidos da Mineração**

Daniel Thá
**Especialista em
Planejamento Estratégico e Economista**

Fernanda Muzzolon Padilha
**Especialista em Resíduos
Sólidos Agrossilvopastoris**

Luciana Vargas
Analista de Sistemas

Orestes Jarentchuk Junior
**Especialista em
Geoprocessamento**

Ana Claudia Gabardo
Designer

Fabiane Baran
Socióloga

Karin Käsmayer
Advogada

APOIO TÉCNICO

Eduardo Bayon Britz
**Cientista Social e Técnico
em Meio Ambiente**

Roberta Gregório
**Engenheira Ambiental e Tecnóloga em
Processos Ambientais**

Paulo Henrique Costa
Geógrafo

Dóris Falcade
**Acadêmica de Engenharia
Ambiental**

Gabriela Oliveira da Rocha
Engenheira Ambiental

Bianca Stangler
Engenheira Ambiental

Leonardo Sanchotene Quintela
Engenheiro Ambiental

