



## Estimativa referente ao tempo de vida útil na ampliação de um aterro sanitário

Larissa Maria de Oliveira Leite Vieira<sup>1</sup>  
Frederico Guilherme de Souza Beghelli<sup>2</sup>

### *Resumo*

Angatuba é uma está localizada na região Sul do Estado de São Paulo, o município possui 1.027,288 Km<sup>2</sup> tendo a agropecuária como principal atividade econômica. O município conta com um aterro controlado localizado no bairro do Aterrado. A lei federal 12305/2010 havia estabelecido o fim dos lixões até 2014. Todavia, não houve cumprimento do prazo que foi reestabelecido e ponderado conforme o porte do município com nova lei federal, conhecida como Marco Regulatório do Saneamento, a lei 14 026/2020. De acordo com o IPEA (2012) apenas 13% dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros vão para a reciclagem. Neste trabalho foi feito um diagnóstico com base nos resíduos sólidos produzidos no município de Angatuba-SP para estimar-se o tempo de vida do aterro recentemente licenciado para disposição dos RSU. A estimativa foi realizada com base em medidas de peso específico e produção de resíduos calculadas com base na pesagem de três caminhões de coleta urbana. Como subsídio para planejamento de ações foi realizada análise gravimétrica dos resíduos no aterro. Conforme os resultados trabalhados e visitas ao aterro, pode-se observar que a maior parte dos resíduos encontrados eram de origem orgânica, seguidos por rejeitos, quantidades e tipologias influenciadas positivamente pela triagem preliminar da associação de reciclagem. Dentro do espectro perceptível, observou-se duas amostras com grande quantidade de tecidos. A quantidade de materiais recicláveis foi significativamente baixa no aterro, indicando eficiência municipal na destinação dos recicláveis. Dentro desse cenário notou-se a possibilidade de implementar uma usina de compostagem no município, o que traria benefícios, assim como divulgar os tipos de resíduos aceitos pela associação visando intensificar as ações de educação ambiental para a população.

**Palavras-chave:** Aterro-controlado, Compostagem, Resíduos-sólidos, Gravimetria.



## INTRODUÇÃO

A produção média mundial de resíduos sólidos urbanos é de 2,01 bilhões de toneladas por ano, variando de 0,11 a 4,54 quilogramas *per capita* por dia. Estudo do Banco Mundial estima que a geração de resíduos atinja 2,59 bilhões de toneladas até 2030 e 3,40 bilhões de toneladas em 2050 (WORLD BANK, 2018).

No Brasil a geração de resíduos média *per capita* é de 1,04 por dia (WORLD BANK, 2018). Os dados indicam tendência ao aumento da produção de resíduos: de 2010 para 2019 a geração per capita subiu de 348 kg para 379 kg/ano com projeção de aumento de 50% até 2050 segundo dados da ABRELPE (2020). Some-se a isso os baixos índices de reciclagem, compostagem e destinação final ambientalmente adequada e ter-se-á um cenário caótico onde apesar de haver o reconhecimento nacional e internacional pela necessidade de medidas de redução da geração, reaproveitamento, reciclagem destinação adequada, pouco tem sido feito e a um ritmo bem lento.

Neste sentido, o levantamento de dados de diagnóstico como geração anua e per capita, peso específico e análise gravimétrica dos resíduos são fundamentais para se embasarem ações de gerenciamento de resíduos em quaisquer sentidos incluindo: estimativas econômicas, necessidade de espaço físico, dimensionamento de impactos sobre a rede de tratamento de esgoto e recursos hídricos, organização de sistemas para reaproveitamento e reciclagem, potencial de geração de energia elétrica ou comercialização de créditos de carbono dentre outros.

Diante do cenário atual este estudo buscará auxiliar a responder às seguintes questões referentes ao município de Angatuba, SP: qual a proporção dos resíduos destinados ao aterro está sendo descartada de forma incorreta? Qual a proporção e quantidade em massa de material poderia estar sendo destinada para compostagem ou biodigestão? Qual o tempo de vida o aterro teria se houvesse 100% de reciclagem e compostagem, comparando-se com o modelo atual?

### Realização





## METODOLOGIA

A metodologia aplicada no desenvolvimento do trabalho consiste em um diagnóstico com base nos resíduos produzidos no município de Angatuba, do período de 14 de setembro de 2020 até 31 maio de 2021, utilizando métodos de pesagem de resíduos sólidos com balança, gerando dados para gravimetria e peso específico, baseando-se no trabalho de Rezende *et al.* (2013) e Spinola; Andrade e Nascimento (2017).

Foram realizadas três visitas ao aterro sanitário municipal de Angatuba, com o fim de realizar a pesagem dos resíduos nos caminhões, realização de análise gravimétrica e cálculo do peso específico. Com base nas pesagens dos caminhões, geração *per capita* e peso específico, foi estimada a vida útil do aterro de Angatuba. Essas visitas foram realizadas nos dias 14 de setembro, 05 de novembro, ambas de 2020 e 26 de março de 2021, antes do uso do aterro atual, para o qual foi calculado o tempo de vida.

Com base nos dados obtidos através da gravimetria e do peso específico, foi calculado o tempo de vida do aterro com base em sua área, peso específico do lixo e produção anual estimada (SPINOLA; ANDRADE, 2017).

A gravimetria foi realizada com a pesagem dos resíduos de diferentes tipos de materiais que chegam ao aterro e na associação de reciclagem existente na cidade e o peso específico médio foi determinado a partir de dez pesagens de um volume de 27L de resíduos despejados no aterro pelo caminhão de coleta da prefeitura do município. As amostras foram coletadas aleatoriamente.

Na análise gravimétrica, os resíduos foram segmentados em categorias e pesadas novamente. As categorias foram segmentadas em: rejeito, isopor, metal, tecido, plástico mole, orgânico, saco de cereais e embalagem longa vida, com o peso de cada categoria a partir destes valores foi calculado o peso relativo (percentual) de cada componente em relação ao total de resíduos da amostra.

Também foi realizada uma visita à associação de reciclagem no município, afim de entender quais aspectos são considerados no município acerca da reciclagem, quais resíduos são aceitos e tratados na associação, também foi fornecido dados quantitativos

Realização





referentes a valores, esta visita foi realizada no dia 28 de janeiro de 2021.

### **Cálculo da produção de resíduo**

Os resíduos sólidos gerados são destinados ao aterro, pela coleta pública, estes sendo resíduos domiciliares e de comércio e serviços equiparáveis aos domiciliares. Os caminhões foram pesados cheios e vazios para obtenção do peso dos resíduos. Foi então calculado o peso médio com base na pesagem de dois veículos que circularam em dias diferentes (G). Este valor foi multiplicado pelo total de caminhões que circulam por semana (C) (17 caminhões por semana) e o resultado dividido por sete, para assim estimar a geração média diária com destino ao aterro (Ld).

$$G * C / 7 = Ld$$

O valor resultado médio mensal (Ldm) foi estimado multiplicando-se o valor diário (Ld) por 30,416 (A), considerando-se 365 dias de um ano distribuídos em 12 meses.

$$Ld * A / 365 = Ldm$$

Então foi calculada a geração *per capita* de resíduos destinados ao aterro (Gc) considerando-se 70% da população como urbana (ANGATUBA, 2012) e os dados mais recentes do IBGE para população (estimativa para 2020 com base no Censo 2010).

Também foi calculada a geração média de recicláveis (Coop) destinados à associação com base na média dos dados disponíveis (De janeiro até agosto, nos anos de 2020 e 2021). Somando-se Coop + Gc, obteve-se a geração total de resíduos *per capita* (Gt), calculando-se a seguir a geração de recicláveis (aterro mais associação).

### **Cálculo da ocupação do aterro**

Para cálculo da ocupação de espaço no aterro municipal, foram considerados os dados de peso específico e volume atual utilizado pelas trincheiras (método utilizado no município), bem como geração *per capita* destinada ao aterro (Gc) e população estimada para 2020.

Foi considerado o uso do aterro conforme mapa de uso da área de ampliação do aterro fornecida pela prefeitura, considerando-se a área total de 45 000 m<sup>2</sup> e a área a ser utilizada por trincheiras de 20 828,16 m<sup>2</sup>.

A geração de lixo foi ajustada por meio do cálculo para 30 anos com base em equação descritiva da curva de regressão populacional (curva exponencial) a partir de dados

Realização



das populações de 2000, 2010 e 2020 ajustados para 70% do total. Todavia, os cálculos não incluíram aumento na geração *per capita* de resíduos ou da proporção da população urbana, tratando-se de uma base mínima para estimativas.

Considerou-se o início do uso da nova área do aterro a partir de 2022.

### **Descrição da área de estudo**

Angatuba está localizada ao Sul do estado de São Paulo, fazendo divisa ao Norte com Itatinga e Bofete Leste com Guareí e parte de Itapetininga, Oeste com Paranapanema e ao sul com Buri, Campina do Monte Alegre e parte de Itapetininga (Angatuba, 2012). A população estimada do município é de 25.479 habitantes (IBGE, 2020).

O município está localizado em uma área denominada depressão periférico onde seu relevo é ondulado com pontos montanhosos (Angatuba, 2012). De acordo com o IBGE o município possui uma área de 1.027,288 km<sup>2</sup>, possui 33 bairros rurais oficiais.

Sua principal atividade econômica é a agropecuária, tendo como principal cultivo o milho, produção de leite e porte, sendo uma produção secundária de celulose e papel (Klabin) e queijos pasteurizados (Polenghi) (Angatuba, 2012).

O aterro do município está localizado no bairro do Aterrado, Bacia hidrográfica do Alto do Paranapanema, Rodovia Raposo Tavares, SP 270, km 222,8, o aterro possui uma área de 45.000 m<sup>2</sup> (Angatuba, 2012).

### **Descrição dos cálculos**

Foram feitos os cálculos de peso específico que foram utilizados dados das dez pesagens de cada dia, uma realizada no mês de setembro e outra em novembro de 2020. Para a pesagem de resíduos foi utilizada uma lixeira cônica com 38 cm de altura, 33,5 cm de diâmetro na parte superior e 25 cm no diâmetro inferior, para descobrir seu volume foi utilizada esta fórmula a seguir:

$$V = \frac{\pi \times h}{3} \cdot [R^2 + Rr + r^2]$$

O que resultou em 0,027 m<sup>3</sup> de volume. Foram coletadas, aleatoriamente, amostras do lixo despejado no aterro até que se completassem dez lixeiras (0,027 m<sup>3</sup>). Com o valor de volume medido, foi calculado o peso específico dividindo-se o peso médio das dez pesagens feitas pelo volume aferido, como mostra a fórmula a seguir:

$$PE = M:V$$

Realização



Para análise gravimétrica, foram considerados os seguintes itens: plástico mole, Rejeito, metais, tecido, isopor, saco de cereais, embalagem longa vida e orgânico. O mesmo material coletado para as dez pesagens utilizadas para determinação do peso específico, foi separado e pesado por categoria. Ao final, o peso de cada categoria foi convertido em porcentagem do total da amostra.

Com a visita na associação de reciclagem foram cedidos alguns dados em quilogramas dos materiais recebidos durante alguns meses do ano de 2020. E para uma comparação melhor esses dados foram transformados em porcentagem, dividindo o total de cada material, pelo total mensal.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos das pesagens das amostras nas visitas pode-se verificar quais materiais estão em maior quantidade, para assim estimar a vida útil do futuro aterro. Para uma melhor visualização foram distribuídos esses dados em tabelas.

A partir das pesagens, obteve-se o valor médio de 8,67 kg para cada 0,027 m<sup>3</sup>, chegando-se a um peso específico médio de 321,11 kg/m<sup>3</sup>.

Tabela 1-Amostra de pesagens dos resíduos

Amostra	1º pesagem(14/09/20)	2º pesagem(05/11/20)	3º pesagem(26/03/21)
	Peso bruto(kg)	Peso bruto(kg)	Peso bruto(kg)
1	7	2,7	60
2	5,8	3,2	7,35
3	11,3	5,4	7
4	10,2	8,6	12,45
5	5,5	6,1	7
6	3,6	7,4	4,75
7	5,8	8,6	12,55
8	7,3	7,1	6,6
9	6	7,7	8,2
10	3,5	3,6	7,8
<b>MÉDIA</b>	6,6	6,04	13,37

Fonte: Elaboração própria

Por amostragem observou-se uma diferença significativa do peso específico da

Realização





amostra de março de 2021. Os valores por amostra foram: 224,44 Kg/m<sup>3</sup>, 223,70 Kg/m<sup>3</sup> e 495,19 kg/m<sup>3</sup> referentes aos dias 14 de setembro, 05 de novembro de 2020 e 26 de março de 2021. Essa diferença pode estar relacionada às variações socioeconômicas e diferenças das atividades desenvolvidas nos bairros tendo em vista que os caminhões analisados percorreram trajetos distintos.

Tabela 2-Análise gravimétrica

Materiais	Gravimetria					
	14.set.20		05.nov.20		26.mar.21	
	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)
<b>Plástico</b>	2,1	3%	1,2	3%	7,55	10%
<b>Rejeito</b>	14,6	24%	21,2	45%	5,7	7%
<b>Metais</b>	0,5	1%	0,8	2%	0,45	1%
<b>Tecido</b>	10,5	17%	1,7	4%	4,15	5%
<b>Orgânico</b>	32,7	54%	22,2	47%	58	73%
<b>Isopor</b>	-	-	<1	<2%	0,85	1%
<b>Saco de milho e caixa longa vida</b>	-	-	<1	<2%	-	-
<b>Papel e papelão</b>	-	-	-	-	<1	<2%
<b>Borracha</b>	-	-	-	-	2,3	3%

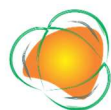
Fonte: Elaboração própria

Em relação à composição gravimétrica das amostras, a matéria orgânica foi o componente predominante no material destinado ao aterro. Quando comparados com a média nacional (50% dos RSU são matéria orgânica), os valores ora registrados são similares (World Bank, 2018). Já na terceira pesagem, houve um aumento da proporção de matéria orgânica, uma das causas pode ter sido o bairro onde foi realizada a coleta de resíduos.

Na primeira e segunda pesagem pode-se observar que a segunda categoria em peso é a de rejeitos. Todavia, deve-se considerar que a análise gravimétrica apresentada foi realizada no aterro representando somente o material que é destinado pela população para o serviço de coleta pública com destino ao aterro. A geração de recicláveis tem como destino principal a associação de reciclagem do município. Na terceira pesagem o resíduo em maior quantidade, após a matéria orgânica, foi o plástico.

A quantidade em porcentagem de materiais recicláveis varia entre 4 e 11% do total

Realização



em massa que chega ao aterro. Com os dados obtidos da gravimetria pode-se observar que não houve grandes quantidades de materiais recicláveis sendo destinados de forma incorreta. Rezende et al. (2013), realizaram diagnóstico dos resíduos gerados na cidade de Jaú. Em ambos os casos, predominaram os materiais orgânicos, rejeitos e plástico mole Rezende et.al. (2013).

Ressalte-se que em uma das pesagens houve uma quantidade significativa de tecidos, que para os cálculos foi desconsiderada, por não ser um dos materiais aceitos pela associação. Todavia, há a possibilidade de reciclagem deste material. De acordo com Amaral et.al. (2018), há potencial de crescimento da reciclagem destes materiais no país.

Com a estimativa realizada, considerando o crescimento populacional da cidade e a média per capita de geração de resíduos, estima-se que o novo aterro recém-licenciado pela prefeitura, deverá durar mais de 30 anos, caso sejam mantidas as condições de segregação durante o uso deste aterro (tabela 3).

Tabela 3-estimativa de vida do aterro

		Pop ur- bana	Aterro diário (kg)	Vol (m3)	Vol anual	Vol ocupado	Área ocu- pada	% do aterro
0	2020	1414	428,43	1,33	486,99	0,00	0,00	0,00
0	2021	1415	428,64	1,33	487,23	0,00	0,00	0,00
1	2022	1415	428,86	1,34	487,47	487,47	108,33	0,52
2	2023	1416	429,07	1,34	487,72	975,19	216,71	1,04
3	2024	1417	429,28	1,34	487,96	1463,15	325,14	1,56
4	2025	1417	429,50	1,34	488,20	1951,35	433,63	2,08
5	2026	1418	429,71	1,34	488,44	2439,79	542,18	2,60
6	2027	1419	429,92	1,34	488,69	2928,48	650,77	3,12
7	2028	1420	430,14	1,34	488,93	3417,41	759,42	3,65
8	2029	1420	430,35	1,34	489,17	3906,58	868,13	4,17
9	2030	1421	430,57	1,34	489,42	4396,00	976,89	4,69
10	2031	1422	430,78	1,34	489,66	4885,66	1085,70	5,21
11	2032	1422	430,99	1,34	489,90	5375,57	1194,57	5,74
12	2033	1423	431,21	1,34	490,15	5865,71	1303,49	6,26
13	2034	1424	431,42	1,34	490,39	6356,11	1412,47	6,78
14	2035	1425	431,64	1,34	490,64	6846,74	1521,50	7,31
15	2036	1425	431,85	1,34	490,88	7337,62	1630,58	7,83
16	2037	1426	432,07	1,35	491,12	7828,75	1739,72	8,35
17	2038	1427	432,28	1,35	491,37	8320,11	1848,91	8,88
18	2039	1427	432,50	1,35	491,61	8811,73	1958,16	9,40
19	2040	1428	432,71	1,35	491,86	9303,59	2067,46	9,93
20	2041	1429	432,93	1,35	492,10	9795,69	2176,82	10,45
21	2042	1430	433,14	1,35	492,35	10288,04	2286,23	10,98

Realização





22	2043	1430	433,36	1,35	492,59	10780,63	2395,70	11,50
23	2044	1431	433,58	1,35	492,84	11273,47	2505,21	12,03
24	2045	1432	433,79	1,35	493,08	11766,55	2614,79	12,55
25	2046	1432	434,01	1,35	493,33	12259,88	2724,42	13,08
26	2047	1433	434,22	1,35	493,57	12753,45	2834,10	13,61
27	2048	1434	434,44	1,35	493,82	13247,27	2943,84	14,13
28	2049	1435	434,66	1,35	494,07	13741,34	3053,63	14,66
29	2050	1435	434,87	1,35	494,31	14235,65	3163,48	15,19
30	2051	1436	435,09	1,35	494,56	14730,20	3273,38	<b>15,72</b>

Fonte: Elaboração própria

## CONCLUSÕES

Considerando as variáveis atuais e os valores encontrados nos anos de 2020 e 2021, caso os hábitos da população não se altere em relação a produção de resíduos, a educação ambiental seja continua em relação a destinação de materiais recicláveis para associação, o novo aterro terá aproximadamente 15% de sua capacidade ocupada em 30 anos. Caso fosse implementado um sistema de compostagem, o aterro duraria aproximadamente o dobro desse tempo, considerando que a maior parte dos resíduos gerados no município é de matéria orgânica.

Pode-se concluir com as análises feitas que a destinação de materiais recicláveis é feita de maneira eficiente pela população. Mesmo que ainda ocorra a destinação inadequada de recicláveis, este valor não chega a 12% do peso dos resíduos que chegam no aterro. Considera-se também, que parte dos resíduos que podem ser reciclados encontrados no aterro, foram de materiais não aceitos pela associação de materiais recicláveis, por não haver ganho significativo dos materiais para a associação.

Reitera-se, portanto, como principal medida de melhoria visando uma gestão mais eficiente dos resíduos, a implementação de uma usina de compostagem sendo possível a utilização de parte da área do aterro para o qual se prevê um longo tempo de vida útil, especialmente com a implementação da compostagem evitando-se ainda impactos ambientais associados à decomposição e perda desta matéria orgânica.

Há ainda a possibilidade de que a baixa proporção de materiais recicláveis nas amostras coletadas carregue um viés por conta do pequeno número de amostras coletadas e efeito das rotas realizadas pelos caminhões nos dias selecionados para as visitas.

Realização





Recomenda-se como acréscimo a manutenção de programas de educação ambiental para a disseminação de conhecimento a respeito da correta segregação dos materiais.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE, 2020. Panorama 2020: Panorama dos resíduos sólidos no Brasil edição 2020 com novo formato, novas análises e informações inéditas. **ABRELPE**, São Paulo, Dez. 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

REZENDE, J.H. et.al. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **FATEC**, SP, v.18, n.1, p.11.

SPINOLA, G.M.R.; ANDRADE, P.R.; NASCIMENTO, V.F. Caracterização e dimensionamento de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos no Brasil e nos municípios paulistas. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 39p. 2017.

WORLD BANK. **What a wast**. Whashington, DC. 2018. 03-24-25-54p. Disponível em:<<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

### Realização

