

GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MUNICÍPIOS DO NORDESTE BRASILEIRO: SÉRIE HISTÓRICA

Natália de Souza Guedes (*), Gilson Barbosa Athayde Júnior

* Universidade Federal da Paraíba – Graduanda em Eng. Ambiental. E-mail: nataliasguedes@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho analisou informações primárias referentes aos resíduos sólidos disponibilizadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS para municípios do nordeste do Brasil. Para tal, foram coletadas informações na base de dados do SNIS acerca de resíduos sólidos em municípios do nordeste do Brasil e confeccionadas séries históricas da geração de resíduos sólidos para estes municípios. Os dados foram coletados por meio do download do banco de dados do SNIS relativos ao Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (DMRSU) dos anos de 2002 a 2012 e foram selecionados apenas os dados referentes à população urbana, utilização de balança para pesagem rotineira dos resíduos sólidos coletados, quantidade total de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada e também, o indicador massa coletada de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) per capita em relação à população urbana. Após a coleta de dados, foram realizadas análises de regressão para cada município, onde foram ajustadas aos gráficos as seguintes curvas: linear, exponencial e potencial. Levando em conta algumas considerações e observações, restaram-se apenas 14 municípios, para os quais foi possível determinar uma função que expresse a relação da quantidade total de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada ao longo do período de tempo considerado. Neste caso, a função potencial e exponencial foram as que melhor se ajustaram aos dados na maioria dos municípios. Foi analisado também, o comportamento temporal da taxa de geração per capita de resíduos doméstico e público para um total de 11 municípios. Observou-se que o comportamento temporal da taxa de geração per capita de resíduos doméstico e público pôde ser melhor descrito pela função exponencial e potencial em grande parte dos municípios. Por fim, foi realizada uma validação dos modelos obtidos na análise de regressão, utilizando-se para isso o ano de 2013, encontrando-se a média do módulo do erro relativo de 9,31% e 9,99% para a quantidade total coletada e para a massa per capita, respectivamente. Esses erros foram considerados suficientemente baixos, o que demonstrou a validade dos modelos. Assim, pode-se concluir que é possível se obter um comportamento temporal da quantidade total de resíduos gerados e de sua respectiva taxa de geração per capita em relação à população urbana, e com isso realizar projeções futuras a cerca da geração de resíduos no município.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos sólidos urbanos; SNIS; série histórica

INTRODUÇÃO

Segundo a Lei nº 11.445/2007 (Brasil, 2007), saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Dentre várias outras deficiências de infraestrutura urbana existentes nos municípios brasileiros, o saneamento básico é uma das que merece atenção, devido a sua estreita relação com a salubridade ambiental (Melo, 2013). As consequências de condições precárias de saneamento refletem nos baixos índices de qualidade de vida e demais indicadores de condições de saúde da população (Teixeira et al., 2005).

No que diz respeito aos resíduos sólidos (RS), a quantidade gerada tem aumentado consideravelmente. A população cresceu bastante, migrou da área rural para as cidades, seus hábitos mudaram, passaram a consumir mais produtos industrializados e com isso passou a existir nos resíduos as embalagens longa vida, sacos plásticos, isopor, latas, dentre outros, materiais esses que demoram muito para serem degradados (Onofre, 2011).

Assim, devido a este aumento na geração, os RS de naturezas diversas constituem, nos dias atuais, um dos maiores problemas para o meio ambiente e a sociedade em geral, uma vez que grande parte das cidades não consegue dar uma destinação final adequada a esses resíduos. Dispostos inadequadamente os resíduos

contaminam o solo e a água, através do chorume, sua queima polui o ar e ainda favorecem a proliferação de insetos e outros animais que podem ser vetores de doenças.

A fim de prover melhores condições para o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos, foi promulgada a Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta lei preconiza a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado). Além disso, ela impõe que os municípios elaborem seus planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos.

Neste contexto, o presente trabalho se propõe a analisar as informações primárias referentes aos resíduos sólidos disponibilizadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS para municípios do nordeste do Brasil, como subsídios para uma melhor compreensão e utilização das mesmas por parte dos gestores públicos, notadamente no que diz respeito ao diagnóstico da geração de RS para fins de elaboração dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. Para isto foram coletadas informações na base de dados do SNIS acerca de resíduos sólidos em municípios do nordeste do Brasil e confeccionadas séries históricas da geração de resíduos sólidos para estes municípios por meio de análise de regressão.

METODOLOGIA

Base de dados

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS é um banco de dados mantido pelo Ministério das Cidades e atualizado anualmente com informação sobre serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos nos municípios brasileiros. Esse trabalho utilizou dados do SNIS por ser considerado o maior e mais importante banco de dados brasileiro sobre saneamento e, principalmente, por ser público, gratuito e de fácil acesso.

Os dados foram coletados por meio do download do banco de dados do SNIS referentes ao Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (DMRSU) dos anos de 2002 a 2012, que é disponibilizado em arquivos formato “xls” e oferece tanto microdados quanto indicadores, de forma desagregada.

O SNIS denomina como informações os microdados fornecidos pelos prestadores e titulares, já as ponderações feitas pelo sistema por meio de cruzamentos desses dados são chamadas de indicadores. No banco de dados do DMRSU são apresentadas 274 informações e 46 indicadores (Tanigushi, 2013)

Após o download dos bancos de dados, foram selecionados aqueles referentes apenas aos municípios do nordeste brasileiro, no que diz respeito as informações sobre população urbana, utilização de balança para pesagem rotineira dos resíduos sólidos coletados, quantidade total de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada e também, o indicador massa coletada de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) per capita em relação à população urbana.

A população urbana de um município inclui tanto a população atendida quanto a que não é atendida com os serviços. No SNIS é adotada uma estimativa usando a respectiva taxa de urbanização do último Censo ou Contagem de População do IBGE, multiplicada pela população total estimada anualmente pelo IBGE (Brasil, 2014).

A ocorrência do uso de balança para pesagem rotineira dos RDO e RPU coletados é uma informação de natureza qualitativa, cujas opções de resposta são 'sim' ou 'não'.

A quantidade total de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada é um valor anual da soma das quantidades totais de RDO e RPU coletadas por todos os agentes mencionados, públicos, privados e outros agentes, exceto cooperativas de catadores. Não inclui quantidades coletadas de resíduos dos serviços de saúde (RSS) e resíduos da construção civil (RCC) (Brasil, 2014).



O indicador massa coletada de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) per capita em relação à população urbana é o resultado da divisão da quantidade total de resíduos coletada pela população urbana. A quantidade total de resíduos coletada usada no cálculo desse indicador, além das quantidades totais de RDO e RPU coletadas por todos os agentes, inclui a quantidade recolhida na coleta seletiva executada por associações ou cooperativas de catadores com parceria/apoio da prefeitura (Brasil, 2014).

Os dados selecionados foram tabulados em planilhas eletrônicas para serem posteriormente submetidos à análises gráficas e estatísticas que possibilitem a análise exploratória das informações e indicadores, notadamente quanto à evolução temporal.

Algumas considerações e observações foram levadas em conta em relação à base de dados utilizada na pesquisa:

- Apesar de todo o esforço realizado, não se consegue que todos os municípios enviem os dados solicitados pelo SNIS, devido a razões que vão desde o desinteresse às dificuldades internas que têm alguns municípios para obter seus dados. E também, a partir da oitava edição (ano 2009), o SNIS passou a contar com um significativo incremento, o que provocou aumento substancial de informações e indicadores especialmente de municípios de pequeno porte, quando o MCidades passou a solicitar o fornecimento de dados a todos os municípios do País, ao invés de restringi-los a uma amostra, como antes ocorria anteriormente. Assim, a quantidade de dados utilizados na pesquisa variou ano a ano, uma vez que a cada ano um número diferente de municípios participavam do diagnóstico (Brasil, 2014);
- Foram selecionados dados referentes apenas aos municípios que possuíam balança, uma vez que, os dados sobre quantidade total de resíduos para os municípios sem balança, não são precisos, pois são estimados e muitas vezes, sobretudo nos pequenos municípios, há uma tendência em se superestimar tal quantitativo (Brasil, 2014);
- Devido especialmente a dificuldade dos municípios em estimar sua população atendida, levando-a a exageros na maioria dos casos e, em decorrência, a valores per capita mais baixos que os representados pelo indicador que utiliza a população urbana, sobretudo para os municípios de pequeno porte (Brasil, 2014), foi selecionado o indicador que, utiliza, em seu denominador a população urbana estimada pelo SNIS/IBGE, e não, a população total atendida declarada pelo município;
- Os dados considerados discrepantes em relação aos demais anos para um mesmo município foram descartados, foram também excluídos os dados cujos valores eram muito elevados ou muito baixos em relação a população e os dados que se encontravam repetidos para dois ou mais anos seguidos.

As considerações e observações acima, resultaram numa amostra de 122 municípios que fazem uso rotineiro de balança e possuem dados coerentes referentes a um ou mais anos.

Análise de regressão

Os dados obtidos foram submetidos à uma análise de regressão simples, que é uma técnica de modelagem utilizada para analisar a relação entre uma variável dependente (Y) e uma variável independente (X). O objetivo dessa técnica é identificar (estimar) uma função que descreve, o mais próximo possível, a relação entre essas variáveis e assim pode-se prever o valor que a variável dependente (Y) irá assumir para um determinado valor da variável independente (X) (Hair Júnior, 2005).

Na presente pesquisa, foram realizadas análises regressão para cada município, onde as variáveis dependentes foram a quantidade total de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada e a massa coletada de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) per capita em relação à população urbana, e para ambos os casos a variável independente foi o ano. Os anos foram enumerados em ordem crescente, começando pelo número 1 (equivalente ao ano de 2002) e prosseguindo até 11 (equivalente ao ano 2012), conforme Tabela 1.

Tabela 1: Ano cronológico e seu respectivo número usado na análise.

Ano Cronológico	Ano Adotado
2002	1
2003	2
2004	3
2005	4
2006	5
2007	6
2008	7
2009	8
2010	9
2011	10
2012	11

Assim, para realizar as análises de regressão, foram primeiramente elaborados diagramas de dispersão, que são gráficos no qual cada ponto representa um par de valores (X; Y). Os valores de X são colocados no eixo horizontal e Y no vertical. Após isso, foram ajustados aos gráficos as seguintes curvas: linear ($y = ax + b$), exponencial ($y = ae^{bx}$) e potencial ($y = ax^b$). Para cada curva foi determinado o valor do coeficiente de determinação (r^2), a fim de determinar o grau de associação entre as duas variáveis. A curva que apresenta o maior coeficiente é a que melhor descreve a relação entre as variáveis. Ao fim testou-se a significância (ao nível de 5%) dos coeficientes encontrados para cada curva, conforme Sokal e Rohlf (2012).

Com isso, torna-se possível estimar a quantidade total de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada e a massa coletada de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) per capita em relação à população urbana, para anos futuros.

Também foram realizadas análises de regressão, a fim de se detectar a relação entre a quantidade total de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada com a população urbana.

As considerações e observações feitas durante a análise de regressão foram:

- Foram consideradas apenas as análises de correlação cujas variáveis apresentaram uma relação forte a muito forte, ou seja, cujos os coeficientes de correlação tiveram valores superiores a 0,70, conforme a classificação da Tabela 2, proposta por Shimakura (2006);

Tabela 2: Interpretação referente ao coeficiente de correlação (r)

Tipo de correlação	Valor de r
Bem fraca	0,00 a 0,19
Fraca	0,20 a 0,39
Moderada	0,40 a 0,69
Forte	0,70 a 0,89
Muito forte	0,90 a 1,00

Fonte: Shikamura (2006)

- Só foi realizada a análise de regressão para os municípios que apresentavam três ou mais pares (X;Y);



- Não foram realizadas análises de regressão para os municípios que apresentavam a quantidade de resíduos ou a massa per capita decrescentes ao longo dos anos, concomitantemente com população em crescimento.

Com os municípios que restaram após as considerações e observações acima mencionadas, foi realizada uma verificação do modelo utilizando-se os dados do SNIS referentes ao ano de 2013. Esta verificação consistiu em se comparar estes dados com o valor estimado pelos modelos (equações das séries históricas).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Quantidade de resíduos gerada por ano

Após levar em contas todas as considerações e observações citadas na metodologia, restaram apenas 14 municípios, para os quais foi possível determinar uma função que expresse a relação da quantidade total de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada com o passar dos anos.

Os valores obtidos para os coeficientes a e b das funções linear, exponencial e potencial, bem como os valores do coeficiente de correlação encontrados e significância desse coeficiente para cada município, estão dispostos na Tabela 3.

Pode-se observar a partir da Tabela 3, que os valores dos coeficientes de correlação situam-se entre 0,704 e 0,998. Também que, a função potencial e exponencial foram as que melhor se ajustaram aos dados na maioria dos municípios (num total de 6 ocorrências de maior r^2 para função potencial, 6 para exponencial e 3 para linear). Observa-se ainda que os municípios de Bayeux/PB, Teresina/PI, Parnaíba/PI e São Luis/MA, apresentaram valores de r que não são significativos ao nível de 5%, e portanto não são representativos. A variação temporal dos dados de geração de resíduos para o município de Lauro de Freita-BA (maior coeficiente de correlação) é exemplificada na Figura 1.

Taxa de geração per capita de resíduos sólidos

Foi analisado também, o comportamento temporal da taxa de geração per capita de resíduos doméstico e público para um total de 11 municípios. Os resultados são apresentados na Tabela 4. Como exemplo, a situação para o município de Lauro de Freita-BA é apresentada na Figura 2.

Observa-se a partir da Tabela 4, que neste caso os valores dos coeficientes de correlação situam-se entre 0,701 e 0,987. Também que o comportamento temporal da taxa de geração per capita de resíduos doméstico e público pode ser melhor descrito pela função exponencial e potencial em grande parte dos municípios (num total de 4 ocorrências de maior r^2 para função potencial, 4 para exponencial e 3 para linear). E que os municípios de Parnaíba/PI, Teresina/PI e São Luis/MA apresentam valores de r que não são significativos.

Tabela 3: Coeficientes de regressão (*a* e *b*), de determinação (*r*²) e correlação (*r*), tamanho da amostra (*n*) e nível de significância estatística da massa de RSU gerada no município.

Município	Função	a	b	r ²	r	n	Significativo ao nível de 5%
Alagoinhas/BA	linear	863,751	22.584,919	0,589	0,767	9	sim
Alagoinhas/BA	exponencial	22.931,207	0,031	0,596	0,772	9	sim
Aracaju/SE	linear	8.868,468	125.501,900	0,966	0,983	7	sim
Aracaju/SE	exponencial	130.767,962	0,050	0,948	0,974	7	sim
Aracaju/SE	potencial	113.394,213	0,269	0,985	0,992	7	sim
Bayeux/PB	linear	925,332	17.674,412	0,546	0,739	4	não
Bayeux/PB	exponencial	18.195,872	0,038	0,509	0,713	4	não
Feira de Santana/BA	linear	4.745,414	94.691,406	0,818	0,904	8	sim
Feira de Santana/BA	exponencial	97.402,431	0,037	0,838	0,915	8	sim
Feira de Santana/BA	potencial	97.389,901	0,143	0,601	0,775	8	sim
Fortaleza/CE	linear	85.197,440	640.016,820	0,651	0,807	9	sim
Fortaleza/CE	exponencial	749.033,894	0,068	0,639	0,799	9	sim
Imperatriz/MA	linear	2.218,182	47.104,946	0,799	0,894	8	sim
Imperatriz/MA	exponencial	48.450,993	0,036	0,785	0,886	8	sim
Imperatriz/MA	potencial	37.706,772	0,265	0,872	0,934	8	sim
Lauro de Freitas/BA	linear	5.420,974	27.729,531	0,982	0,991	8	sim
Lauro de Freitas/BA	exponencial	35.749,512	0,083	0,996	0,998	8	sim
Lauro de Freitas/BA	potencial	25.023,398	0,506	0,958	0,979	8	sim
Maceió/Al	linear	38.220,068	219.226,421	0,718	0,847	11	sim
Maceió/Al	exponencial	223.616,392	0,105	0,693	0,832	11	sim
Maceió/Al	potencial	186.311,013	0,509	0,828	0,910	11	sim
Parnaíba/PI	linear	5.910,252	22.632,001	0,802	0,896	6	sim
Parnaíba/PI	exponencial	32.748,809	0,089	0,802	0,896	6	sim
Parnaíba/PI	potencial	29.372,276	0,400	0,561	0,749	6	não
Recife/PE	linear	11.488,433	670.055,202	0,929	0,964	8	sim
Recife/PE	exponencial	672.190,825	0,016	0,928	0,963	8	sim
Recife/PE	potencial	666.822,906	0,061	0,823	0,907	8	sim
Salvador/BA	linear	26.742,513	601.384,139	0,970	0,985	8	sim
Salvador/BA	exponencial	621.629,475	0,034	0,967	0,983	8	sim
Salvador/BA	potencial	504.069,569	0,235	0,971	0,985	8	sim
São Luis/MA	linear	20.198,888	275.760,127	0,496	0,704	7	não
São Luis/MA	exponencial	268.850,771	0,061	0,522	0,722	7	não
São Luis/MA	potencial	247.674,285	0,278	0,735	0,857	7	sim
Teresina/PI	linear	21.066,607	272.366,711	0,844	0,919	4	não
Teresina/PI	exponencial	304.317,526	0,046	0,863	0,929	4	não
Teresina/PI	potencial	210.514,231	0,360	0,808	0,899	4	não
Vitória da Conquista/BA	linear	1.805,790	42.290,379	0,821	0,906	10	sim
Vitória da Conquista/BA	exponencial	43.410,927	0,033	0,836	0,914	10	sim
Vitória da Conquista/BA	potencial	43.860,967	0,118	0,553	0,744	10	sim

Figura 1: Massa de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada por ano no município Lauro de Freitas na Bahia.

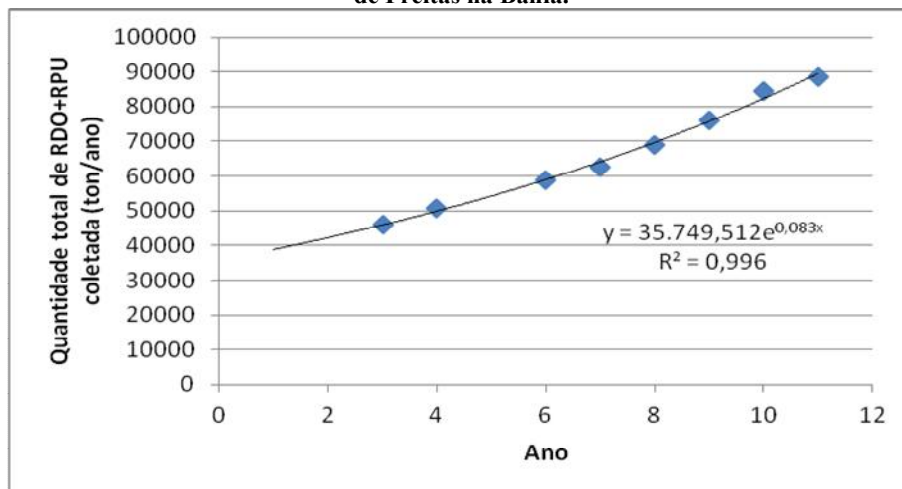


Tabela 4: Coeficientes de regressão (a e b), coeficientes de determinação (r^2) e correlação (r), tamanho da amostra (n) e nível de significância estatística da taxa de geração per capita de RSU no município.

Município	Função	a	b	r^2	r	n	Significativo ao nível de 5%
Aracaju/SE	linear	0,024	0,785	0,862	0,928	7	sim
Aracaju/SE	exponencial	0,079	0,026	0,843	0,918	7	sim
Aracaju/SE	potencial	0,723	0,148	0,969	0,984	7	sim
Feira de Santana/BA	linear	0,016	0,594	0,604	0,777	8	sim
Feira de Santana/BA	exponencial	0,600	0,022	0,605	0,778	8	sim
Fortaleza/CE	linear	0,082	0,810	0,562	0,750	9	sim
Fortaleza/CE	exponencial	0,903	0,058	0,534	0,731	9	sim
Imperatriz/MA	linear	0,017	0,641	0,527	0,726	8	sim
Imperatriz/MA	exponencial	0,645	0,023	0,527	0,726	8	sim
Imperatriz/MA	potencial	0,537	0,182	0,653	0,808	8	sim
Lauro de Freitas/BA	linear	0,056	0,785	0,961	0,980	8	sim
Lauro de Freitas/BA	exponencial	0,838	0,047	0,975	0,987	8	sim
Lauro de Freitas/BA	potencial	0,689	0,283	0,915	0,957	8	sim
Maceió/AL	linear	0,102	0,732	0,671	0,819	11	sim
Maceió/AL	exponencial	0,731	0,092	0,659	0,812	11	sim
Maceió/AL	potencial	0,620	0,451	0,797	0,893	11	sim
Parnaíba/PI	linear	0,112	0,500	0,790	0,889	6	sim
Parnaíba/PI	exponencial	0,682	0,084	0,781	0,884	6	sim
Parnaíba/PI	potencial	0,619	0,375	0,539	0,734	6	não
Salvador/BA	linear	0,036	0,510	0,916	0,957	8	sim
Salvador/BA	exponencial	0,550	0,046	0,925	0,962	8	sim
Salvador/BA	potencial	0,420	0,311	0,881	0,939	8	sim
São Luis/MA	exponencial	0,829	0,052	0,492	0,701	7	não
São Luis/MA	potencial	0,770	0,239	0,709	0,842	7	sim
Teresina/PI	linear	0,055	1,160	0,739	0,860	4	não
Teresina/PI	exponencial	1,225	0,033	0,750	0,866	4	não
Teresina/PI	potencial	0,947	0,256	0,683	0,826	4	não
Vitória da Conquista/BA	linear	0,011	0,483	0,569	0,754	10	sim
Vitória da Conquista/BA	exponencial	0,489	0,020	0,558	0,747	10	sim

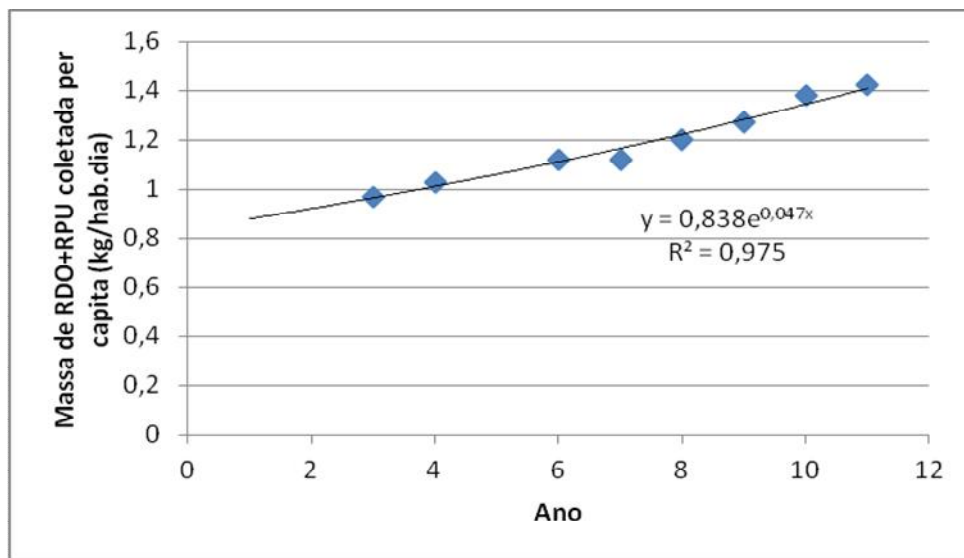


Figura 2: Taxa de geração per capita de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) em relação à população urbana no município Lauro de Freitas na Bahia.

Validação dos modelos

Os valores calculados da quantidade total de RSU coletada e da massa per capita de RSU para o ano de 2013 através da função que melhor se ajustou aos dados em cada município e o respectivo valor obtido a partir do diagnóstico de RS do SNIS referentes a 2013 estão dispostos nas Tabelas 5 e 6 (foram considerados apenas os coeficientes de correlação significativos). Foram calculados o erro absoluto e relativo para cada município, encontrando a média do módulo do erro relativo de 9,31% e 9,99% para a quantidade total coletada e para a massa per capita, respectivamente. Esses erros são considerados suficientemente baixos, o que demonstra a validade dos modelos.

Tabela 5: Validação dos modelos para estimativa da massa de resíduos sólidos urbanos^a

Município	Estimado 2013 (ton/ano)	SNIS 2013 (ton/ano)	Erro absoluto	Erro relativo (%)
Alagoinhas/BA	33.264,77	40.840,00	7.575,23	18,55
Aracaju/SE	221.253,75	207.058,00	-14.195,75	-6,86
Feira de Santana/BA	151.843,62	150.000,00	-1.843,62	-1,23
Fortaleza/CE	1.662.386,10	2.043.044,60	380.658,50	18,63
Imperatriz/MA	72.845,44	91.028,00	18.182,56	19,97
Lauro de Freitas/BA	96.789,32	85.970,00	-10.819,32	-12,58
Maceió/AL	659.996,73	738.865,00	78.868,27	10,67
Recife/PE	807.916,40	845.832,00	37.915,60	4,48
Salvador/BA	903.853,56	918.272,10	14.418,54	1,57
São Luis/MA	494.189,26	513.246,10	19.056,84	3,71
Vitória da Conquista/BA	64.502,96	67.254,20	2.751,24	4,09

^aNão foi incluído o município de Parnaíba/PI na verificação uma vez que o valor da quantidade de RSU fornecidos pelo SNIS referente a 2013 foi considerado incoerente.

Tabela 6: Validação dos modelos para estimativa da taxa de geração de resíduos sólidos urbanos^a

Município	Estimado 2013 (kg/hab.dia)	SNIS 2013 (kg/hab.dia)	Erro absoluto	Erro relativo (%)
Aracaju/SE	1,04	0,92	-0,12	-13,52
Feira de Santana/BA	0,78	0,74	-0,04	-5,58
Fortaleza/CE	1,79	2,19	0,40	18,08
Imperatriz/MA	0,84	1,05	0,21	19,61
Lauro de Freitas/BA	1,47	1,28	-0,19	-15,07
Maceió/AL	1,90	2,03	0,13	6,33
Salvador/BA	0,96	0,87	-0,09	-9,79
São Luis/MA	1,39	1,41	0,02	1,10
Vitória da Conquista/BA	0,62	0,61	-0,01	-0,82

^aNão foi incluído o município de Parnaíba/PI na verificação uma vez que o valor da massa per capita de RSU fornecidos pelo SNIS referente a 2013 foi considerado incoerente.

Quantidade de resíduos gerada em função da população

Pode-se observar a partir da Figura 3, que existe uma relação linear considerada muito forte entre população urbana e a quantidade total de resíduos coletados, uma vez que o valor do coeficiente de correlação foi de $r = 0,93$. Dessa forma, pode-se estimar a quantidade de resíduos coletados por um dado município do nordeste do Brasil a partir da população, através da função:

$$M = 0,408P - 4.973,167 \quad (r^2 = 0,872) \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

M = massa total de resíduos coletados (ton/ano)

P = população urbana do município (hab)

É importante ressaltar que a introdução de políticas de reciclagem podem alterar o quadro atual, reduzindo a geração de resíduos nos municípios e com isso, provocar mudanças no comportamento futuro dessa geração.

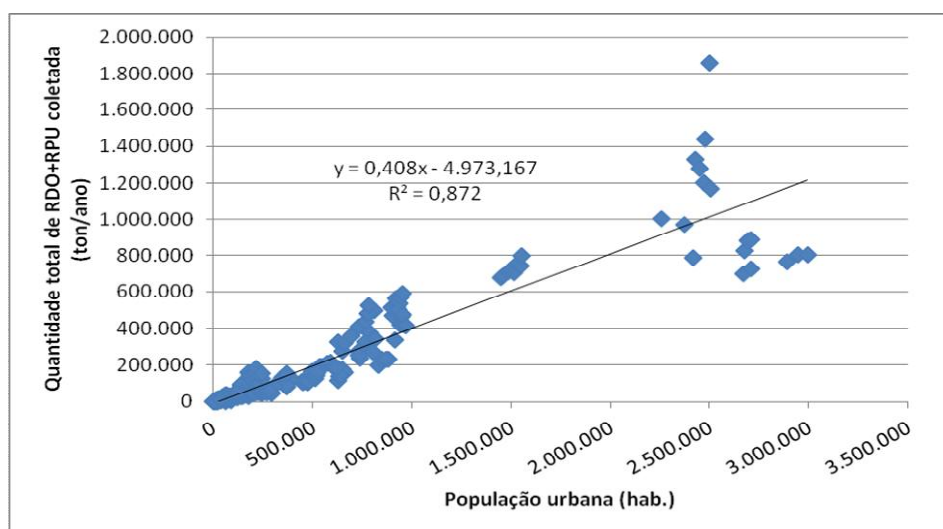


Figura 3: Quantidade total de resíduos domésticos e públicos (RDO+RPU) coletada em função da população urbana dos municípios amostrados.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, pode-se observar que para alguns municípios do nordeste do Brasil é possível se obter um comportamento temporal da quantidade total de resíduos gerados e de sua respectiva taxa de geração per capita em relação à população urbana, e com isso realizar projeções futuras a cerca da geração de resíduos no município. Para os demais municípios que não fizeram parte da amostra, também é possível se estimar a quantidade de resíduos gerada em função da população urbana do município através da Equação (1).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União de 11/01/2007. Brasília-DF. 2007.
2. BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União de 03/08/2010. Brasília-DF. 2010.
3. BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2012. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades. Brasília, 2014.
4. HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. Análise Multivariada de Dados. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2005.
5. MELO, J.R.C. Arcabouço legal e institucional e a situação de proteção ambiental dos mananciais: o caso do Rio Marés na Paraíba. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal da Bahia. 2013.
6. ONOFRE, F. L. Estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental)/ Universidade Federal da Paraíba. João pessoa. 2011. 100 p.
7. SHIMAKURA, S. Interpretação dos valores de correlação por faixa. Departamento de Estatística/UFPR; CE003 - Estatística II. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>>. (Acessado em 12/05/2015). 2006.
8. SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 4th ed. New York: W. H. Freeman, 2012.
9. TANIGUSHI, D. G. Avaliação dos ganhos de escala e escopo na eficiência da prestação dos serviços de saneamento básico segundo dados do SNIS. 2013. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
10. TEIXEIRA, J. C.; PUNGIRUM, M. E. M. C. Análise da associação entre saneamento e saúde nos países da América Latina e do Caribe, empregando dados secundários do banco de dados da Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS. Revista Brasileira de Epidemiologia, vol.8, p.365-376. 2005.