

Jogando oportunidades no lixo: uma estimativa dos benefícios potenciais da reciclagem em Porto Alegre*

Osmar Tomaz Souza**

Economista, professor do Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)

Altevir Dias Prado***

Economista, Mestre em Economia e doutorando em Economia no PPGE da PUCRS

Jacó Braatz****

Economista, Mestre em Economia e doutorando em Economia no PPGE da PUCRS

Laura Vernier*****

Economista, Mestre em Economia e doutorando em Economia no PPGE da PUCRS

Resumo

A produção de resíduos encontra-se em constante elevação, seja em decorrência do modo de vida ocidental baseado no consumo material, seja pelo aumento populacional e pela urbanização crescente. É exatamente por esse cenário que a questão da gestão dos resíduos passou a ganhar força nos estudos sobre a sustentabilidade do desenvolvimento. Tendo em vista a importância desse tema, o presente trabalho busca estimar os possíveis benefícios que podem ser gerados a partir da reciclagem de resíduos sólidos, tendo como base o Município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Isso é calculado através de uma análise de custo-benefício, empregada inicialmente por Motta (2006), que mostra, em valores monetários, os benefícios potenciais decorrentes de uma gestão adequada dos resíduos sólidos, com ganhos sociais, econômicos e ambientais. Entende-se que esse tipo de análise é essencial para otimizar o emprego de recursos públicos, auxiliando na determinação de prioridades e na avaliação de políticas públicas.

Palavras-chave: resíduos sólidos; benefícios socioeconômicos e ambientais; Porto Alegre.

Abstract

The management of waste produced by the population has become an important issue in discussions about the sustainable development of countries, since the production of such waste is constantly rising as a result of a Western lifestyle based on material consumption, population growth and an increasing urbanization. Given the importance of this issue, this paper seeks to estimate the possible benefits that can be generated from the recycling of solid waste in Porto Alegre, State of Rio Grande do Sul, by means of a Cost-Benefit Analysis initially employed by Motta (2006), which shows the potential benefits, in monetary values, of an appropriate solid waste management system, in terms of social, economic and environmental gains. Using this analysis is essential to optimize the use of public resources, assisting in setting priorities and evaluating public policies.

Keywords: solid waste; socioeconomic and environmental benefits; Porto Alegre.

* Resultados de pesquisa apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) através do Programa Pesquisador Gaúcho (PqG) Edital FAPERGS nº 004/2012.

Artigo recebido em 28 nov. 2014.

Revisor de Língua Portuguesa: Mateus da Rosa Pereira.

** *E-mail:* osmar.souza@pucrs.br

*** *E-mail:* altevir.prado@bradescoseguros.com.br

**** *E-mail:* jacobraatz@hotmail.com

***** *E-mail:* lauravernier@gmail.com

1 Introdução

O desenvolvimento e o crescimento econômicos associados ao modo de vida contemporâneo têm atraído cada vez mais a população rural para centros urbanos. A urbanização, combinada com o desenvolvimento tecnológico, o aumento da produtividade do trabalho e do capital, trouxe vários benefícios e facilidades para a sociedade. No entanto, esse processo também trouxe impactos negativos à qualidade de vida e ao bem-estar da população, já que a concentração de pessoas e da atividade econômica também produz algumas externalidades negativas.

Com a ocupação desordenada do espaço urbano, a demanda por produtos e serviços tem carecido de uma maior quantidade de recursos naturais. Assim, pode-se dizer que a taxa de crescimento populacional e a sua distribuição geográfica determinam, de certa forma, o impacto da sociedade sobre o meio ambiente. Então, podemos nos perguntar: qual o limite para desenvolvimento sob o ponto de vista da sustentabilidade? Até que ponto o planeta suporta o modelo de desenvolvimento e crescimento contemporâneo?

Teixeira e Bertella (2010) e Fonseca e Ribeiro (2005) apontam que, na década de 70, existia uma crença generalizada de que o crescimento econômico de uma nação seria o grande responsável pelos problemas ambientais, ou seja, que existia uma relação positiva entre o crescimento econômico e a degradação do meio ambiente.

A partir dos anos 90, alguns economistas começaram a se posicionar de forma contrária a essa crença, afirmando que tal visão era extremamente pessimista por não levar em consideração variáveis importantes como: inovação tecnológica, melhoria da educação, progresso econômico e a evolução das instituições (Deacon; Norman, 2004). Essa relação entre renda e degradação ambiental consiste no *core* da hipótese da Curva de Kuznets Ambiental. Essa hipótese, testada para várias economias, considera que, a partir de um determinado estágio do crescimento, a degradação ambiental diminuiria com a continuidade do aumento da renda. Ou seja, que a partir de certo ponto, crescimento econômico e degradação ambiental apresentariam uma relação negativa. Ainda que não seja consensual, a partir dos trabalhos pioneiros de Grossman e Krueger (1991, 1995), vários outros foram feitos buscando testar a relação entre crescimento e degradação ambiental.¹

Até mesmo o Banco Mundial, em relatórios, chegou a introduzir essa hipótese de que o aumento da renda *per capita* seria acompanhado de redução na degradação. No entanto, alguns estudos demonstraram que isso não era aplicável a todos os produtos. Um exemplo da não aplicabilidade dessa hipótese é o lixo urbano.

Isso se dá porque o modo de vida da sociedade produz uma variedade e uma quantidade de lixo muito grande, e muitos dos dejetos provenientes da produção são tóxicos. Essa excessiva geração de resíduos, combinada com a sua destinação inadequada, tem ocasionado a poluição do solo, das águas e do ar, propiciando também a proliferação de doenças.

Dessa forma, uma má gestão de resíduos traz consequências significativas para a saúde humana e resulta na redução da capacidade de prestação dos serviços ecossistêmicos, essenciais à vida. Estudos como o de Chung e Poon (1999) e o de Demajorovic (2003) têm demonstrado que o problema com os resíduos sólidos existe tanto em países em desenvolvimento do Terceiro Mundo quanto em nações desenvolvidas.

Conforme Aquino (2003), o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos apresenta grande importância na qualidade de vida de um ambiente, bem como no desenvolvimento sustentável da sociedade. Segundo Chermont e Motta (1996), um sistema integrado de resíduos sólidos tem como foco o balanço ótimo entre a redução na geração de lixo e os seus custos de tratamento e as melhores combinações entre as opções de destinação final.

No que tange ao destino final dos resíduos sólidos, a reciclagem é apontada como a mais adequada. Nogueira Junior (2006) lembra que, devido ao aumento nos custos de produção decorrente da escassez de recursos naturais utilizados como matéria-prima, a reciclagem viria a suprir essa demanda de matéria-prima, escassa e de custo elevado, para diversos produtos. Assim, essa alternativa permite o reaproveitamento dos resíduos, reincorporando-os ao processo produtivo e reduzindo seu impacto ambiental.

Este trabalho se insere nesse contexto da gestão de resíduos sólidos, com base nos dados da produção e coleta no Município de Porto Alegre (RS). Segundo Cempre (2008), Porto Alegre está entre as capitais pioneiras em coleta seletiva no Brasil. Iniciado em 1990, o serviço tomou corpo após a aprovação de uma lei municipal para o gerenciamento integrado do lixo, prevendo soluções além do descarte em aterros. Sabe-se que, devido à sua menor dispersão, a relação entre resíduos e problemas ambientais é mais evidente no campo dos resíduos sólidos. Assim, este estudo busca identificar os benefícios líquidos sociais do reaproveitamento, através da reciclagem, na capital do Estado do Rio Grande do Sul. O estudo será estruturado em quatro seções além desta

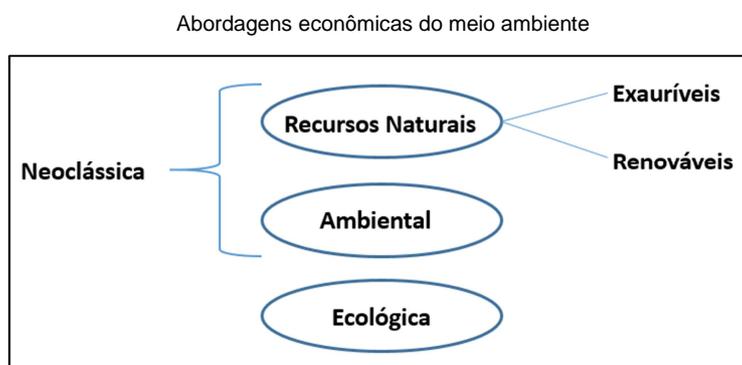
¹ Para um panorama de outros trabalhos, bem como de críticos da Curva de Kuznets Ambiental, ver Lucena (2005).

Introdução. Na seção 2, há uma revisão da literatura sobre a relação entre resíduos sólidos e sustentabilidade; na seção 3, descreve-se o funcionamento da gestão de resíduos sólidos em Porto Alegre; na seção 4, é apresentada a metodologia empregada; na seção 5, são apresentados o cálculo dos benefícios líquidos estimados do reaproveitamento e a análise dos resultados; por fim, são apresentadas as **Considerações finais**.

2 Resíduos, meio ambiente e sustentabilidade

Na Economia, a produção de resíduos insere-se no âmbito dos debates sobre a produção de externalidades, seus impactos ambientais e as formas de tratá-las dentro do arcabouço teórico existente na Teoria Econômica. Em linhas gerais, são duas as abordagens econômicas do meio ambiente: a Economia Ambiental Neoclássica e a Economia Ecológica. Entretanto, Mattos, Mattos e Mattos (2005) apresentam três abordagens relacionadas ao meio ambiente: a economia dos recursos naturais, a economia ambiental e a economia ecológica. A economia dos recursos naturais — subdividida em recursos exauríveis e renováveis — e a ambiental são vertentes da economia neoclássica, conforme a Figura 1.

Figura 1



A primeira vertente neoclássica — economia dos recursos naturais — foi difundida nas décadas de 60 e 70, e vê o meio ambiente como fonte provedora de recursos para as atividades produtivas humanas, como alimento, matéria-prima, energia, etc. (Denardin; Sulzbach, 2002). Para esta, o capital natural é constituído de recursos naturais renováveis (apresentam capacidade autorregenerativa) e não renováveis (capacidade regenerativa nula ou próxima de zero) e tem como objetivo o uso ótimo desses recursos, sem evitar a degradação ambiental.

A economia ambiental, por sua vez, vê o meio ambiente como fossa receptora de dejetos gerados pela atividade humana, absorvendo, neutralizando e reciclando-os. Essa corrente tinha sua ênfase voltada à questão da poluição e tem como objeto de estudo a internalização monetária das externalidades (Denardin; Sulzbach, 2002; Mattos; Mattos; Mattos, 2005).

Pode-se dizer que a teoria neoclássica possibilitou a mensuração e a valoração, em termos econômicos, das implicações decorrentes do tratamento de resíduos sólidos. No entanto, nenhuma das duas vertentes mostrou-se suficiente para introduzir o ambiente natural na análise econômica, pois não abordavam a escala adequada das atividades econômicas (Chermont; Motta, 1996; Mattos; Mattos; Mattos, 2005).

A economia ecológica representa uma evolução dessas abordagens, englobando a problemática do uso de recursos naturais e as externalidades do processo produtivo. Segundo Daly (1991), essa vertente abrange as quatro divisões: economia, economia dos recursos naturais, economia do meio ambiente e ecologia. Isto é, além das funções de ofertar recursos para a atividade econômica (*source*) e receber dejetos oriundos dos processos produtivos e de consumo (*sink*), cabe ao meio ambiente prover serviços para a manutenção da vida na Terra que, segundo Denardin e Sulzbach (2002), vão desde o desfrute de uma bela paisagem até a proteção da vida por intermédio da camada de ozônio.

Por ver a economia como um subsistema aberto inserido em um amplo ecossistema finito, não crescente e materialmente fechado, essa abordagem prega a conservação dos recursos naturais mediante uma ótica que considera as necessidades potenciais de gerações futuras. Segundo Hauwermein (*apud* Denardin; Sulzbach, 2002), tendo em vista a existência de restrições biofísicas, a economia ecológica recomenda: (a) utilizar os recursos renováveis a uma taxa que não exceda a de regeneração; (b) utilizar recursos não renováveis a uma

taxa não superior à de sua substituição por recursos renováveis²; (c) não gerar uma quantidade de resíduos que exceda a capacidade do meio ambiente; (d) conservar a biodiversidade biológica.

Com isso, verifica-se que, ao contrário da economia neoclássica, a ecológica não prevê que o avanço tecnológico suplante as agressões ao meio ambiente e a escassez dos recursos naturais, provocadas pela aceleração da atividade econômica (Dias, 2006). A excessiva geração de resíduos proveniente dessa aceleração, combinada com a sua destinação inadequada, tem ocasionado a poluição do solo, das águas e do ar com resíduos tóxicos, propiciando também a proliferação de doenças.

Problemas ambientais constituem casos típicos das externalidades negativas. Isto é, sendo o ambiente um bem público, um determinado agente pode fazer uso sem incorrer na totalidade dos custos sociais. A utilização excessiva ou indevida por parte de um agente gera custos externos (externalidades negativas) aos demais agentes, influenciando negativamente o bem-estar da sociedade (Dias, 2006).

Tendo em vista a necessidade de um uso consciente dos recursos e de uma geração de resíduos que não exceda a capacidade do meio ambiente, tem-se intensificado cada vez mais a busca de alternativas para a disposição final dos resíduos, as quais também permitam o reaproveitamento destes. A reciclagem é apontada como a solução mais adequada.

Essa técnica permite o reaproveitamento dos resíduos como matéria-prima, reincorporando-os, assim, ao processo produtivo e reduzindo o impacto ambiental. Segundo Gonçalves (2006), a cadeia produtiva dessa técnica pode ser classificada em três etapas, conforme o Quadro 1:

Quadro 1

Etapas do reaproveitamento de resíduos

ETAPAS	DESCRIÇÃO
Recuperação	Separação do resíduo na fonte, coleta seletiva, prensagem e enfardamento.
Revalorização	Processos de moagem e extrusão.
Transformação	Transformação dos materiais recuperados em um novo produto.

FONTE: Gonçalves (2006).

Assim como no estudo de Chermont e Motta (1996), acredita-se que a opção governamental de incentivar a reciclagem não deve ser adotada somente pela crença nos seus benefícios ambientais. Esses benefícios devem superar os custos implicados, e isso somente será possível com uma gestão adequada. A fim de alcançar um maior bem-estar, segundo Dias (2006), a análise de custo-benefício é a que melhor se aplica à escolha de investimentos pelos formuladores de política pública.

3 Aspectos gerais da coleta de resíduos sólidos em Porto Alegre

Atualmente, Porto Alegre tem uma população estimada em 1,5 milhão de habitantes que, em 2013, segundo o Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), gerou 351.866.384 toneladas coletadas de lixo doméstico³. Isso significa que cada habitante da capital gaúcha produziu, em média, 236kg de lixo doméstico no ano ou, em média, 0,65 kg de lixo por dia. Somando-se aos resíduos não coletados pelo sistema público e ao que não é considerado doméstico, cada habitante produziu algo próximo de 1kg de lixo em média por dia.

Esses números, aliados à baixa perspectiva de redução na produção de lixo ou resíduos, fazem aumentar a preocupação com a destinação dos resíduos, pois a cada ano mais áreas precisam ser destinadas e reservadas para a disposição desse volume de resíduos. Há ainda o custo financeiro para o poder público e para a sociedade da coleta e destinação do lixo e, não menos importante, o custo ambiental associado a esses depósitos ou aterros.

² Apesar disso, cabe relativizar essa afirmação, pois, mesmo que o uso dos primeiros se dê a uma taxa inferior, isso não necessariamente é uma garantia de que não se esgote.

³ Os dados gerais sobre os volumes de resíduos coletados em Porto Alegre estão disponíveis *online*, na página do DMLU, no endereço: <http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmlu/usu_doc/001indicadores_de_massa_-_dmlu.pdf>. Os dados e as informações sobre resíduos reciclados (e recicláveis) foram obtidos junto ao Departamento de Reaproveitamento, em entrevista realizada no dia 15/05/14.

Nessa perspectiva, surge a preocupação em aumentar cada vez mais o reaproveitamento dos resíduos diante da necessidade de diminuir os impactos ambientais do volume de lixo produzido pela sociedade. O DMLU aponta que, em 2013, 25.000 toneladas de resíduos foram recicladas em Porto Alegre, o que representa apenas 21% do total de resíduo seletivo coletado, que chegou a 116.070 toneladas. É importante observar que essa relação é do total de resíduos coletados pelo sistema e que, na prática, existe uma quantidade considerável de resíduos recolhidos e enviados para reciclagem que não passa pela coleta regular. Dessa forma, de acordo com o mesmo órgão, são destinadas em torno de 68 toneladas de resíduos para a reciclagem por dia, e outras 250 toneladas de resíduos passíveis de reaproveitamento vão para o aterro sanitário ajudando a compor as mais de 1.000 toneladas de lixo coletadas por dia em Porto Alegre.

Ressalve-se que seria um equívoco afirmar que são coletadas 1.000 toneladas de lixo por dia e apenas 68 toneladas são enviadas para o reaproveitamento, o que resultaria em menos de 7% de reciclagem do total dos resíduos. O equacionamento correto seria somar as 250 toneladas de resíduos passíveis de reaproveitamento que não são captadas pela coleta seletiva mais as 68 toneladas que são destinadas ao reaproveitamento. Ou seja, estima-se que Porto Alegre produza 318 toneladas de resíduos recicláveis por dia, dos quais 21% são de fato enviados para seu destino sustentavelmente correto.

Embora a fatia de reaproveitamento dos resíduos recicláveis em Porto Alegre seja pequena em relação ao total, vale ressaltar que 100% de seus resíduos são destinados a aterro sanitário, diminuindo o impacto ambiental. A título de comparação, observa-se que 2.810 municípios brasileiros, ou seja, praticamente a metade, ainda se utilizam de lixões para destinar seus resíduos, conforme a Tabela 1, abaixo.

Tabela 1

Municípios brasileiros e gaúchos com presença de lixões — 2009

LOCAL	MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO	NÚMERO DE LIXÕES	% DE MUNICÍPIOS
Brasil	5.568	160.008.433	2.810	50,5
RS	495	11.164.050	10	3,8

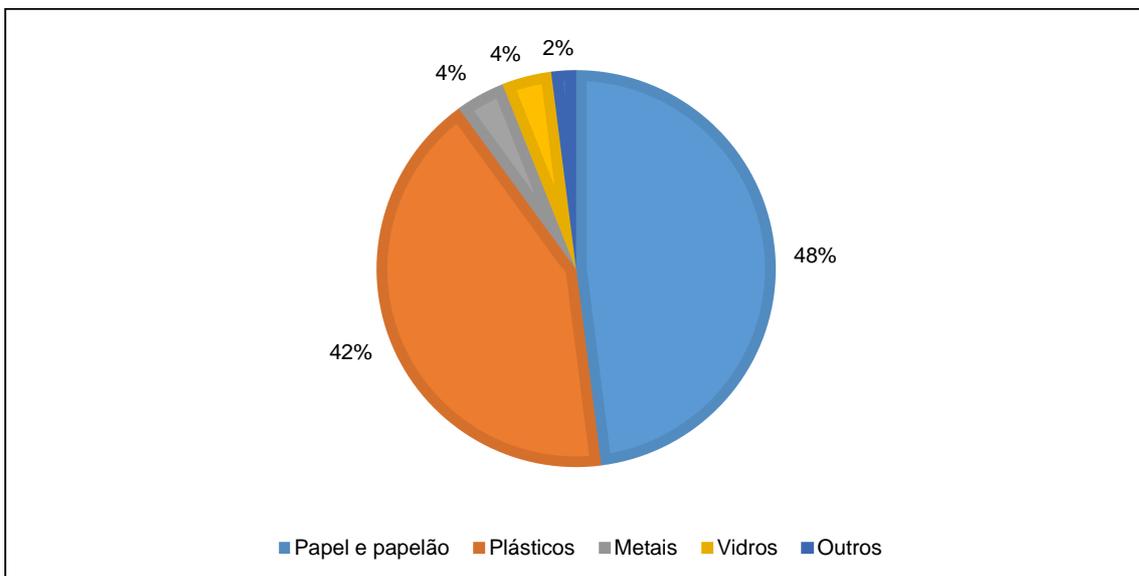
FONTE: Chaves e Souza (2013).

No Estado do Rio Grande do sul, apenas 10 municípios de um total de 498 ainda contam com a presença de lixão, mas em comparação com o resto do País o Estado está significativamente mais avançado.

De acordo com dados coletados no DMLU, mostrados na Figura 2, os quatros principais materiais recolhidos e enviados para reciclagem são papel e papelão, com 48%, plásticos com 42%, metais vidros com 4% cada, e outros materiais somam 2%. Esses números indicam duas situações: primeiro, que esses são os materiais mais facilmente encontrados nos resíduos, e, segundo, que são materiais de quantidade e valor comercial considerável.

Figura 2

Materiais recuperados da coleta seletiva de Porto Alegre — 2013



FONTE: DMLU ([2014]).

A título de ilustração, a massa *per capita*/ano de resíduos seletivos recolhidos em Porto Alegre é de 16,8kg. Essa quantidade é inferior à de municípios com população menor que 300.000 habitantes, cuja massa *per capita*/ano é de 18,25kg, segundo dados do SNIS (2014).

Esses dados parecem contrariar a intuição, já que o volume de coleta seletiva *per capita* para os municípios menores é maior que para os municípios maiores, no caso específico de Porto Alegre. Ao que parece, cidades maiores teriam, em geral, maior nível de organização da coleta de resíduos, maior consciência sobre a coleta seletiva, maior consumo de materiais recicláveis e, portanto, esperar-se-ia que o peso *per capita* de coleta seletiva fosse maior nos maiores municípios.

Como citado por Chaves e Souza (2013), uma hipótese para explicar os dados do SNIS é que pode haver um viés de seleção nas respostas dos municípios pequenos, já que esses dados são produzidos através de questionários enviados às prefeituras. Como a resposta ao formulário enviado é voluntária e depende do nível de organização das prefeituras consultadas, imagina-se que apenas as prefeituras mais organizadas respondam os questionários. Outra hipótese é que, em cidades maiores, haja mais catadores independentes que fazem coleta de materiais de forma paralela àquela organizada pela prefeitura. Dessa forma, tudo que eles coletam e vendem fica fora das estatísticas oficiais. Essa hipótese parece se confirmar em Porto Alegre, onde, segundo o DMLU, há aproximadamente 600 catadores ligados a alguma entidade onde tudo o que coletam é registrado e mais de 3.000 catadores independentes para os quais não se tem informações oficiais sobre quantidades coletadas.

Tabela 2

Entidades e catadores de lixo reciclável em Porto Alegre e no RS — 2013

LOCAL	NÚMERO DE ENTIDADES	NÚMERO DE CATADORES	CATADORES INDIVIDUAIS	COM AÇÃO DA PREFEITURA
Rio Grande do Sul (1)	100	2.449	- (2)	53
Porto Alegre	17	600	3000	Sim

FONTE: DMLU ([2014]).
SNIS (2011).

(1) Referente aos 240 municípios do Estado que responderam ao questionário do SNIS. (2) Não informado.

Dentre os 240 municípios gaúchos que responderam ao questionário do SNIS, foram somadas 100 entidades, em sua maioria associações e cooperativas, que congregam 2.449 catadores de resíduos recicláveis, das quais 17 estão em Porto Alegre, com 600 catadores. O que chama atenção é que se estima que existam 3.000 catadores independentes apenas em Porto Alegre, não havendo informação para os do resto Estado, que provavelmente somam uma quantidade importante de resíduos recicláveis coletados e que ficam fora das estatísticas.

No que tange à coleta regular de resíduos, na maior parte dos municípios é realizada parcial ou integralmente pela própria administração municipal ou por empresas terceirizadas. No caso de Porto Alegre, o serviço é integralmente terceirizado. Os custos referentes à coleta regular dos municípios variam muito, conforme a Tabela 3. É importante observar que os dados do Rio Grande do sul são de 2009, enquanto os de Porto Alegre referem-se a 2013.

Tabela 3

Despesas com coleta e quantidades coletadas de resíduos em Porto Alegre e no RS

LOCAL	DESPESAS COM COLETA (R\$ ano)	QUANTIDADE COLETADA (t)	CUSTO MÉDIO DA COLETA REGULAR (R\$/t)
Rio Grande do Sul	311.350.852,06	1.658.814,60	187,89
Porto Alegre	33.363.970,53	356.866,38	94,82

FONTE: DMLU ([2014]).
SNIS (2011).

NOTA: Dados do RS são de 2009, e os de Porto Alegre são de 2013.

Em relação ao total de lixo recolhido no Estado, Porto Alegre responde por 22% do total. Já o custo médio da coleta regular, na capital, representa aproximadamente a metade dos verificados na média estadual. Cabe ressaltar que o custo médio da coleta de lixo no Brasil é em torno de R\$ 80,00/t ano para o ano de 2009, portanto a média do Rio Grande do Sul está bem acima, enquanto a de Porto Alegre está mais próxima da média Brasileira.

4 Metodologia e resultados

Para calcularmos os benefícios líquidos econômicos, sociais e ambientais da reciclagem para Porto Alegre, foram utilizadas três fontes principais, quais sejam: IPEA (2010), Cempre (2008) e os dados fornecidos pelo DMLU.

O trabalho do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) teve como objetivos principais estimar os benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem de resíduos sólidos urbanos e propor diretrizes para possíveis esquemas de pagamento por serviços ambientais urbanos provenientes dessa atividade. O Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre) é uma associação sem fins lucrativos dedicada à promoção da reciclagem segundo o conceito de gerenciamento integrado do lixo. Fundado em 1992, é mantido por empresas privadas de diversos setores que trabalham para conscientizar a sociedade sobre a importância da redução, reutilização e reciclagem de lixo através de publicações, pesquisas técnicas, seminários e bancos de dados.

A metodologia utilizada para o cálculo do Benefício Líquido Social do Reaproveitamento (BLSR) segue os pressupostos de Motta (2006) apresentados no trabalho de Chaves e Souza (2013). As estimativas de BLSR são calculadas por toneladas na hipótese de que esta seria a unidade física mais relevante para custos de coleta e disposição e reaproveitamento. Um grupo específico de materiais — aço, alumínio, papel (celulose), plástico e vidro — foi escolhido para o estudo, haja vista que esses materiais têm grande presença nos resíduos sólidos urbanos.

Para cálculo das externalidades geradas pelo reaproveitamento, foram utilizados: os gastos normais com a coleta de lixo mais os danos ambientais que serão reduzidos; as reduções de custos econômicos com relação à matéria-prima utilizada pelo reaproveitamento, juntamente com os gastos associados com o reaproveitamento. A partir dessas informações, será possível analisar o benefício, se houver, do reaproveitamento de resíduos que pode servir de base para cálculo de um nível ótimo de tributo ou subsídio que deveria ser aplicado para essa atividade. Segue a equação que representa o BLSR utilizada por Motta (2006 *apud* Chaves; Souza, 2013).

$$\text{BLSR} = \text{GCD} + \text{CA} + \text{GMI} - \text{GAR} \quad (1)$$

Onde:

GCD = gastos atuais e efetivos de coleta, transporte e disposição final de lixo urbano;

CA = danos ambientais resultantes da má coleta e disposição do lixo urbano;

GMI = reduções de custos associados em matéria-prima e outros insumos proporcionados pelo reaproveitamento;

GAR = gastos associados ao reaproveitamento.

Para calcular o BLSR, foram utilizados dados apresentados no trabalho de Chaves e Souza (2013) e IPEA (2010), bem como informações para o Município de Porto Alegre fornecidas pelo DMLU.

O cálculo dos gastos efetivos com a coleta e disposição (GCD) varia de acordo com os aspectos de cada município. Para Porto Alegre, segundo Cempre (2008), é de R\$ 338,00 (US\$ 1,00 = R\$ 2,30⁴).

Para o cálculo dos danos ambientais resultantes da má coleta e disposição do lixo (CA), foi utilizado o valor estimado dos gases do efeito estufa (GEE), a estimativa dos custos ambientais associados à perda da biodiversidade de cada material, caso houver, acrescidos de R\$ 33,41/t, que é o valor médio de aterramento informado pelo SNIS para o ano de 2007, atualizados monetariamente para julho de 2014.

O cálculo dos custos de matérias-primas evitadas pelo reaproveitamento (GMI) foi dado pelo preço da sucata, que reflete os ganhos líquidos de reduções de custos de produção derivados do reaproveitamento, ou seja, o próprio preço da sucata fornece o GMI deduzido dos gastos associados ao reaproveitamento (GAR). Essa hipótese baseia-se na ideia de que o mercado de sucatas estaria funcionando em perfeita competição com o valor marginal de GMI igual ao valor de GAR.

Os preços de mercado da sucata são apresentados na Tabela 4.

⁴ Cotação do dólar comercial em 06 de março de 2014.

Tabela 4

Preço da sucata em Porto Alegre — 2014

MATERIAL	PREÇO (R\$/t)
Papel branco	350
Latas de aço (prensado limpo)	130
Alumínio (prensado limpo)	2.100
Vidro incolor (limpo)	50
Vidro colorido	40
Plástico rígido	400
PET (prensado limpo)	1.700
Plástico filme	800

FONTE: DMLU ([2014]).

A Tabela 5 apresenta os benefícios econômicos associados à redução do consumo de insumos, sendo que os custos da produção primária se referem aos custos relativos aos insumos para a produção de bens a partir de matéria-prima virgem. Os custos da reciclagem dizem respeito aos custos relativos aos insumos para a produção de bens a partir de material secundário (sucata); os benefícios líquidos da reciclagem são a diferença entre os custos da produção primária e os da reciclagem (Chaves; Souza, 2013).

Tabela 5

Estimativa dos benefícios econômicos associados à redução do consumo de insumos em Porto Alegre — 2014

MATERIAIS	CUSTO DOS INSUMOS PARA PRODUÇÃO PRIMÁRIA (R\$/t)	CUSTO DOS INSUMOS PARA PRODUÇÃO A PARTIR DA RECICLAGEM (R\$/t)	BENEFÍCIOS LÍQUIDOS DA RECICLAGEM (R\$/t)
Alumínio	6.162	3.447	2.715
Metal e/ou aço	552	425	127
Celulose	687	357	330
Plástico	1.790	626	1.164
Vidro	263	143	120

FONTE: IPEA (2010 *apud* Chaves; Souza, 2013).

A Tabela 6 resume os resultados da economia ambiental da reciclagem derivada da economia de energia, para a produção de uma tonelada de cada material. Foi estimado o custo ambiental associado à geração de energia para cada modalidade de produção, adotado por Chaves e Souza (2013).

O material que mais contribui em termos de benefício para a redução de energia é o alumínio, com R\$ 168,08/t, mas todos os demais materiais contribuem de maneira significativa, conforme aponta a tabela.

Tabela 6

Estimativa dos benefícios ambientais associados à redução do consumo de energia em Porto Alegre — 2014

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 LÍQUIDO DA RECICLAGEM (R\$/t)
Alumínio	176,00	7,92	168,86
Papel	11,98	2,26	9,72
Plástico	6,56	1,40	5,16
Metal e/ou aço	34,18	7,81	26,37
Vidro	23,99	20,81	3,18

FONTE: IPEA (2010 *apud* Chaves; Souza, 2013).

O valor médio das estimativas do preço da tonelada evitada de CO₂ segundo o seu potencial de aquecimento global foi de € 15,4, equivalente a R\$ 50,82, conforme apresentado na Tabela 7, levando em consideração uma taxa de cambio de R\$ 3,30/€ 1,00.

Tabela 7

Estimativas dos preços de créditos de carbono — 2010

INSTITUIÇÃO	VALOR (€/t)
BarCap	14,3
Coer2 commodities	18,0
Daiwa	13,3
Deutsche Bank	15,0
Nomisma Energia	14,2
Point Carbon	18,8
Sagacarbon	15,5
SocGen/Orbeo	16,1
Unicredit	14,6
Média	15,4

FONTE: IPEA (2010 *apud* Chaves; Souza, 2013).

A Tabela 8 resume as emissões a partir de matérias-primas virgens e de material reciclável por tonelada e apresenta os benefícios da reciclagem gerada por tipo de material. Pode-se verificar que o alumínio está em primeiro lugar e o plástico em segundo em relação a benefícios da reciclagem em emissão de GEEs na atmosfera.

Tabela 8

Estimativa dos benefícios ambientais associados à redução da emissão de gases do efeito estufa (GEE)

MATERIAIS	CUSTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À EMISSÃO DE GEEs PARA PRODUÇÃO PRIMÁRIA (t CO ₂ E/t)	CUSTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À EMISSÃO DE GEEs PARA RECICLAGEM (t CO ₂ E/t)	BENEFÍCIO LÍQUIDO DA RECICLAGEM (t CO ₂ E/t)	BENEFÍCIO DA RECICLAGEM (R\$/t)
Aço	1,46	0,02	1,44	48,12
Alumínio	5,10	0,02	5,08	169,77
Vidro	0,60	0,35	0,25	8,36
Celulose	0,28	0,01	0,27	9,02
Plástico	1,94	0,41	0,25	51,13

FONTE: IPEA (2010 *apud* Chaves; Souza, 2013).

Apresentam-se, na Tabela 9, os valores estimados dos benefícios ambientais gerados a partir da reciclagem de uma tonelada de aço e papel. Para esse cálculo, não há custos ambientais associados à reciclagem dos demais materiais, uma vez que nenhuma área de extração de madeira é necessária (IPEA, 2010 *apud* Chaves; Souza, 2013).

Tabela 9

Estimativa dos benefícios ambientais associados à redução da necessidade de solo para monocultura de eucaliptos

MATERIAIS	ÁREA DE MONOCULTURA DE ÁRVORES NECESSÁRIAS PARA A PRODUÇÃO PRIMÁRIA (ha ano/t)	CUSTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À PERDA DE BIODIVERSIDADE (R\$/ha ano)	CUSTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À PERDA DE PRODUTOS NÃO MADEIREIROS (R\$/ha ano)	CUSTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À INSTALAÇÃO DE MONOCULTURA DE EUCALIPTO (R\$/ha ano)	BENEFÍCIO LÍQUIDO DA RECICLAGEM (R\$/t)
Metal e/ou aço ...	0,001	35,76	353,45	389,21	0,47
Papel	0,014	35,76	353,45	389,21	5,38

FONTE: IPEA (2010 *apud* Chaves; Souza, 2013).

A partir das diferentes estimativas realizadas para os vários impactos das atividades produtivas e da reciclagem, é apresentado o benefício ambiental total gerado pela reciclagem, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10

Estimativa dos benefícios ambientais totais gerados pela reciclagem em Porto Alegre — 2014

MATERIAIS	GERAÇÃO DE ENERGIA (R\$/t)	EMISSIONES DE GEES (R\$/t)	CONSUMO DE ÁGUA (R\$/t)	BIODIVERSIDADE (R\$/t)	TOTAL (R\$/t)
Metal e/ou aço	26	48	<1	<1	74
Alumínio	169	170	<1	-	339
Celulose	10	9	<1	5	24
Plástico	5	51	<1	-	56
Vidro	3	8	<1	-	11

FONTE: IPEA (2010).

A Tabela 11 apresenta a soma da economia gerada de energia elétrica, matéria-prima e água que se tem como resultado de GMI. Ao tentar estimar os respectivos custos associados à reciclagem, os valores ambientais associados ao consumo da água para produção a partir da matéria-prima são bastante baixos e, por sua insignificância, não aparecem para cálculo neste trabalho.

Tabela 11

Custos econômicos com relação à matéria-prima e os custos com o reaproveitamento (GMI) em Porto Alegre — 2014

MATERIAL	BENEFÍCIOS LÍQUIDOS DA RECICLAGEM	ENERGIA	TOTAL
Alumínio	2.715,00	168,86	2.883,86
Papel	330,00	9,72	339,72
Plástico	1.164,00	5,16	1.169,16
Metal e/ou aço	127,00	26,37	153,37
Vidro	120,00	3,18	123,18

FONTE DOS DADOS BRUTOS: IPEA (2010 *apud* Chaves; Souza, 2013).

Após a obtenção dos componentes necessários para a formulação, será apresentado o BLSR em duas tabelas, ressaltando que a Tabela 12 parte do pressuposto que o preço de mercado está em perfeita competição, ou seja, o próprio preço da sucata reflete os ganhos líquidos de reduções de custos de produção derivados do reaproveitamento. Em outras palavras, representa o GMI deduzido dos gastos associados ao reaproveitamento GAR. Com o mercado de sucatas funcionando em perfeita competição, o valor marginal de GMI é igual ao valor do GAR.

Tabela 12

Benefício Líquido Social do Reaproveitamento (BLSR) dado pelo preço de mercado da sucata em Porto Alegre — 2014

DISCRIMINAÇÃO	ALUMÍNIO	PAPEL	PLÁSTICO	AÇO	VIDRO
GCD - Gastos com coleta seletiva (R\$/t)	338,00	338,00	338,00	338,00	338,00
DA - Danos ambientais (R\$/t)	33,41	33,41	33,41	33,41	33,41
GMI-GAR - Preço médio da sucata (R\$/t)	2100	350	600	130	50
Total (R\$/t)	2471,41	721,4	971,41	501,4	421,4
Ponderação (%) (1)	0,04	0,48	0,42	0,02	0,04
Total ponderado (R\$)	98,86	346,28	407,99	10,03	16,86

FONTE: dados da pesquisa.

NOTA: O BLSR médio calculado é de R\$ 880,01.

(1) Ponderação dada pela participação do tipo de sucata no total na coleta de Porto Alegre.

A segunda hipótese, com o cálculo apresentado na Tabela 13, mede o verdadeiro custo de oportunidade, pois é calculado com base nos custos evitados com energia, matéria-prima e água, deduzidos dos custos privados de reprocessamento, proporcionados pelo reaproveitamento (GMI), apresentados nas tabelas acima. Como base, utilizou-se o relatório de pesquisa do IPEA (2010), que apresenta a quantidade de alumínio, vidro, celulose, plástico e aço, para o Brasil, bem como a estimativa dos benefícios ambientais associados à redução do consumo de energia e água. Para o material **plásticos**, por haver mais de uma cotação por toneladas, será utilizada a média entre o custo mínimo e máximo com base nas informações do IPEA (2010 *apud* Chaves; Souza, 2013).

Tabela 13

Benefício líquido social do reaproveitamento (BLSR) dado pelo custo de oportunidade em Porto Alegre — 2014

DISCRIMINAÇÃO	ALUMÍNIO	PAPEL	PLÁSTICO	AÇO	VIDRO
GCD - Gastos com coleta seletiva (R\$/t)	338,00	338,00	338,00	338,00	338,00
DA - Danos ambientais (R\$/t)	33,41	33,41	33,41	33,41	33,41
GMI - ganhos pelo reaproveitamento (R\$/t)	2.883,86	339,72	1.169,16	153,37	123,18
Total (R\$/t)	3.255,27	711,13	1.540,57	524,78	494,59
Ponderação (%) (1)	0,04	0,48	0,42	0,02	0,04
Total ponderado (R\$)	130,21	341,34	647,04	10,50	19,78

FONTE: dados da pesquisa.

NOTA: O BLSR médio calculado é de R\$ 1.148,87.

(1) Ponderação dada pela participação do tipo de sucata no total na coleta de Porto Alegre.

De acordo com as Tabelas 12 e 13, percebe-se que a estimativa para o GCD e o GAR é fixa para todos os materiais. Isso ocorre porque o GCD e o GAR são baseados nos custos da coleta regular para Porto Alegre.

O preço econômico é dado pelo valor médio dos valores dos materiais como uma média ponderada pela participação do material na tonelada de resíduo, na coleta seletiva.

A variação dos valores de cada material da Tabela 12, para a primeira hipótese, por definição, reflete exatamente as repostas do mercado em termos de preço. O preço da sucata reflete os ganhos líquidos de redução de custos de reaproveitamento. Nesse caso, o BLSR médio estimado é de R\$ 880,01 e reflete o benefício que o mercado de sucata traz para Porto Alegre na forma como ele está montado hoje. Ou seja, esse seria um benefício por tonelada de reaproveitamento com base na realidade da produção de resíduos atualmente observada em Porto Alegre.

Considerando a estimativa do DMLU de que aproximadamente 250 toneladas diárias de resíduo passível de reciclagem são desperdiçadas e descartadas juntamente com o lixo comum, teríamos um desperdício de mais de R\$ 80 milhões anuais, equivalente ao benefício do reaproveitamento de todo esse resíduo.

As diferenças entre os valores na segunda hipótese, por outro lado, são resultantes das estimativas de GMI. Nessa hipótese, observam-se, para o vidro e o alumínio, por exemplo, valores de BLSR bastante distintos dos respectivos valores de mercado. Como resultado, o cálculo do benefício também foi bem superior, alcançando R\$ 1.148,87 por tonelada, segundo a composição dos resíduos de Porto Alegre. De acordo com esse cálculo do benefício potencial baseado nos resíduos reaproveitáveis descartados de forma incorreta no município, o ganho potencial poderia chegar a mais de R\$ 104 milhões por ano.

5 Considerações finais

Neste trabalho, foi possível avaliar, para a cidade de Porto Alegre, os benefícios trazidos pela reciclagem. Tais benefícios podem ser avaliados monetariamente ao se utilizar a metodologia proposta por Motta (2006), que considera como o Benefício Líquido Social da Reciclagem a soma algébrica dos gastos atuais e efetivos de coleta, transporte e disposição final de lixo urbano (GCD); danos ambientais resultantes da má coleta e disposição do lixo urbano (CA); reduções de custos associados em matéria-prima e outros insumos proporcionados pelo reaproveitamento (GMI); deduzidos os gastos associados ao reaproveitamento (GAR).

Assim, calculamos, para a capital gaúcha, valores que, dependendo do método adotado, variam entre R\$ 880,01 e R\$ 1.148,87 para o BLSR. Esse valor pode ser entendido como um intervalo de ação em que o Estado interviria no mercado, propondo um subsídio dessa magnitude, para incentivar a reciclagem, já que, como visto no texto, ela traz benefícios econômicos, sociais e ambientais para toda a sociedade. Ou seja, trata-se de um desperdício que anualmente equivale a algo entre R\$ 80 e 104 milhões, dependendo da metodologia de cálculo. Do ponto de vista da sustentabilidade em suas diferentes dimensões, esse é um “luxo” que a sociedade não pode se permitir.

Em que pesem as dificuldades na obtenção de dados e as possíveis subestimações e/ou superestimações dos valores envolvidos, o trabalho contribui para as pesquisas existentes à medida que aplica a metodologia para uma das cidades que foi pioneira na adoção de programas de reciclagem no Brasil. Futuros trabalhos poderão abordar também outras questões que, por um motivo ou outro, escaparam do escopo deste trabalho, como a reciclagem do lixo não doméstico ou mesmo a aplicação da metodologia para outros municípios, com variáveis de diferentes magnitudes.

Além disso, aprimorando-se o cálculo dos benefícios possíveis com base em dados da própria realidade de Porto Alegre, seria possível uma melhor orientação das políticas públicas no município.

Disso infere-se que um aumento dos resíduos destinados à reciclagem poderia gerar maiores benefícios para Porto Alegre, possibilitando a preservação do meio ambiente, a redução das quantidades extraídas de matéria-prima, a expansão do mercado de reciclados e ganhos econômicos, bem como a geração de renda para famílias que dependem desse trabalho.

Referências

AQUINO, I. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Biguaçu**. Florianópolis: UFSC, 2003.

CHAVES, I. R.; SOUZA, O. T. A gestão dos resíduos sólidos no Rio Grande do Sul: uma estimação dos benefícios econômicos, sociais e ambientais. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 34, n. esp., p. 683-714, 2013.

CHERMONT, L.; MOTTA, R. S. da. **Aspectos econômicos da gestão integrada de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: DIPES/IPEA, 1996. (Texto para discussão, 416).

CHUNG, S.-S.; POON, C.-S. The attitudes of Guangzhou citizens on waste reduction and environmental issues. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 35-39, 1999. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 25 maio 2011.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (Cempre). **Pesquisa Ciclosoft 2008**. 2008. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ciclosoft_2008.php>. Acesso em: 11 jan. 2012.

DALY, H. E. **A economia ecológica e o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1991. (Textos para debate, n. 34).

DEACON, R.; NORMAN, C. S. **Is the Environmental Kuznets Curve an empirical regularity?** Santa Barbara: University of California, 2004.

DEMAJOROVIC, J. **Sociedade de risco e responsabilidade socioambiental: perspectivas para a educação corporativa**. São Paulo: Senac, 2003.

DENARDIN, V. F.; SULZBACH, M. T. Capital natural na perspectiva da economia. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 1., 2002, Indaiatuba. [Anais...]. São Paulo: ANPPAS, 2002. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro1/gt/recursos_hidricos/Valdir%20Frigo%20Denardin.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA (Porto Alegre) (DMLU). **Quantitativo de resíduos destinados às unidades gerenciadas pela divisão de destino final 1994 a 2014**. [2014]. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmlu/usu_doc/001indicadores_de_massa_-_dmlu.pdf>. Acesso em: 15 maio 2014.

DIAS, F. P. **A incineração de resíduos sólidos: análise custo-benefício do incinerador de resíduos sólidos do P-Sul – DF**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

FONSECA, L. N.; RIBEIRO, E. P. Preservação ambiental e crescimento econômico no Brasil. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL – ANPEC SUL, 8., 2005, Porto Alegre. [Anais...]. Porto Alegre: ANPEC, 2005. Disponível em: <<http://www.ppge.ufrgs.br/anpecsul2005/artigos/area3-05.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

GONÇALVES, P. **A reciclagem integradora dos aspectos ambientais sociais e econômicos**. Rio de Janeiro: DP&A; FASE, 2006.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Economic Growth and the Environment. **The Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, MA, v. 110, n. 2, p. 353-377, 1995.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement**. Cambridge, MA: NBER, 1991. (National Bureau of Economic Research Working Paper, 3914).

INSTITUTO DE PESQUISAS APLICADAS (IPEA). **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=8858&Itemid=7>. Acesso em: 2 set. 2011.

LUCENA, A. F. P. de. **Estimativa de uma Curva de Kuznets Ambiental Aplicada ao Uso de Energia e Suas Implicações para as Emissões de Carbono no Brasil**. 2005. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/aflucena.pdf>>. Acesso em 14 abr. 2015.

MATTOS, Katty M. C.; MATTOS, Karen M. C.; MATTOS, A. Valoração econômica do meio ambiente dentro do contexto do desenvolvimento sustentável. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 109-121, 2005.

MOTTA, R. S. da. **Economia ambiental**. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

NOGUEIRA JUNIOR, J. M. **Políticas de Gestão de Resíduos Sólidos: análise teórica e da viabilidade econômica dos três erros**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (Brasil) (SNIS). **Diagnóstico de manejo de resíduos sólidos 2009**. Brasília, DF: Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011. Disponível em: <www.snis.gov.br>. Acesso em: 21 abr. 2015.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (Brasil) (SNIS). **Diagnóstico de manejo de resíduos sólidos 2012**. Brasília, DF: Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2014. Disponível em: <www.snis.gov.br>. Acesso em: 21 abr. 2015.

TEXEIRA, R. F. A. P.; BERTELLA, M. A. Curva de Kuznets Ambiental para o Estado de Mato Grosso: Modelagem Espacial. In: ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA – ANPEC SUL, 13., 2010, Porto Alegre. [Anais...]. Porto Alegre: ANPEC, 2010. 1 CD-ROM.

