

Retorno financeiro para o poder público advindo do aumento da separação de materiais recicláveis domésticos

Autores: Bruno Martinez Francisconi, Marco Antônio Ferreira, Ana Carolina Ferreira Figueiredo

Resumo: Para que os materiais recicláveis não sejam destinados ao aterro sanitário junto com os demais resíduos, tem-se como alternativa a sua separação pelo processo da Coleta Seletiva. Este processo inicia-se na fonte geradora e necessita conscientização e participação da população. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo analisar os impactos benéficos do aumento da separação de materiais recicláveis domésticos para a coleta seletiva do município de Londrina – PR, utilizando a comparação de 2 cenários, o primeiro para que a coleta seletiva não sofra alterações, ou seja, mantendo a taxa de recuperação de 8,22% de materiais recicláveis domésticos. Já o segundo cenário, para que a coleta seletiva aumente sua efetividade de 8,22% até conseguir recuperar 31,9% de materiais recicláveis. Observou-se que caso o cenário 2 venha acontecer, o município de Londrina irá reduzir notoriamente os gastos com o aterro sanitário e diminuirá a área do mesmo, gerando menos impactos negativos ao meio ambiente. Deste modo fica explícito a vantagem do aumento da taxa de recuperação de materiais recicláveis pela coleta seletiva no município de Londrina – PR.

Palavras chave: Coleta Seletiva, Reciclagem, Londrina.

Financial return to the government from increased separation of household recyclables

Abstract: In order to avoid recyclable materials to be destined to the landfill together with other residues, there is an alternative which is to separate them by the Selective Waste Collection process. This process starts at the residues generation source and needs awareness and participation of the population. In this context, the present work aims to analyze the beneficial impacts of increased separation of domestic recyclable materials for selective waste collection in the city of Londrina - PR, using the comparison of 2 scenarios, the first one, where selective collection does not change, which means, maintaining the 8.22% recovery rate of household recyclables. The second scenario, which selective collection is to increase its effectiveness of 8.22% until it can recover 31.9% of recyclable materials. It was observed that if scenario 2 happens, the municipality of Londrina will notoriously reduce expenditures with the landfill and reduce its area, generating less negative impacts on the environment. Thus, the advantage of increasing the recovery rate of recyclable materials by selective collection in the city of Londrina - PR is explicit.

Key-words: Selective Collect, Recycling, Londrina.

1. INTRODUÇÃO

Na busca da sustentabilidade e na ânsia de reduzir a degradação ambiental, é essencial o compromisso entre a sociedade e setores encarregados de produção e consumo de materiais recicláveis (ASSIS, CHAVES, 2013). Uma mudança de atitude é urgente e necessária, para se reutilizar o máximo e recuperar a matéria-prima utilizada nas embalagens descartadas para a coleta convencional de resíduos sólidos domiciliares (HISATUGO, MARÇAL JÚNIOR, 2007).

Quando não ocorre a separação de materiais recicláveis na fonte consumidora, estes acabam por ser dispostos em aterros sanitários, ocasionando maior custo ao poder público, pois estes

resíduos acabam por ocupar espaços no aterro sanitário, diminuindo a vida útil do mesmo, sendo que estes resíduos podem ter outras formas de destinação final, como reutilização e reciclagem (PEREIRA, MAIA, 2012). Outra problemática da disposição de materiais recicláveis em aterros sanitários, é a perda de possibilidade de renda para os colaboradores de associações de materiais recicláveis, um grupo de pessoas que possuem grande vulnerabilidade econômica.

Cabe, ao poder público, no exercício do planejamento municipal, considerar, a temática de resíduos sólidos, um instrumento de desenvolvimento político e de sustentabilidade econômica e ambiental (BORTOLI, 2009).

A Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, tem como dentre seus diversos objetivos, a reciclagem. Temática está que será abordada neste artigo, utilizando técnicas de planejamento para se poder construir cenários de comparação onde será possível determinar a rentabilidade de incentivar a separação dos resíduos recicláveis domiciliares na fonte consumidora.

Para tanto esse trabalho apresenta como objetivo: analisar os impactos benéficos do aumento da separação de materiais recicláveis domésticos para a coleta seletiva para o município de Londrina – PR, através da análise de 2 cenários de comparação, tendo variáveis como custeio e área necessária para a construção de aterro sanitário com vida útil de 20 anos, projeção populacional urbana e acréscimo gradativo de resíduos coletados na coleta seletiva.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Resíduos Sólidos

Nos últimos anos, o crescimento populacional aliado com uma maior demanda de consumo de produtos tem contribuído consideravelmente para o aumento da quantidade gerada de resíduos sólidos urbanos. De acordo com o mais recente Panorama do Resíduos Sólidos no Brasil, realizado pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (ABRELPE, 2017), o Brasil produz diariamente cerca de 214.868 toneladas de resíduos, o que equivale a 78,4 milhões de toneladas geradas no ano.

De acordo com a norma brasileira NBR 10.004, de 1987 – Resíduos Sólidos – classificação, resíduos sólidos podem ser definidos como:

“aqueles resíduos nos estados sólidos e semi-sólido, que resultam atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.”

Os resíduos podem ser classificados de acordo com diferentes critérios. Quanto a origem dos resíduos sólidos urbanos, englobam aqueles produzidos pelas diversas atividades desenvolvidas em áreas com aglomerações humanas do município, compreendendo resíduos

de origem doméstica, comercial, de estabelecimentos de saúde, industriais, da limpeza pública (varrição, capina, poda e outros), da construção civil e os agrícolas (CASTILHOS JUNIOR, 2003). Outro fator de relevância é a natureza do resíduo, segundo a qual os resíduos sólidos podem ser divididos em orgânicos, inorgânicos, combustíveis, não combustíveis, putrescíveis e não putrescíveis (DAVIS; MASTEN, 2016). A classificação dos resíduos é de suma importância na seleção dos métodos adequados de coleta, tratamento, reciclagem e descarte.

A composição dos resíduos sólidos de origem doméstica é bastante variada, abrangendo desde restos de alimentos, papéis, plásticos, metais e vidro até componentes considerados perigosos por serem prejudiciais ao meio ambiente e a saúde pública. (CASTILHOS JÚNIOR, 2003).

De maneira geral, a composição e quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados por habitante variam conforme o desenvolvimento dos países. Quanto maior o desenvolvimento de uma cidade ou população, maior é quantidade de resíduo gerado devido ao maior poder aquisitivo da população (CEMPRE, 2000). Por exemplo, a massa total de resíduos é menor em regiões habitadas por populações de baixa renda, enquanto a porcentagem de restos de alimentos é maior. Por outro, em locais onde residem populações de maior renda, a presença de embalagens e resíduos não industrializados diminui (DAVIS; MASTEN, 2016).

Dentre os vários resíduos gerados, os resíduos de origem domiciliar ou aqueles com características similares, como os comerciais, e os resíduos da limpeza pública, são normalmente encaminhados para a disposição em aterros sanitários sob responsabilidade do poder público municipal.

2.2. Aterro Sanitário

Os resíduos sólidos urbanos são dispostos no solo na forma de aterro sanitário, aterro controlado e lixões. O aterro sanitário, é a maneira mais adequada para disposição final de resíduos sólidos no solo, pois é construído fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, que permite um confinamento seguro em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública (CEMPRE, 2000). De acordo com dados da ABRELPE, 2017, 42.267.365 toneladas de resíduos sólidos foram dispostas de maneira adequada em aterros sanitários no ano de 2017, o que corresponde a um índice de 59,1%.

O projeto, a construção e a operação de um aterro sanitário recebem recursos financeiros, para assegurar que as obras e operação de um aterro sanitário estejam de acordo com a legislação em vigor dia (DAVIS; MASTEN, 2016). A capacitação das equipes de profissionais envolvidos das equipes de profissionais envolvidos assim como a efetiva incorporação da atividade pelo órgão gestor e pela comunidade, asseguram a manutenção adequada do padrão de operação (CASTILHOS JÚNIOR, 2003).

Os volumes de resíduos sólidos em aterro sanitário devem ser os menores possíveis, e os mesmos passam por um processo de compactação e cobertura ao final do dia (DAVIS; MASTEN, 2016). A redução na fonte, o reuso, a reciclagem e a compostagem são práticas que impedem que grandes quantidades de resíduos sólidos sejam dispostas em aterro sanitário.

2.3. Gestão Municipal de Resíduos Sólidos

As diretrizes das estratégias de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos buscam atender aos objetivos do conceito de prevenção da poluição, evitando-se ou reduzindo a geração de resíduos e poluentes prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública (CASTILHOS JÚNIOR, 2003). O gerenciamento integrado dos resíduos municipais é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeira e de planejamento que uma administração municipal desenvolve (levando em consideração critérios sanitários, ambientais e econômicos), para coletar, segregar, tratar e dispor os resíduos do município (CEMPRE, 2000).

A primeira etapa na gestão de resíduos sólidos está na sua geração, uma vez que o material deixa de ser útil para o seu proprietário. Após a geração, os resíduos precisam ser segregados com base em suas características o que poderá permitir a valorização dos resíduos e maior eficiência das etapas subsequentes de gerenciamento por evitar a contaminação de materiais reaproveitáveis devido a mistura de resíduos (CASTILHOS JUNIOR, 2003).

A coleta inclui o recolhimento dos resíduos e o transporte deste por caminhões projetados para este fim. A coleta de material reciclável também faz parte desta etapa. A coleta e transporte representam a maior parte dos custos relacionados à gestão dos resíduos sólidos urbanos (DAVIS; MASTEN, 2016).

Após a coleta, os resíduos são transferidos para uma unidade central de armazenagem ou processamento. Alguns resíduos separados têm valor comercial significativo, fazendo com que estes materiais percam as condições de resíduos, e passam ser considerados recicláveis. As últimas etapas envolvem o transporte e disposição final dos resíduos, a qual conforme já comentados, é preferencialmente em aterros sanitários.

2.4. Reciclagem

A reciclagem é o resultado de uma série de atividades, pela qual materiais que seriam dispostos em aterros sanitários, são coletados, separados e processados para serem utilizados como matéria-prima, na manufatura de novos produtos (CEMPRE, 2000).

De acordo com Davis e Masten, 2016, há três tipos de reciclagem: reciclagem primária, secundária e terciária. A reciclagem primária, utiliza os materiais considerados recicláveis na produção de produtos idênticos ou semelhantes, como por exemplo garrafas de vidro e latas de alumínio. A reciclagem secundária consiste no uso de materiais reciclados para produzir produtos novos, com características diferentes do produto original. Por fim, a reciclagem terciária, recupera os compostos químicos, ou a energia, contidos em materiais descartados após o consumo (DAVIS; MASTEN, 2016).

Entre os benefícios da reciclagem incluem-se: a redução da quantidade de resíduo a ser aterrada; a preservação de recursos naturais; economia de energia; redução de impactos ambientais; novos negócios e a geração de empregos diretos e indiretos (CEMPRE, 2010).

Vários tipos de materiais são recicláveis, tais como o vidro, metais (Al, Fe, Cu, entre outros), além de papéis e plásticos. A análise do mercado de recicláveis da região em que se insere o município, ditará quais os produtos que poderão ser reciclados industrialmente (CEMPRE, 2000).

2.5. Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305

Em 02 de agosto de 2010 foi sancionada a Lei nº 12.305 que cria a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil. A PNRS estabelece diretrizes de como deve ser o tratamento adequados dos resíduos sólidos, devendo seguir a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Esta lei trouxe como inovação a responsabilidade compartilhada dos resíduos sólidos, impondo a responsabilidade aos seus geradores, distribuidores, consumidores e ao poder público para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida do produto.

Dentro os aspectos relacionados a reciclagem, esta Lei apresenta como um de seus objetivos o incentivo à indústria da reciclagem visando fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados. Além disso, a prioridade nas aquisições e contratações governamentais para a produção de reciclados e recicláveis; e a integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que englobam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010).

3. METODOLOGIA

3.1. Projeção Populacional

O crescimento populacional influencia diretamente a produção dos resíduos sólidos, de forma que um aumento desordenado afeta todo planejamento estabelecido.

Com intuito de efetuar uma análise confiável e fiel à realidade do município de Londrina, foram aplicados diversos métodos para o estudo do crescimento populacional. Neste estudo os métodos utilizados são: do Crescimento, o método Aritmético, o método da Previsão e o método Geométrico. Foram utilizados os levantamentos dos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Com base nos dados do IBGE, realizou-se o estudo da evolução da população total do município de Londrina por meio dos métodos citados. Os valores da Tabela 1 apresentam os dados referentes à população total do Município, dos anos de 1970 até 2010.

Situação do Domicílio	Ano				
	1970	1980	1990	2000	2010
Total	228.101	301.696	390.100	447.065	506.701
Urbana	163.353	266.931	366.676	433.369	493.520
Rural	64.748	34.765	23.424	13.696	13.181

Fonte: IBGE, 2010.

Tabela 1 - Censos Populacionais do município de Londrina

A fim de definir qual dos métodos matemáticos mais se adequa a realidade do Município, pôde-se obter linhas de tendência para os dados do IBGE, através do Software EXCEL, utilizando-se 4 tipos diferentes de curvas: logarítmica, linear, polinomial e exponencial. A evolução da população e a taxa de crescimento (%) ano a ano, obtidos através do ajuste dos dados do IBGE, são determinadas a partir da curva que melhor se ajusta aos dados do IBGE.

Para o estudo populacional de Londrina, a linha de tendência que melhor se ajustou aos dados do IBGE foi a polinomial, que apresentou um R^2 no valor de 0,99998 que resultou na equação:

$$y = -73,93764232x^2 + 302540,08943021x - 308896401,95989500$$

Onde y é a população em um determinado tempo t e x é o ano no mesmo tempo t. Após definidas as taxas de crescimento da linha de tendência compara-se os valores com os valores obtidos por cada método de crescimento (Aritmético, Geométrico, Previsão e Crescimento). Dessa forma, foi indicado como o mais aplicável ao comportamento da população do Município, o método Aritmético utilizando apenas os censos de 1990 e 2010 do IBGE. Este método retratou melhor a evolução da população e permitiu estimar a população futura, que resultou na equação:

$$y = 366.676 + \left(\frac{493.520 - 366.676}{2010 - 1991} \right) * (ano\ desejado - 1991)$$

Este método indicou uma taxa média de crescimento de 1,13% ao ano e apresentou a população urbana para os próximos 20 anos, conforme Tabela 2.

Projeção populacional urbana de Londrina	
Ano	População
2020	560.280
2021	566.956
2022	573.632
2023	580.308
2024	586.984
2025	593.660
2026	600.336
2027	607.012
2028	613.688
2029	620.364
2030	627.040
2031	633.716
2032	640.392
2033	647.068
2034	653.744
2035	660.420
2036	667.096
2037	673.772
2038	680.448
2039	687.124
2040	693.800

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Tabela 2 - Estimativa populacional urbana do Município de Londrina.

3.2. Dimensionamento de Aterro Sanitário

O tipo de aterramento sanitário utilizado, para a base de cálculo, foi o realizado em trincheiras, pois, determinando uma altura para as trincheiras, podemos mensurar a área que seria utilizada para aterrar determinado volume de resíduos, considerando o peso específico

característico de resíduos domiciliares, o grau de compactação desses e o volume do material de recobrimento.

Sendo assim, de acordo com a metodologia da ABES, adotou-se para efeito de cálculo os seguintes valores:

- Peso específico dos resíduos domiciliares sem compactação (PE.): 0,275 ton/m³;
- Grau de compactação (GP): 3 (1:3);
- Volume de recobrimento (VC.): 20% do volume de resíduos compactados;
- Altura da trincheira a ser utilizada no empreendimento (p): 4 m.

Para o dimensionamento do aterro sanitário, primeiramente calcula-se o volume total (VT) de resíduos em metros cúbicos, dividindo o valor da soma total de resíduos projetados em final de plano, pelo seu valor específico vezes o grau de compactação, conforme a fórmula a seguir:

$$VT(m^3) = \frac{VP(ton)}{PE \left(\frac{m^3}{ton} \right) \times GP}$$

O volume do material de recobrimento é estimado através do volume total calculado em metros cúbicos. Estima-se, segundo metodologia utilizada, que esse volume chega a 20% do valor total de resíduos a ser recoberto durante o período. Sendo assim, esse percentual é somado ao resultado obtido através da fórmula supracitada, chegando ao valor do volume total de resíduos adensados em final de plano, mais o material de recobrimento.

Ao obter o volume total de material que irá preencher as trincheiras foi necessário estimar a área (A) necessária para atender a demanda em hectares, para isso, a profundidade da trincheira (p) utilizada no presente cálculo foi de 4 m de altura. Assim, a fórmula utilizada para calcular a área total das trincheiras foi a seguinte:

$$A (ha) = \left(\frac{VT(m^3)}{p (m)} \right) \times 10.000$$

Assim, calcula-se a área estimada para as trincheiras, além das áreas utilizadas para o aterramento dos resíduos se faz necessária, área destinada para operação do aterro, como área administrativa, balança, vias e rampas de acesso. Para isso estimou-se uma área que compreende 30% do valor necessário para as trincheiras, valor esse somado para a estimativa final de área do aterro.

Já para estimar a geração de chorume percolado e a área para lagoas de tratamento utilizou-se o método suíço para determinar a vazão de chorume percolado no aterro, sua fórmula é dada por:

$$Q = (P.S.K)/t$$

Onde:

Q = Vazão de chorume (l/s);

P = Chuva média (mm/ano). Foi considerado um valor de 1.429 mm/ano, conforme o *Climate-Data*;

S = Área do aterro (m²);

K = Coeficiente de compactação (0,33, conforme projeção da área para o aterro);

t = Número de segundos contidos em 1 ano.

Para o cálculo do volume requerido da lagoa, é utilizada a seguinte fórmula:

$$L = Q \times conc$$

Q: Vazão

Concentração: 190 Kg/m³

Para conhecer o volume de lixiviado gerado no aterro, é utilizada a seguinte fórmula:

$$V = \frac{L}{LV}$$

V: Volume requerido para a lagoa;

L: Carga de DBO

LV: Taxa de aplicação volumétrica – 0,35 kg DBO/m³.d;

Para o cálculo da área da lagoa, é utilizada seguinte fórmula:

$$Am = \frac{V}{h}$$

Am: Área média

V: Volume da lagoa para 10 dias de tempo de detenção hidráulico

h: profundidade da lagoa (utilizado 5 metros)

3.3. Valores Sinapi – PR Para Construção de Aterro Sanitário

O SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil, foi desenvolvido pela Caixa Econômica Federal, com a finalidade de padronizar o orçamento de obras estruturais, informando os índices da construção civil por estado e atualizada 1 vez por mês.

Para se determinar o custo da construção de um aterro sanitário para 20 anos de planejamento, será necessário utilizar diversos itens presentes no SINAPI – PR, de maio de 2019, não desonerado, conforme a tabela abaixo:

Componentes	Código SINAPI / Referência	Custo/unidade de medida
Remoção de solo para lagoas de tratamento de chorume	90090	R\$ 6,47 por m ³
Geomembrana para as lagoas de tratamento (7.883 m ²)	74033/001	R\$ 44,35 por m ²
Remoção de solo para trincheiras de deposição de resíduos sólidos	90090	R\$ 6,47 por m ³
Geomembrana para trincheiras de deposição dos resíduos sólidos	74033/001	R\$ 44,35 por m ²
Balança rodoviária*	Pesquisa de Mercado	R\$ 19.000,00 por unidade
Alambrados	74244/001	R\$ 96,49 por m
Poste energia elétrica	83475 e 73783/011	R\$ 357,59 por Luminária e R\$ 2023,29 por
Poços de monitoramento	89509	R\$ 16,91 por m
Terreno	Pesquisa de Mercado	R\$ 5,35 por m ²

Fonte: SINAPI, 2019.

Tabela 3 - Referências financeiras para custeio de aterro sanitário

3.4. Cenários de Comparação

Segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento Básico (SNIS, 2017), a geração per capita de resíduos sólidos domiciliares pela população atendida com coleta

convencional para o município de Londrina, sendo composta quase que na totalidade pela população urbana, é de 0,7 kg/hab.dia. Ainda de acordo com o SNIS (2017), o município de Londrina coleta 8,22% na coleta seletiva do total de resíduos sólidos domiciliares coletados.

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2011), a composição gravimétrica a nível nacional dos resíduos sólidos domiciliares é composta por 31,9% de resíduos recicláveis, 51,4% de resíduos orgânicos e 16,7% de rejeitos.

A partir deste panorama nacional, foi possível estabelecer 2 cenários de planejamento para a construção de um aterro sanitário com vida útil de 20 anos, sendo desconsiderado a população rural neste estudo.

O Cenário 1, caracterizado como um cenário atual, calculou-se os volumes considerando a existência de triagem dos resíduos recicláveis de 8,22%, durante 20 anos, mantendo-se constante até 2040 e o aterramento dos orgânicos e rejeitos.

No Cenário 2, caracterizado como um cenário ideal, calculou-se os volumes considerando a existência de triagem dos resíduos recicláveis de 8,22%, durante 20 anos, crescendo gradativamente até 31,9% em 2040 e o aterramento dos orgânicos e rejeitos.

Utilizando os dados do SNIS (2017), podemos representar a quantidade de resíduos que serão enviados para o aterro sanitário, durante todo o período de planejamento (2020 – 2040), conforme a Tabela 4.

Ano	Projeção Populacional	Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares			Cenário 1	Cenário 2
		kg/dia	ton/dia	ton/ano	Encaminhado para o aterro (ton/ano)	Encaminhado para o aterro(ton/ano)
2020	560.280	392.196,00	392,20	143151,54	131.384,48	131.384,48
2021	566.956	396.869,20	396,87	144857,26	132.949,99	131.234,88
2022	573.632	401.542,40	401,54	146562,98	134.515,50	131.044,89
2023	580.308	406.215,60	406,22	148268,69	136.081,01	130.814,50
2024	586.984	410.888,80	410,89	149974,41	137.646,52	130.543,73
2025	593.660	415.562,00	415,56	151680,13	139.212,02	130.232,56
2026	600.336	420.235,20	420,24	153385,85	140.777,53	129.881,00
2027	607.012	424.908,40	424,91	155091,57	142.343,04	129.489,05
2028	613.688	429.581,60	429,58	156797,28	143.908,55	129.056,71
2029	620.364	434.254,80	434,25	158503,00	145.474,06	128.583,98
2030	627.040	438.928,00	438,93	160208,72	147.039,56	128.070,85
2031	633.716	443.601,20	443,60	161914,44	148.605,07	127.517,33
2032	640.392	448.274,40	448,27	163620,16	150.170,58	126.923,43
2033	647.068	452.947,60	452,95	165325,87	151.736,09	126.289,13
2034	653.744	457.620,80	457,62	167031,59	153.301,60	125.614,44
2035	660.420	462.294,00	462,29	168737,31	154.867,10	124.899,36
2036	667.096	466.967,20	466,97	170443,03	156.432,61	124.143,88
2037	673.772	471.640,40	471,64	172148,75	157.998,12	123.348,02
2038	680.448	476.313,60	476,31	173854,46	159.563,63	122.511,76
2039	687.124	480.986,80	480,99	175560,18	161.129,14	121.635,12
2040	693.800	485.660,00	485,66	177265,90	162.694,64	120.718,08

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Tabela 4 - Geração de resíduos sólidos domiciliares por cenário

Utilizando a metodologia da ABES para dimensionamento de aterro sanitário, os valores do SNIPAI-PR e as variáveis estipuladas para os Cenários 1 e 2 podemos quantificar os custos e a área necessária de construção de um aterro sanitário com tempo de vida útil de 20 anos para ambos os cenários, conforme a Tabela 5.

Cenário 1		
Item	Custo	Código / Referência
Remoção de solo para lagoas de tratamento de chorume (629.987,88 m ³)	R\$ 4.076.021,58	COD: 90090 - R\$ 6,47 por m ³
Geomembrana para as lagoas de tratamento (157.496,97 m ²)	R\$ 6.984.990,62	COD: 74033/001 - R\$ 44,35 por m ²
Remoção de solo para trincheiras de deposição de resíduos sólidos (4.491.390,29 m ³)	R\$ 29.059.295,18	COD: 90090 - R\$ 6,47 por m ³
Geomembrana para trincheiras de deposição dos resíduos sólidos (1.122.847,57 m ²)	R\$ 49.798.289,84	COD: 74033/001 - R\$ 44,35 por m ²
Balança rodoviária (1 unidade)	R\$ 19.000,00	Referência: R\$ 19.000,00 por unidade
Alambrados (4.832,56 m)	R\$ 588.074,23	COD: 74244/001 - R\$ 121,69 por m
Poste energia elétrica (4 unidades)	R\$ 9.523,92	COD: 83475 - R\$ 357,69 - COD: 73783/011 - R\$ 2.023,29
Poços de monitoramento (4 poços)	R\$ 1.627,20	COD: 89509 - R\$ 20,34 m
Terreno (1.459.600 m ²)	R\$ 7.808.860,00	Referência: R\$ 5,35 por m ²
Total	R\$	98.345.682,57
Cenário 2		
Item	Custo	Código / Referência
Remoção de solo para lagoas de tratamento de chorume (518.780,36 m ³)	R\$ 3.356.508,93	COD: 90090 - R\$ 6,47 por m ³
Geomembrana para as lagoas de tratamento (129.695,09 m ²)	R\$ 5.751.977,24	COD: 74033/001 - R\$ 44,35 por m ²
Remoção de solo para trincheiras de deposição de resíduos sólidos (3.698.258,46 m ³)	R\$ 23.927.732,24	COD: 90090 - R\$ 6,47 por m ³
Geomembrana para trincheiras de deposição dos resíduos sólidos (924.564,62 m ²)	R\$ 41.004.440,68	COD: 74033/001 - R\$ 44,35 por m ²
Balança rodoviária (1 unidade)	R\$ 19.000,00	Referência: R\$ 19.000,00 por unidade
Alambrados (4.385,43 m)	R\$ 533.662,98	COD: 74244/001 - R\$ 121,69 por m
Poste energia elétrica (4 unidades)	R\$ 9.523,92	COD: 83475 - R\$ 357,69 - COD: 73783/011 - R\$ 2.023,29
Poços de monitoramento (4 poços)	R\$ 1.501,60	COD: 89509 - R\$ 20,34 m
Terreno (1.202.000 m ²)	R\$ 8.414.000,00	Referência: R\$ 5,35 por m ²
Total	R\$	83.018.347,58

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Tabela 5 - Valor e área de aterro sanitário por cenário

4. DISCUSSÃO E RESULTADO

Na Tabela 6, podemos verificar os comparativos financeiros e de área de ambos dos Cenários 1 e 2:

Análise de área para aterro sanitário		Análise de custo para aterro sanitário	
Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
Área (m ²)	Área(m ²)	Custo	Custo
145.960,00	120.200,00	R\$ 98.345.682,57	R\$ 83.018.347,58
Redução de área		Economia	
m ²	%	R\$	%
25.760,00	18	R\$ 15.327.334,99	16

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Tabela 6 - Comparativo entre os cenários

Como pode ser observado no comparativo entre os cenários, caso a prefeitura municipal de Londrina consiga aplicar o planejado no Cenário 2, gerará uma economia de R\$ 15.327.334,99 e uma redução de 25.760 m² de área para o aterro sanitário.

A redução de área é ocasionada pelo fato de o aterro sanitário receber menos resíduos ao longo de 20 anos, ocasionando em menos valas ou valas menores no aterro sanitário, diminuindo assim a área total do aterro sanitário e reduzindo um futuro passível ambiental, pois será uma área menor a ser recuperada por um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas.

Já a redução do custo do aterro sanitário, se dá pelo mesmo fato da redução de área, pois menos valas ou valas menores precisarão de menos terra a serem escavadas e menos geomembranas para sua impermeabilização. Ainda dentro do panorama financeiro, os materiais recicláveis que deixarão de ser encaminhados ao aterro sanitário, serão vendidos pelas associações de catadores, gerando renda e trabalho digno para seus colaboradores.

5. CONCLUSÃO

Caso o município de Londrina consiga reciclar 31,9% dos resíduos domiciliares, em 20 anos, poderá realizar uma economia de até R\$ 15.327.334,99; diminuindo 25.760 m² de área a ser poluída com aterramento de resíduos domiciliares e aumentando a quantidade de resíduos recicláveis a serem comercializados pelas associações de catadores de materiais recicláveis, alcançando assim o tripé da sustentabilidade: social, ambiental e econômico. Visto isso, cabe ao poder público inserir esta variável em seu planejamento futuro, com ações incisivas de educação ambiental voltada para a temática de resíduos sólidos, para que o município de Londrina consiga se tornar um município mais ambientalmente sustentável.

Para trabalhos futuros, sugere-se a inserção de mais um cenário comparativo, abordando a coleta diferenciada de resíduos orgânicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assis, A. R. S. de.; Chaves, M. R. A degradação ambiental e a sustentabilidade. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 01, n. 02, p. 58-74, 2013.

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). **Aterro Sanitário** Disponível em < <http://abes-dn.org.br/?s=aterro+saNit%C3%A1rio/>>. Acessado em 11 de junho de 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos sólidos: classificação. ABNT, 2004.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2017.

Bortoli, M. A. Catadores de materiais recicláveis: a construção de novos sujeitos políticos. **Revista Katálysis Florianópolis**, v. 12, n. 1, p. 105-114, jan./jun. 2009.

Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

Castilhos Júnior, A. B. de. (coordenador). **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.

Climate-Date. **Clima Londrina**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/londrina-4183/>>. Acessado em 11 de junho de 2019.

Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). **Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado**. 2ª edição. São Paulo: CEMPRE, 2000.

Davis, M. L.; Masten, S. J. **Princípios de Engenharia Ambiental**. 3ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2016.

Hisatugo, E.; Júnior, O. M. Coleta Seletiva e Reciclagem como Instrumentos para Conservação Ambiental: um Estudo de Caso em Uberlândia, MG. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 02, p. 205-216, 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censos Populacionais**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/202#resultado>>. Acessado em: 11 de junho de 2019.

Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). **Índices de construção civil**. Disponível em: <www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acessado em: 11 de junho de 2019.