



Análise do contexto histórico da geração e disposição de resíduos sólidos no Brasil após instauração da PNRS

Rafaela F Moreira Barbosa (UFSC)
francisca.fmb@posgrad.ufsc.br

Alexandre Augusto Karl (UFSC)
alexandre.karl@posgrad.ufsc.br

Nathan Peixoto Oliveira (UFSC)
nathanpeixot@yahoo.com.br

Lucila Maria Souza de Campos (UFSC)
lucila.campos@ufsc.br

O crescimento na geração de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU tem se tornado um grande desafio para o Brasil. A consequência dessa geração implica na importância em escolher o tipo mais correto de tratamento e disposição desses resíduos. Diversos setores, entre eles o setor público, possuem uma complexa demanda no que tange ao gerenciamento de resíduos conforme institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. Esse artigo apresenta a análise histórica de geração e disposição final de resíduos nas regiões do Brasil no período que compreende 2011 a 2018. A pesquisa foi realizada através de dados dos panoramas da Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE e analisados por meio de cálculos percentuais. O objetivo deste trabalho implica em responder se houve evolução na diminuição da geração e disposição de resíduos no Brasil um ano após a instauração da lei 12.305/10 (PNRS). Os resultados tem revelado que a geração de RSU possui crescimento médio de 9% e que os lixões continuam com crescimento de 10,1% no período analisado. Portanto conclui-se que faz-se necessário a adoção de métodos especiais para lidar com esse crescimento de modo que possa atingir positivamente a sociedade civil e o meio ambiente de acordo com as condições econômicas do Brasil.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Gestão de Resíduos Sólidos.

1. Introdução

Desde a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da lei 12.305/2010 o país tem discutido frequentemente sobre o tema de resíduos sólidos urbanos e disposição ambientalmente adequada desses resíduos. Dentro deste tema, assuntos como a importância do manejo saudável de resíduos para a manutenção da disposição ou aproveitamento são discutidos para mudar padrões não sustentáveis de produção e consumo (ABREU *et al.*, 2020).

Fatores como crescimento exponencial entre oferta e demanda, rápida urbanização e desenvolvimento socioeconômico e cultural da população podem ser citados como causadores da problemática dos resíduos sólidos urbanos (RAMOS, *et al.*, 2017). Segundo Nagashima *et al.*, (2011), entre o ano de 1979 e 1990 a geração de resíduo sólido urbano (RSU) cresceu a uma taxa média de 25%, sendo superior ao crescimento populacional em nível mundial que obteve a variação média de 18% no mesmo período.

No Brasil, entre 2010 e 2019 a geração de RSU saltou de 67 milhões de toneladas por ano para 79 milhões de ton/ano e a geração per capita de resíduos aumentou de 348 kg/hab/ano para 379 kg/hab/ano (ABRELPE, 2020). Segundo Colvero *et al.*, (2016) para definir a melhor forma de gerenciar os resíduos deve-se compreender aspectos quantitativos do que foi gerado, pois somente assim os sistemas mais adequados de disposição e tratamento poderão ser escolhidos. Além da geração desenfreada de resíduos, a disposição final também emerge como fator preponderante para a gestão de RSU nas cidades. Como previsto na PNRS, a disposição adequada é de responsabilidade de todos *stakeholders* que participam do ciclo de vida de um produto, ou seja, de fabricantes à consumidores finais (BRASIL, 2010).

Ao estimar a massa total de disposição final de resíduos obtém-se aproximadamente 48,1 milhões de toneladas dispostas em aterros sanitários e 15,9 milhões de toneladas dispostas em locais considerados inadequados para disposição final como os aterros controlados e lixões (SNI, 2019). Esse número considerado inadequado constitui como ameaça para ao homem e meio ambiente além de ocasionar problemas de saúde pública.

Diante deste cenário, este trabalho possui como objetivo realizar a análise histórica (2011 a 2018) da geração e disposição final de resíduos no Brasil, bem como responder a seguinte questão de pesquisa: Houve evolução na diminuição de geração de resíduos e na sua disposição final ambientalmente adequada no Brasil após a instauração da PNRS?

Para responder a essa questão, o presente estudo está dividido em cinco partes, onde a primeira retrata a introdução do tema e a segunda parte evidencia os conceitos sobre RSU. Em seguida,

a terceira parte é composta pela metodologia adotada, a quarta parte analisa os resultados obtidos e por fim, a quinta e última parte retrata a resposta para a questão de pesquisa.

2. Resíduos sólidos urbanos

Considerando a importância de uma boa gestão de resíduos sólidos é necessário entender a sua definição. Existem algumas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que tratam sobre o tema em vários setores como a NBR 10.005, NBR 10.006, NBR 10.007 e NBR 12.808. A NBR 10.004 fala especificamente sobre as classificações de cada resíduo sólido e o define como resíduos que resultam de atividades de origem doméstica, agrícola, industrial, hospitalar, comercial, de serviços e varrição (ABREU *et al.*, 2020).

Segundo a PNRS a diferença entre resíduos sólidos e rejeitos está no potencial econômico e de reciclagem que o resíduo sólido apresenta. O rejeito pode ser definido como todo resíduo resultante de atividade humana em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe ou está obrigado a proceder nos estados sólidos e semi sólidos cuja particularidade torne inviável o seu lançamento em rede pública de esgoto ou em corpos d'água (BRASIL, 2010).

A PNRS classifica os resíduos em doze categorias quanto a sua origem e é a partir dessa classificação que se determina o destino adequado de cada resíduo (BRASIL, 2010). Quanto aos RSU é importante identificar sua composição sob diversos aspectos como, por exemplo, a identificação das fontes geradoras, a necessidade de estimar o potencial de recuperação do material para embasar a concepção e dimensionamento dos sistemas de coleta, tratamento e destinação final e ainda atender às exigências da legislação nacional (LOGAREZZI, 2004; GIDARAKOS *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2020).

3. Metodologia

O presente estudo possui caráter exploratório devido ao levantamento de dados sobre a atual situação dos resíduos sólidos urbano no país. Considerando o propósito do estudo esta pesquisa restringiu a linha do tempo a partir de 2011, pois considerou um ano após instauração da PNRS e se restringiu até 2018 devido a edições especiais do panorama não possuírem o mesmo padrão de dados.

Este estudo foi dividido em duas etapas onde a primeira etapa traçou a análise temporal dos panoramas da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Somente os dados relativos à geração total, geração *per capita* e quantidade destinada em aterros e lixões foram considerados neste estudo. Esses dados foram filtrados por

região de acordo com o período temporal e alocados no *software* Microsoft Excel. A alocação permitiu a transformação das unidades de medida trabalhadas pela Abrelpe em toneladas/ano e com isso, os cálculos para a projeção de dados percentuais médios por região foram analisados. A segunda etapa do estudo analisou os princípios e objetivos da lei 12.305/10 sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos afim de observar se o comportamento dos dados obtidos na primeira etapa estava de acordo com o que visa a lei. Essa análise se deu por meio da leitura integral da PNRS, porém deu-se maior ênfase para os Capítulos I e II com o intuito de obter resultados para responder à pergunta de pesquisa.

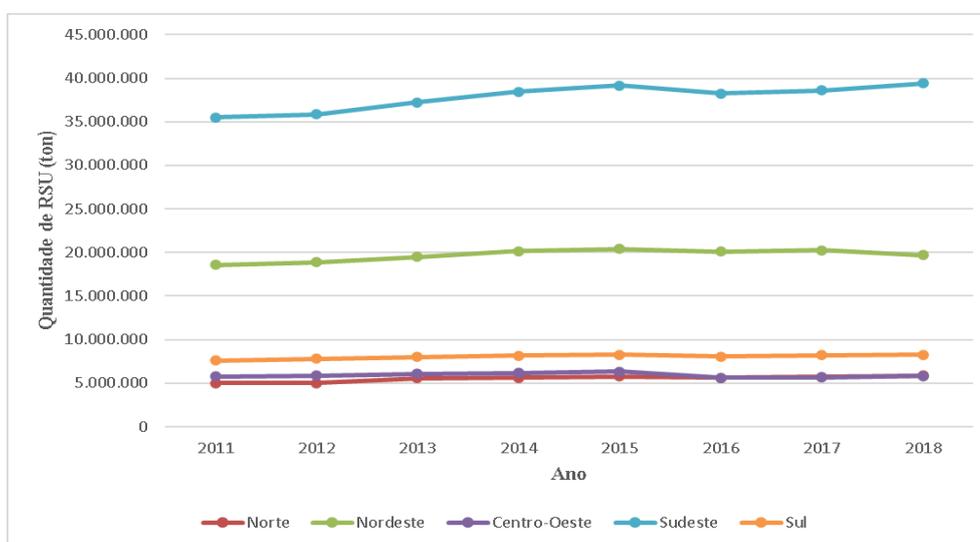
4. Resultados

Os dados coletados referem-se à geração e tipo de destinação em série histórica a partir do ano 2011 até o ano de 2018. Os panoramas são fontes de informações abrangentes e atualizadas sobre os principais componentes da geração de resíduos sólidos no país e são comumente utilizados como instrumentos referenciais para orientação de políticas públicas.

4.1 Evolução da geração de resíduos sólidos urbanos

Somente no ano de 2012, a geração de RSU por pessoa no Brasil era de 2.155,32 kg/ano representando um aumento de 0,32% em relação ao ano de 2011, onde a geração *per capita* era de 2.148,39 kg/ano. Em relação a geração de resíduo o crescimento de 1,28% no ano de 2011 para 2012 ultrapassou o crescimento populacional do mesmo período, que foi de 0,9% (ABRELPE, 2012).

Figura 1 – Evolução da geração de RSU no Brasil e Estados (kg/ton/ano)



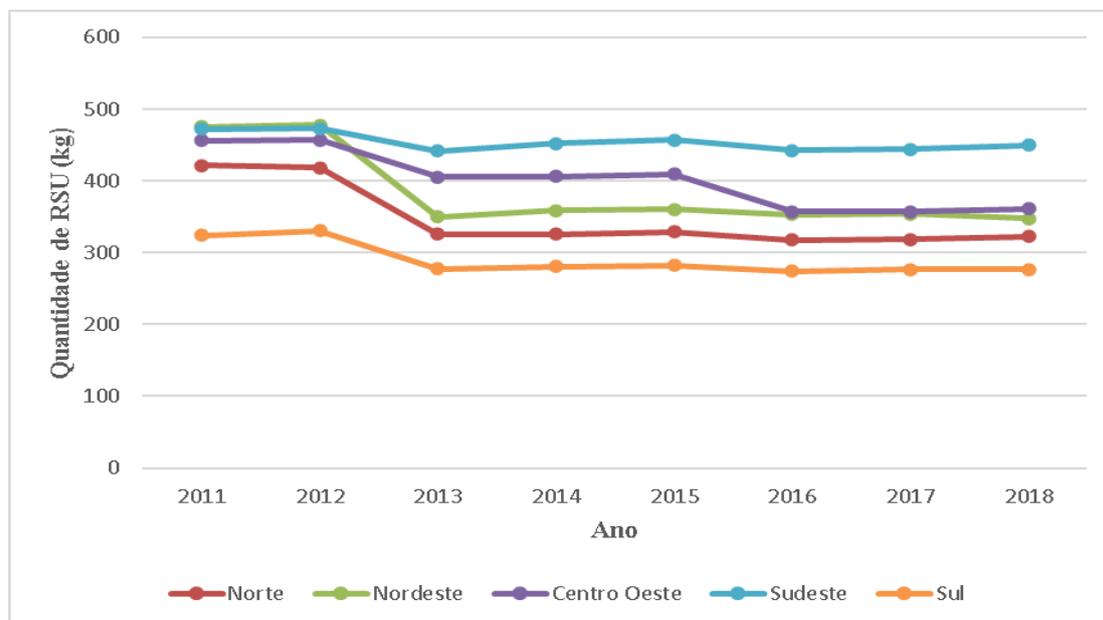
Fonte: Abrelpe (2011 a 2018)

A comparação entre a evolução da geração total no Brasil e entre as regiões da federação evidencia que somente o ano de 2016 obteve uma queda de 2,8% em relação ao ano anterior conforme Figura 1. Ademais, a evolução na geração é crescente ao longo dos anos, contradizendo o objetivo II da PNRS (lei 12.305/10) que também trata sobre a não geração e redução de resíduos sólidos.

Impulsionada por fatores econômicos e comportamentais a geração também sofre a influência de fatores populacionais, relativos ao crescimento da população e sua concentração nas áreas urbanas. No período de 1980 a 2005 a quantidade de RSU *per capita* aumentou 29% na América do Norte, 35% nos países que compõe a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), acompanhando de forma geral o produto interno bruto (PIB) dos países (SJOSTOM e OSTBLOM, 2010; GODECK *et al.*, 2012).

A Figura 2 representou a geração *per capita* de RSU nas regiões federativas e no Brasil entre os anos de 2011 a 2018. Notou-se que a maior média de geração foi no ano de 2012 com 431,06 kg/hab/ano e a menor média no ano de 2016, com 349,08 kg/hab/ano. Considerando esse período (2012-2016) a geração representou uma queda de 19%, considerado expressivo em uma amostra temporal.

Figura 2 – Evolução da geração de RSU por kg/hab/ano



Fonte: Abrelpe (2011 a 2018)

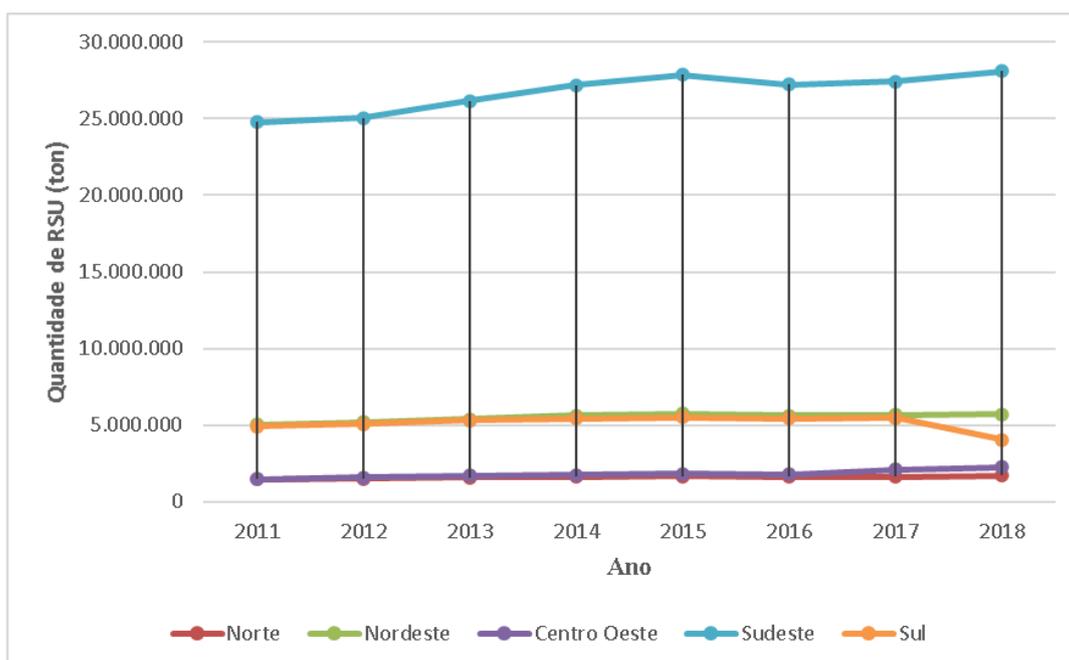
Apesar do grande crescimento na geração de resíduo sólido urbano no Brasil notou-se que as médias percentuais de geração *per capita* tem diminuído ao longo dos anos. A região que representa a maior queda no percentual de geração por pessoa é a região Nordeste com diminuição média de 27% de 2011 a 2018, seguido da região Norte com 23%. As regiões Centro Oeste, Sul e Sudeste possuem diminuição média de 21%, 14% e 5% respectivamente no mesmo período analisado.

4.2 Evolução da destinação final de resíduo sólido urbano

A gestão dos resíduos sólidos constitui-se como um problema emergente da sociedade moderna e com crescentes discussões no mundo. As ações antrópicas por via de regra produzem algum resíduo ou rejeito, mas o que emerge como problemática principal é o tipo de destinação final que esse resíduo terá no final do seu ciclo de vida útil (GARCIA, 2010).

Nos incisos VII e VIII art. 3º, a lei 12.305/10 considera que a disposição final ambientalmente adequada inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético de resíduos assim como sua distribuição ordenada de rejeitos em aterros. Além disso, a lei também dispõe da obrigatoriedade da disposição em aterros sanitários como alternativa para substituição de lixões a céu aberto. A Figura 3 representa a evolução da destinação em aterros sanitários nas regiões brasileiras no período de 2011 a 2018.

Figura 3 – Evolução da destinação de RSU em aterros sanitários (ton/ano)

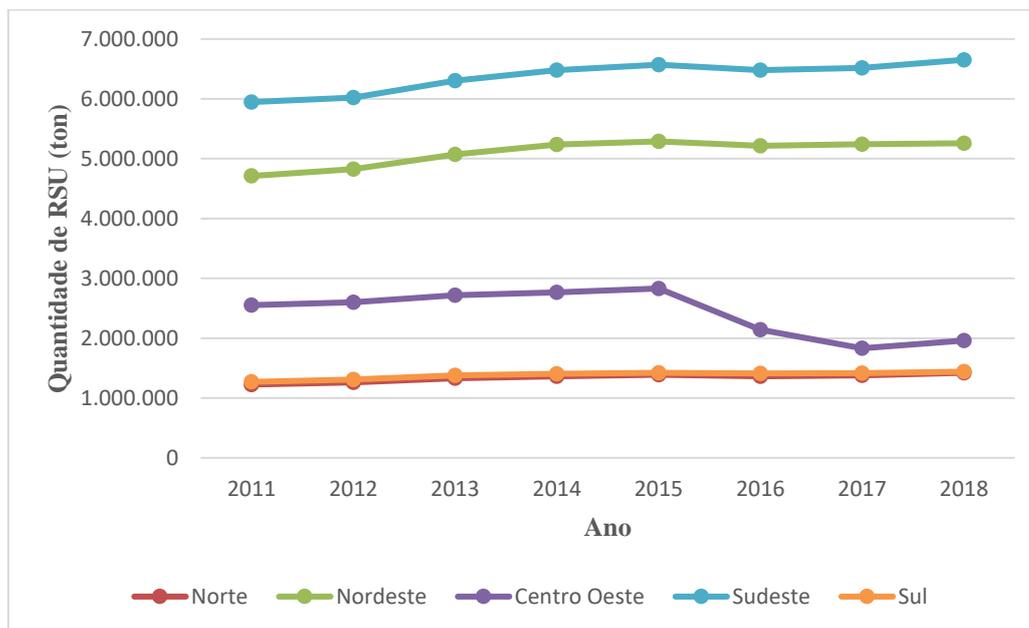


Fonte: Abrelpe (2011 a 2018)

Notou-se que a região sudeste obtém representatividade crescente na destinação para aterros sanitários, mas ainda pode ser considerada lenta devido a média percentual de crescimento ser de 0,87% ao ano. A região Sul do país possui média de 4,29% no período analisado, sofrendo apenas uma queda de 2,54% pontos percentuais entre 2017 e 2018. A região Norte apresenta percentual considerado o segundo mais baixo, de 0,92% ao ano e as regiões Nordeste e Centro-Oeste com 1,48% e 1,17% de destinação para aterros sanitários, respectivamente.

Com a implementação da PNRS esperava-se que houvesse a diminuição da disposição em aterros controlados e lixões que são definidos como incorretos. Entretanto, especialistas ambientais afirmam que uma das causas de atraso nessa transição de destino incorreto para destino correto é devido à falta de recursos financeiros das prefeituras, principalmente para os pequenos municípios nos quais os custos de manutenção de aterros sanitários podem chegar a 15% do orçamento e inviabilizando a iniciativa (ABRELPE, 2018).

Figura 4 – Evolução da destinação de RSU em aterros controlados (ton/ano)



Fonte: Abrelpe (2011 a 2018)

De acordo com a Figura 4, no período compreendido de 2011 e 2018, notou-se um crescimento de 6% na destinação de aterros controlados no Brasil apesar da análise isolada por região ter diminuído em sua grande parte ao longo dos anos. A região Norte obteve média expressiva com crescimento médio de 2,39% fortemente impulsionada entre os anos de 2012-2013. Apesar do Centro Oeste obter média similar à região Norte, o mesmo ocupa o segundo lugar na escala de

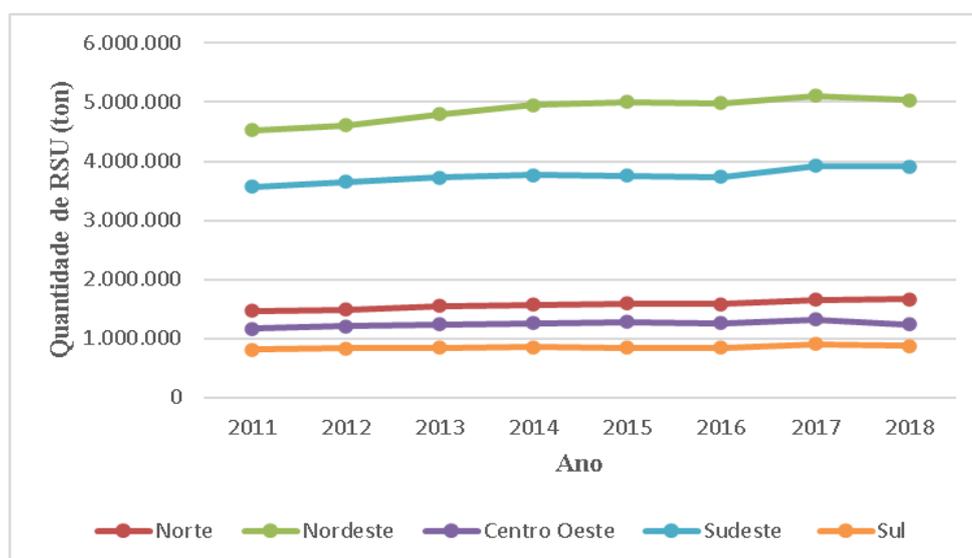
crescimento com média de 1,74%. Entre os anos de 2015-2016 e 2016-2017 o centro oeste caiu 24,2% e 14,59% pontos.

A região Nordeste foi a que obteve menor diferença de toneladas destinadas a aterros controlados durante os anos, estando com 0,97% de crescimento. O maior percentual de destinação dessa região esteve entre os anos de 2012-2013 com 5,12% e entre 2013-2014 com 3,26%. As regiões Sul e Sudeste representam em média 1,60% e 1,35% no crescimento de RSU destinado a aterros controlados.

O tipo de destinação conhecida como “lixões” recebe atenção especial quanto a legislação e a PNRS por serem depósitos de rejeitos e resíduos concentrados em um local não licenciado. Isso significa que qualquer resíduo sólido gerado pela atividade humana, sendo classificados como perigosos ou não, se dispõem a céu aberto sem nenhum tratamento adequado. Esse tipo de destinação é visto na lei como meta para eliminação e recuperação associadas à inclusão social devido a existência de pessoas que sobrevivem como catadores de materiais recicláveis.

De acordo com a PNRS, o que se esperava pós instauração da lei era a eliminação dos lixões as regiões brasileiras, cabendo salientar que a sua proibição foi datada desde 1979 instituída pela Portaria nº53 do Ministério do Interior (BRASIL, 1979). Apesar do reforço da lei 12.305/10, os lixões continuam em posição de crescimento conforme evidenciado no gráfico da Figura 5. No período analisado o crescimento da disposição em lixões foi de 10,1% no Brasil (2011-2018), contradizendo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos expostos nos art. 15 e 17 inciso V da lei.

Figura 5 – Evolução da destinação de RSU em lixões (ton/ano)



Fonte: Abrelpe (2011 a 2018)

Por fim, observou-se que a região brasileira que obteve o maior aumento percentual de ano em ano foi a região Nordeste, prevalecendo com média de 1,91%, seguida da região Centro Oeste com média de 1,86%. As regiões Norte e Sul do país apresentam os menores percentuais com 0,97% e 0,22%, respectivamente. A região Sudeste apresenta percentual de 1,17% de crescimento ao ano.

5. Discussões

A gestão de resíduos sólidos urbanos pode ser considerada efetiva quando há integração entre todos os atores que fazem parte da cadeia de produção e consumo. Pode-se observar que a relação entre a renda e mudança de hábito nos países é um dos fatores que proporcionam o aumento do consumo *per capita* e conseqüente geração de resíduos. Como exemplo, redução do número de habitantes por domicílio de 3,8 para 3,3 em 2010 tem propiciado aumento no consumo por deseconomia de escala (IBGE, 2010; CAMPOS, 2012).

Como esse consumo está diretamente relacionado ao descarte cabe ressaltar os três tipos de destinação de resíduos presentes no nosso país: aterro sanitário, controlado e os lixões. Apesar de não ser o mais ideal para a destinação, o aterro controlado é o estágio intermediário entre um aterro sanitário e lixões. Geralmente possuem controle ambiental como isolamento, gestão ambiental e cobertura periódica dos resíduos para evitar a proliferação de vetores contagiosos, mas não atendem as recomendações da PNRS (CORREA *et al.*, 2019).

Os aterros sanitários são os mais favoráveis a produzirem menos impactos ambientais por meio da disposição de resíduos, além disso são potenciais fontes de energia. Segundo Nascimento *et al.*, (2019) o Brasil possui um potencial considerável de biogás para geração de energia elétrica ou biometano em seus diversos aterros sanitários se considerar o percentual gerado de RSU por dia e alta porcentagem de matéria orgânica contida nesses aterros.

Os aterros sanitários são considerados pela lei como ambientalmente corretos e são opostos aos lixões. Segundo Godecke *et al.*, (2012) entre os principais malefícios decorrentes dos lixões estão aqueles que afetam a população no entorno dos locais de deposição do resíduo e diversos outros relativos à saúde humana, poluição ambiente e ao clima.

De acordo com Pinheiro & Mochel (2017) o município brasileiro que aderiu a utilização de um lixão aumentou a contaminação do solo com metais pesados no local e até 200 metros a sua jusante, o que pode significar a contaminação potencial da água subterrânea. A disposição final

em lixões também gera o processo de lixiviação com altas cargas contaminantes no solo (NAVES, 2019).

Apesar dos percentuais desse estudo parecerem irrisórios no que tange aos lixões o crescimento percentual evidencia que a problemática ainda emerge nas regiões brasileiras. Nesse contexto constatou-se que a busca pela melhor alternativa de destinação final emerge da quantidade de resíduo despejado inadequadamente no ambiente provocando a contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos, ampliando os problemas coleta e gerando gastos de recursos (GUERRA & CUNHA, 2005).

6. Conclusão

O gerenciamento integrado de RSU pode contribuir para a eficácia de sistemas de tratamento de resíduo e diminuir os impactos ambientais e sociais. Com este estudo foi possível ratificar que a geração de resíduos continua em crescimento e que a geração média é 375,44 kg de resíduo por habitante. Os valores obtidos demonstram que ações como reciclagem, compostagem ou reuso precisam de maior ênfase para incentivar e viabilizar medidas sustentáveis de produção e consumo.

Os resultados mostraram que apesar das diretrizes da PNRS para o adequado gerenciamento de resíduos a geração tem crescido a uma média de 9% no período estudado. Conforme disposto na PNRS, uma vez gerados os resíduos precisam ser gerenciados de forma integrada e envolvendo diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil afim de que seja realizado a destinação correta do resíduo (BRASIL, 2010).

Foi possível notar que a destinação inadequada emerge como preocupação, em especial, para os lixões a céu aberto que são considerados o pior tipo de destinação e estão mantidos na lei 12.305/10 com objetivo de serem eliminados. Esses dados concluem que não houve evolução de resultados positivos no que diz respeito aos objetivos e princípios da política.

Faz-se necessário métodos especiais para lidar com a geração e destinação de resíduos no país que possam atingir a sociedade civil e governamental de acordo com as condições econômicas do Brasil. A análise do nível de coleta desses resíduos assim como o estudo de meios alternativos, tecnológicos e complementares de destinação emergem como proposta para estudos futuros no tema.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro a essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de resíduos sólidos no Brasil 2011/2020**. São Paulo: Abrelpe.

ABREU, A.B.G.; SILVA, L.A.O.; SANTOS, M.V.M.; SANTOS, L. Análise da gestão de resíduos sólidos domésticos na cidade de Macaé. **XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2010.

CAMPOS, H.K.T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v.17, n2, p-257-262, 2012.

CARDOSO, J.J.; NASCIMENTO, R.E.S.; SILVA, S.C.N. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: um estudo de caso do município de Nazaré da Mata PE. **3º Conresol. Congresso Sul americano de resíduos sólidos e sustentabilidade**. 2020.

COLVERO, D.A.; CARVALHO, E.H.; PFEIFFER, S.C.; GOMES, A.P. Avaliação da geração de resíduos sólidos urbanos no estado de Goiás: análise estatística de dados. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v.22, n.5., p. 931-941, 2016.

GARCIA, E.E.C. **Resíduos sólidos urbanos e a economia verde**. Disponível em:
<<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15020>> Acesso em 24 de abril. 2010.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GODECKE, M.V.; NAIME, R.H.; FIGUEIREDOJ.A.S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v.8, n.8, p.1700-1712, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_sinopse.shtm>. Acesso em 20 de Maio de 2021.

NASCIMENTO, Maria Cândida Barbosa; FREIRE, Elcires Pimenta; DANTAS, Francisco de Assis Souza; GIANSANTE, Miguel Borboleto. Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no país. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v.24, n.1, p-143-155, 2019.

NAGASHIMA, L.A.; BARROS JÚNIOR, C.; ARAÚJO, C.C.; SILVA, E.T.; HOSHIKA, C. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: uma proposta para o município de Paranavaí, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Technology**, v.33, n.1, p.39-44. 2011.

NAVES, L.C. Influência da compactação do solo sobre a produção e o potencial poluidor de lixiviados de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v.24, n.5, p. 949-958, 2019.

PINHEIRO, N.C.A.; MOCHEL, F.R. Diagnóstico de áreas contaminadas pela disposição final de resíduos sólidos no município do Paço do Lumiar MA. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v.23, n.6, p. 1173- 1184, 2018.

RAMOS, N.F.; GOMES, J.C.; CASTILHOS JÚNIOR, A.B.; GOURDON, R. Desenvolvimento de ferramenta para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v.22, n.6, p.1233-1241, 2017.

SILVA, C.L.; FUGII, G.M.; SANTOYO, A.H. Proposta de um modelo de avaliação das ações do poder público municipal perante as políticas de resíduos sólidos urbanos no Brasil: um estudo aplicado no município de Curitiba. **Revista brasileira de gestão urbana**, v.9, n.2, p.276-292, 2020.

SJÖSTRÖM, M.; ÖSTBLÖM, G. Decoupling waste generation from economic growth – A CGE analysis of the Swedish case. **Ecological Economics**, v.69, n.7, p.1545-1552, 2010.

WALDMAN, M. **Lixo: Cenários e Desafios: Abordagens Básicas para Entender os Resíduos Sólidos**. São Paulo: Cortez, 2010.