

Geração de resíduos sólidos urbanos: aplicação de um indicador de sustentabilidade em um município do semiárido alagoano

Generation of urban solid waste: application of a sustainability indicator in a municipality of the Alagoas semi-arid

Generación de residuos sólidos urbanos: aplicación de un indicador de sostenibilidad en un municipio en la región semiárida de Alagoas

Recebido: 15/06/2020 | Revisado: 21/06/2020 | Aceito: 22/06/2020 | Publicado: 02/07/2020

Patrícia da Costa Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9589-7660>

Centro Universitário CESMAC, Brasil

E-mail: patriciacosta87@hotmail.com

Allani Christine Monteiro Alves da Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9210-2159>

Centro Universitário CESMAC, Brasil

E-mail: allani.rocha0601@gmail.com

Elysson David de Santana Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7358-7354>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: elyssonlima@hotmail.com

João Paulo de Oliveira Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1826-1746>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: jpos@agro.adm.br

Kennedy Santos Gonzaga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3369-5593>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: gonzagaks@gmail.com

Paulo Henrique de Almeida Cartaxo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1535-1386>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: paulohenriquecartaxo@gmail.com

Adriana da Silva Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1908-1774>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: drica_pl@hotmail.com

Luis Eugênio Lessa Bulhões

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3048-968X>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: lessabulhoes@gmail.com

Williams Raphael de Souza Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3837-1523>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: williamsraphael745@gmail.com

Resumo

O grande aumento da população humana nas últimas décadas, associado as diversas atividades antrópicas trouxe um incremento considerável na geração de resíduos, principalmente os resíduos sólidos urbanos (RSU). Visando quantificar essa apropriação sobre o meio ambiente, diversas ferramentas foram desenvolvidas, com especial destaque para a Pegada Ecológica (PE), um dos indicadores de sustentabilidade mais difundidos na atualidade. O presente trabalho objetivou analisar a geração e a gravimetria dos resíduos sólidos urbanos e aplicar a Pegada Ecológica para a geração desses materiais no município de Dois Riachos, Alagoas, e foi pautado em uma pesquisa descritiva e com natureza quantitativa. Os dados relativos à geração e gravimetria foram obtidos através do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas. Foram quantificados a PE per capita e total da área de estudo. Os resultados mostraram uma taxa de geração per capita de RSU de 0,57 kg/dia por habitante, o que levou a uma produção anual de 1168 toneladas, composta em sua maioria (64,85%) de material orgânico. A PE per capita foi de 0,1160 hectares globais (gha), já a PE total dos RSU foi de 651,41 gha. A Pegada Ecológica se mostrou como um indicador de fácil aplicação e interpretação dos resultados.

Palavras-chave: Pegada ecológica; Gravimetria; Qualidade ambiental.

Abstract

The great increase of the human population in the last decades, associated to the diverse anthropic activities, has brought a considerable increase in the generation of residues, mainly urban solid waste (MSW). In order to quantify this appropriation about the environment, several tools have been developed, with special emphasis on the Ecological Footprint (EF), one of the most widespread sustainability indicators in the world today. The present study aimed to analyze the generation and gravimetry of solid urban waste and to apply the Ecological Footprint to the generation of these materials in the municipality of Dois Riachos, Alagoas, and was guided by a descriptive and quantitative research. Data on generation and gravimetry were obtained through the State Solid Waste Plan of the State of Alagoas. The per capita and total EF of the study area were quantified. The results showed a per capita MSW generation rate of 0.57 kg / day per inhabitant, which led to an annual production of 1168 tons, composed mostly of organic material (64.85%). The per capita EF was 0.1166 total hectares (gha), while the total EF of the MSW was 651.41 gha. The Ecological Footprint proved to be an indicator of easy application and interpretation of the results.

Keywords: Ecological footprint; Gravimetry; Environmental quality.

Resumen

El gran aumento de la población humana en las últimas décadas, asociado con las diversas actividades humanas, ha provocado un aumento considerable en la generación de residuos, principalmente residuos sólidos urbanos (RSU). Para cuantificar esta apropiación en el medio ambiente, se desarrollaron varias herramientas, con especial énfasis en la Huella Ecológica (HE), uno de los indicadores de sostenibilidad más extendidos en la actualidad. Este trabajo tuvo como objetivo analizar la generación y gravimetría de los residuos sólidos urbanos y aplicar la Huella Ecológica para la generación de estos materiales en el municipio de Dois Riachos, Alagoas, y fue guiado por una investigación descriptiva y cuantitativa. Los datos relacionados con la generación y la gravimetría se obtuvieron a través del Plan Estatal de Residuos Sólidos del Estado de Alagoas. Se cuantificó la HE per cápita y el área total de estudio. Los resultados mostraron una tasa de generación per cápita de RSU de 0.57 kg / día por habitante, lo que condujo a una producción anual de 1168 toneladas, compuesta principalmente (64.85%) de material orgánico. El HE per cápita fue de 0.1160 hectáreas globales (gha), mientras que el HE total de los RSU fue de 651.41 gha. La Huella Ecológica demostró ser un indicador de fácil aplicación e interpretación de resultados.

Palabras clave: Huella ecológica; Gravimetría; Calidad del medio ambiente.

1. Introdução

A preocupação com o estado de conservação do meio ambiente é um tema crescente em toda a sociedade, visto que a manutenção da saúde ecológica e a conservação dos ecossistemas afetam diretamente a qualidade de vida e a saúde humana. Dentro dessa problemática, a gestão e o gerenciamento adequados dos resíduos produzidos pelas atividades antrópicas, merece especial destaque, uma vez que, estes, se não manejados de forma correta, constituem-se como agentes de potencial degradação para o funcionamento dos ecossistemas, devendo assim serem tratados com vistas à sustentabilidade ambiental (Costa et al., 2017).

O acentuado aumento da população humana nas últimas décadas, associado com o expressivo desenvolvimento industrial, trouxe um incremento considerável na geração de resíduos, principalmente os resíduos sólidos urbanos (RSU). Esse panorama tem despertado a preocupação constante dos agentes públicos, sendo que uma das premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é a redução da geração desses materiais e principalmente sua destinação final (Schott Filho et al., 2017). O crescimento na produção de RSU aliado ao uso exacerbado dos recursos naturais, tem levado a geração de diversos impactos negativos ao meio ambiente natural, social e econômico, o que propicia um cenário de forte desequilíbrio na sociedade atual (Ramos et al., 2018).

Nesse contexto de elevada pressão antrópica sob os recursos naturais, diversas ferramentas vêm sendo desenvolvidas visando quantificar a apropriação humana sobre o meio ambiente. Dentre elas, os indicadores de sustentabilidade representam uma ferramenta essencial para identificar e apontar as problemáticas no meio urbano, sendo capazes de orientar, avaliar e monitorar o desempenho das cidades rumo ao desenvolvimento sustentável (Lopes et al., 2018).

Entres os indicadores de sustentabilidade, a Pegada Ecológica (PE), certamente é um dos mais difundidos e empregados em todo o planeta. Foi desenvolvido por Mathis Wackernagel e Willian Rees em 1996, e desde então foi aprimorada e vem sendo amplamente utilizada. Trata-se de um indicador de sustentabilidade que avalia a pressão do consumo das populações sobre os recursos naturais, que pode ser tanto a nível individual ou populacional. Estima assim, o consumo dos recursos naturais e capacidade do planeta de renovação e absorção dos impactos oriundos dessas atividades. Sua unidade de medida é o hectare global (gha), que em termos práticos correspondente ao hectare de produtividade média mundial para terra e águas produtivas em um ano, refletindo assim na capacidade de suporte presente em uma dada área, possibilitando a comparação dos padrões de consumo e a verificação destes

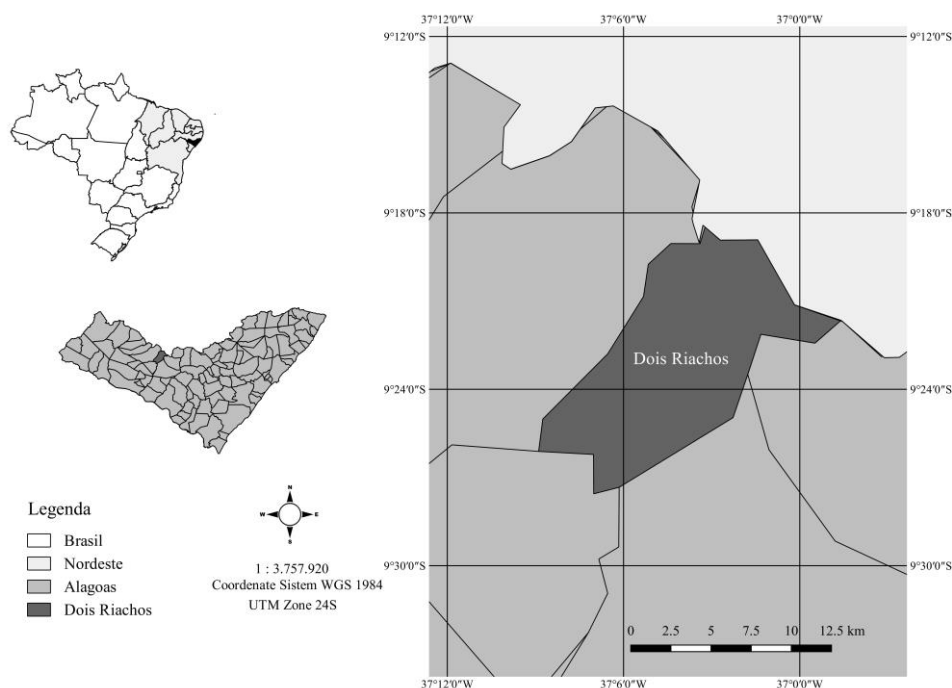
dentro da capacidade ecológica dessa área. Dessa forma, a Pegada Ecológica de um país, estado, cidade, atividade ou pessoa, corresponde ao tamanho das áreas produtíveis requeridas para sustentar determinado estilo de vida (Borges et al., 2018).

Ao se aplicar a Pegada Ecológica para a geração de RSU de um determinado município, se tem então a área necessária para se absorver a geração de CO₂, decorrentes do processo de decomposição desses materiais. Nesse sentido, a determinação da PE da geração de RSU na escala municipal, pode gerar um mapa do grau de sustentabilidade local, podendo assim, auxiliar na tomada de decisões de estratégias de educação ambiental e readequação dos padrões de consumo e descarte, rumo a melhoria da qualidade ambiental. Diante deste contexto, o presente trabalho objetivou analisar a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e aplicar a Pegada Ecológica como um indicador de sustentabilidade desses materiais no município de Dois Riachos, Semiárido de Alagoas.

2. Metodologia

Esse trabalho foi pautado em uma pesquisa descritiva e com natureza quantitativa, como explicitado por Pereira et al. (2018). O município de Dois Riachos (Figura 1) está localizado nas coordenadas 09° 23' 34" de latitude Sul e 37° 06' 03" de longitude Oeste.

Figura 1. Localização do Município de Dois Riachos, Alagoas.



Fonte: Os autores.

Dois Riachos possui uma área de 139,850 km² e está situado na mesorregião do Sertão Alagoano e na microrregião de Santana do Ipanema. Sua população estimada em 2018 era de 11054 habitantes (IBGE, 2019), dos quais 5612 moram na zona urbana (PIGIRS, 2016). O município foi escolhido para a realização desta pesquisa devido ao potencial local de geração de resíduos e a carência de estudos que contemplem os efeitos negativos dessa geração na região.

Os dados relativos à geração de resíduos sólidos e sua gravimetria no município de Dois Riachos foram obtidos através do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas (PIGIRS, 2016).

A Pegada Ecológica da geração de RSU foi calculada levando em consideração a área necessária para absorver o CO₂ emitido na degradação dos RSU gerados em Dois Riachos. Essa respectiva área é obtida assumindo-se que os principais agentes de sequestro de CO₂ são as áreas florestais e marítimas (Mikulčić et al., 2016). Para tanto, utilizou-se uma adaptação do modelo de cálculo de PE de RSU desenvolvido por Marrero et al. (2017) (Eq. 1):

$$PE_{RSU} = G_{RSU} \times E_{RSU} \times \frac{F}{100} \times \frac{ef}{A} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

PE_{RSU} = Pegada Ecológica dos Resíduos Sólidos Urbanos (gha/ano);

G_{RSU} = Geração de Resíduos Sólidos Urbanos (t/ano);

E_{RSU} = Fator de emissão de RSU (0,244 t CO₂/t) (Almasi & Milios, 2013);

F = Porcentagem de absorção de CO₂ pelas florestas (72%) (Mikulčić et al., 2016);

ef = Taxa de sequestro de CO₂ da biomassa vegetal (0,4 kg CO₂ m⁻² ano⁻¹) (Wackernagel et al., 2005);

A = Fator de equivalência das terras de absorção de carbono (1,26 gha/wha) (Mikulčić et al., 2016).

A Pegada Ecológica per capita foi obtida dividindo-se a PE_{RSU} pela população urbana do município.

3. Resultados e Discussão

A geração média de resíduos sólidos urbanos per capita em Dois Riachos foi da ordem de 0,57 quilogramas por dia (Tabela 1), valores inferiores à média per capita da região Nordeste (0,969 kg/hab/dia) e nacional (1,035 kg/hab/dia) (ABRELPE, 2018). Valores per capita de geração de RSU normalmente são menores em municípios de pequeno porte se

comparados a grandes centros urbanos, o que se deve a essa produção ser comprovadamente dependente de condições demográficas e socioeconômicas (Pisani Junior et al., 2018a).

Tabela 1. Variáveis de geração de RSU para o Município de Dois Riachos, Alagoas.

Município	Taxa de Geração de RSU (kg/hab/dia)	Geração de RSU por dia (t/dia)	Geração anual de RSU por ano (t/ano)
Dois Riachos	0,57	3,20	1168

Fonte: Adaptado do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia Leiteira de Alagoas (2016).

Colvero et al.(2017) em trabalho em diversos municípios de Goiás, observaram uma taxa média de geração de 0,55 kg/hab/dia em municípios com população entre 10.001 a 20.000 habitantes, como é o caso de Dois Riachos. Já para Guarulhos, no estado de São Paulo, cuja população é de 1.260.840 habitantes, Pisani Junior et al. (2018b) descreveram uma taxa de geração de RSU de 1,53 kg/hab/dia.

Embora seja um pequeno município, a geração per capita de RSU em Dois Riachos foi superior a trabalhos em outras regiões do mundo. Para Yangon, maior e mais populosa cidade de Mianmar, Tun & Juchelková (2018) observaram uma produção de 0,4 kg de RSU per capita/dia. Em Mumbai na Índia, Ramachandra et al. (2018) apontam uma geração de 0,45kg/per capita/dia. Para as cidades de Khulna e Rajshahi em Bangladesh, Islam (2019) apontou uma geração inferior a 0,4 kg de RSU per capita/dia. Esses resultados contrastantes de um município de pequeno porte brasileiro e grandes cidades de outros países se deve ao fato de que embora o Brasil ainda seja um país em desenvolvimento, seu padrão de geração per capita de RSU é maior de que outros países com mesmo nível econômico, podendo até ser comparado a alguns países desenvolvidos (Cetrulo et al., 2018).

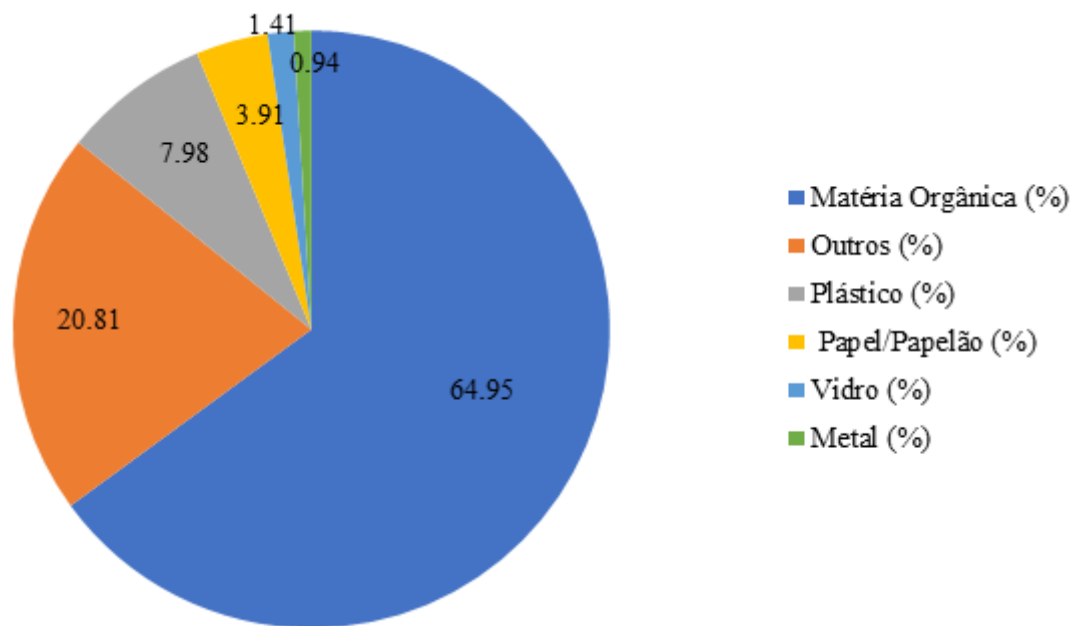
No tocante a geração total diária de RSU, Dois Riachos apresenta uma produção maior que outros municípios do sertão de Alagoas, como por exemplo, Olivença (2,07 t/dia), Senador Rui Palmeira (2,44 t/dia) e Jaramataia (1,86 t/dia) (PIGIRS, 2016). Algumas cidades paulistas com população urbana semelhante ou superior a Dois Riachos também apresentam uma taxa de geração diária de RSU inferior, como é o caso de Queluz (1,88 t/dia) e Lavrinhas (2 t/dia) (Deus et at., 2017).

A geração anual de 1168 toneladas de RSU em Dois Riachos representa a necessidade de se dá uma destinação correta a esse material, que até 2016 ainda era descartada em um lixão, contribuindo para a degradação do solo, água e ar da região do entorno (Srivastava et

al., 2015). A gestão de resíduos sólidos urbanos de forma ambientalmente saudável é hoje um dos grandes desafios globais, o que se deve em grande parte a disponibilidade limitada de recursos e aumento da população o que conseqüentemente leva ao aumento da geração de RSU (Ramachandra et al., 2018).

A gravimetria dos RSU de Dois Riachos mostrou a predominância da fração orgânica (Figura 2).

Figura 2. Composição gravimétrica dos RSU do Município de Dois Riachos, Alagoas.



Fonte: Adaptado do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia Leiteira de Alagoas (2016).

Normalmente cidades de países desenvolvidos e mais ricos têm menos matéria orgânica e mais materiais recicláveis em seus RSU, comportamento inverso dos países pobres ou em desenvolvimento (Deus et al., 2017). Em países como Nepal e Indonésia a fração orgânica pode representar até 67,8% e 74% dos RSU, respectivamente (Srivastava et al., 2015). Já em países da Europa, como Espanha e Suécia, o material orgânico presente nos resíduos sólidos urbanos é em média de 49% e 31% respectivamente (Aracil et al, 2017).

No entanto, mesmo dentro de países em desenvolvimento, como o Brasil, a gravimetria varia de região para região, como por exemplo, para o município de Santo André, no estado de São Paulo, onde Dalmo et al. (2019) observaram que a fração orgânica era de 44,30% do total de RSU e os componentes recicláveis (papel, plástico, vidro, metais, etc.) somavam 35%.

Aproximadamente 21% dos RSU se enquadraram na categoria outros, que abrange pedaços de trapos, tecidos, madeiras, borrachas, couros e qualquer outro resíduo que não se enquadre nos cinco outros componentes definidos. Essa fração representou uma fatia considerável da gravimetria total, sendo superior ao somatório de quatro outras frações com alto potencial de reciclagem (plásticos, papel/papelão, vidro e metal).

Esses resultados atestam o padrão gravimétrico comum em municípios de pequeno porte e localizados em países ainda em processo de desenvolvimento econômico, cuja gravimetria do RSU é fortemente ligada ao estilo de vida, economia e grau de industrialização (Abdel-Shafy & Mansour, 2018).

Deve-se considerar que o município de Dois Riachos não possui programas, projetos ou ações oficiais voltadas para a reciclagem, assim como não possui cooperativa de catadores estabelecida (PIGIRS, 2016). Assim, praticamente não há aproveitamento econômico dos RSU, que são recolhidos pelo serviço de coleta urbana da prefeitura e em seguida enviados para sua destinação final.

Diante do grande percentual orgânico nos resíduos, ações como a prática da compostagem deveriam ser incentivadas, principalmente por propiciar a geração de subprodutos como o composto orgânico, que poderia ser utilizado como adubo na jardinagem das praças do município.

Ademais, a compostagem ajuda reduzir a demanda de áreas para deposição e o consumo de combustível necessário para o transporte desses resíduos até esses locais. Devido a todos esses ganhos econômicos e ambientais, a compostagem de RSU é uma das opções mais promissoras e rentáveis para o manejo desse tipo de material, podendo ser considerada como uma etapa sustentável e ecologicamente correta (Srivastava et al., 2015).

A Pegada Ecológica (PE) per capita da geração de RSU dos moradores da área urbana de Dois Riachos foi de 0,1160 hectares globais (gha) (Tabela 2).

Tabela 2. Pegada Ecológica (PE) per capita e total dos RSU de Dois Riachos, Alagoas.

Município	Pegada Ecológica (PE) per capita dos RSU (gha)	Pegada Ecológica (PE) total dos RSU (gha)
Dois Riachos	0,1160	651,41

Fonte: Os autores.

O hectare global representa a unidade de área equivalente capaz de fornecer certa quantidade de produtividade, ou seja, no contexto da PE concebe a contabilização do requisito de área para a produção dos recursos consumidos ou assimilação dos resíduos gerados (Mancini et al., 2017). Sua praticidade está no fato de ser uma unidade comum que permite a comparação da produtividade biológica entre diferentes países (Goldfinger et al., 2014). De forma clara, cada morador urbano da área de estudo demandou uma área de 0,1160 gha por ano para realizar o sequestro do CO₂ antropogênico oriundo da decomposição dos RSU por eles produzidos.

Valores próximos para a PE foram reportados por Cartaxo et al. (2019) para o município de Poço das Trincheiras, também localizado no sertão de Alagoas, em que a PE per capita dos RSU ficou em 0,1159 gha. Para a cidade de Londrina, no Paraná, Lisboa e Barros (2010) encontraram uma PE per capita dos RSU de 0,32397 gha, valor bem superior ao observado nesse estudo. Altos valores também foram reportados por Santos e Ribeiro (2016) para Parintins, Amazonas, onde a PE per capita dos RSU foi da ordem de 0,3763 gha. Já para o bairro de Nanluoguxiang, em Pequim, Dai et al. (2017) levantaram uma PE per capita dos RSU de 0,192 gha. Dessa forma pode-se perceber que essa variável é extremamente dependente de alguns fatores, como por exemplo, a taxa de geração per capita de RSU.

A PE total dos RSU de Dois Riachos foi de 651,41 gha. Embora possa parecer uma área pequena, deve-se considerar que outras atividades antrópicas presentes no município também são responsáveis por emissões significativas de CO₂, como a queima de combustíveis fósseis e as próprias queimadas de vegetação. Ademais, esse estudo considerou apenas as liberações de CO₂ decorrentes da decomposição dos RSU, alguns estudos mais aprofundados como os Das et al. (2018) e Ramachandra et al. (2018) quantificam também as emissões de outros gases de efeito estufa, como o metano, o que no final leva a um aumento na PE. Valores de PE total de RSU bem superiores a esse trabalho foram observados por Santos e Ribeiro (2016) para Parintins, que apresentou uma PE de 26.304 gha. Já para Campina Grande na Paraíba, Feitosa et al. (2013) quantificaram resultados ainda maiores, como uma PE de 100.860 gha. Ressalta-se que essa variável é dependente do tamanho da população e de seu padrão de consumo e descarte, assim, normalmente quanto maior a população urbana, maior será a PE final. Nesse mesmo sentido, até mesmo instituições como universidades, podem ter uma PE de RSU maior que algumas cidades, como o caso da Universidade Politécnica de Tianjin, na China, que apresentou uma PE para os resíduos gerados de 771,30 gha (Liu et al., 2017).

Os resultados da Pegada Ecológica e a análise dos seus componentes auxiliares levam a geração de informações relevantes para se compreender a dinâmica do uso e esgotamento de recursos, bem como norteiam o entendimento do grau de sustentabilidade local (Goldfinger et al., 2014). Situação que pode ser comprovada nesse trabalho, e que evidencia que mesmo cidades de pequeno porte podem ter uma geração acentuada de RSU per capita, e que isso pode refletir nos valores da PE, impactando diretamente no grau de sustentabilidade da geração desses materiais.

4. Considerações Finais

Esse estudo permitiu a análise da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) do município de Dois Riachos, Alagoas, assim como, propiciou a quantificação da Pegada Ecológica atrelada a esse segmento;

Dois Riachos apresentou uma produção per capita de RSU próxima a outras cidades brasileiras de mesmo porte, embora, se comparada a outras cidades de países pobres ou em desenvolvimento, apresenta uma produção per capita superior desses materiais;

A geração diária e anual de RSU seguiu a tendência da geração per capita, uma vez que essas variáveis são dependentes do tamanho da população e de seu padrão de geração de resíduos;

A gravimetria dos resíduos mostrou uma alta proporção de material orgânico, contrastando com a baixa percentagem de materiais passíveis de reciclagem;

A Pegada Ecológica per capita e total foram inferiores a valores reportados para outras cidades do país e do mundo, reflexo das taxas de geração de RSU e do tamanho da população;

A utilização da Pegada Ecológica se mostrou como um indicador de fácil aplicação e interpretação dos resultados, podendo ser indicado para uso em outros municípios;

Novos estudos devem ser conduzidos visando quantificar a biocapacidade local, fornecendo assim um panorama mais completo da pressão antrópica da geração de RSU.

Referências

Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275-1290.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2018). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017*. Abrelpe: São Paulo, 73 p.

Almasi, A. M., & Milios, L. (2013). *Municipal waste management in Spain*. European Environment Agency.

Aracil, C., Haro, P., Giuntoli, J., & Ollero, P. (2017). Proving the climate benefit in the production of biofuels from municipal solid waste refuse in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2887-2900.

Borges, M. J., Britto, L., & Nunes, D. (2018). Indicadores de sustentabilidade: Pegada Ecológica Urbana. *Colóquio – Revista do Desenvolvimento Regional*, 15(1), 149-174.

Cartaxo, P. H. A., Luna, I. R. G., Nascimento, I. R. S., Silva, M. R., Silva, K. A., & Santos, J. P. O. (2019). Geração de resíduos sólidos urbanos no semiárido brasileiro: análise de sustentabilidade a partir da aplicação da pegada ecológica. *Tecno-Lógica*, 23(2), 87-92.

Colvero, D. A., Carvalho, E. H. D., Pfeiffer, S. C., & Gomes, A. P. (2017). Municipal solid waste generation assessment in the state of Goiás, Brazil: statistical data analysis. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22(5), 931-941.

Costa, A. R. S., Pinheiro, S. M. G., Melo, A. M., & El-Deir, S. G. (2017). Os princípios da sustentabilidade como norteadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos. *Holos Environment*, 17(1), 94-109.

Dai, L., Xu, B., & Wu, B. (2017). Assessing sustainable development of a historic district using an ecological footprint model: a case study of Nanluoguxiang in Beijing, China. *Area*, 49(1), 94-105.

Dalmo, F. C., Simão, N. M., Lima, H. Q., Jimenez, A. C. M., Nebra, S., Martins, G., et al (2019). Energy recovery overview of municipal solid waste in São Paulo State, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 212, 461-474.

Deus, R. M., Battistelle, R. A. G., & Silva, G. H. R. (2017). Current and future environmental impact of household solid waste management scenarios for a region of Brazil: carbon dioxide and energy analysis. *Journal of Cleaner Production*, 155, 218-228.

Feitosa, M. J. S., Gómez, C. R. P., & Cândido, G. A. (2013). Pegada ecológica municipal: uma análise da (in) sustentabilidade ambiental dos municípios de João Pessoa e Campina Grande. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*, 3(3), 49-65.

Goldfinger, S., Wackernagel, M., Galli, A., Lazarus, E., & Lin, D. (2014). Footprint facts and fallacies: A response to Giampietro and Saltelli (2014) "Footprints to Nowhere". *Ecological Indicators*, 46, 622-632.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). @Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/%20dois-riachos/panorama>

Islam, K. M. N. (2018). Municipal solid waste to energy generation: An approach for enhancing climate co-benefits in the urban areas of Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2472-2486.

Lisboa, C. K., & Barros, M. V. F. (2010). A pegada ecológica como instrumento de avaliação ambiental para a cidade de Londrina. *Confins - Revue Franco-Brésilienne de Géographie*, 8, 1-19.

Liu, H., Wang, X., Yang, J., Zhou, X., & Liu, Y. (2017). The ecological footprint evaluation of low carbon campuses based on life cycle assessment: A case study of Tianjin, China. *Journal of Cleaner Production*, 144, 266-278.

Lopes, A. Q. M., Ferreira, I. F., Fogaça Neto, J. A., Araújo, L. A., Santos, R. R., & Pinto Júnior, I. M. (2018). Índice de sustentabilidade da limpeza urbana. *Ciências Exatas e Tecnológicas*, 4(3), 51-66.

Mancini, M. S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Hanscom, L., Wackernagel, M., et al. (2017). Stocks and flows of natural capital: Implications for Ecological Footprint. *Ecological Indicators*, 77, 123-128.

Marrero, M., Puerto, M., Rivero-Camacho, C., Freire-Guerrero, A., & Solís-Guzmán, J. (2017). Assessing the economic impact and ecological footprint of construction and demolition waste during the urbanization of rural land. *Resources, Conservation and Recycling*, 117, 160-174.

Mikulčić, H., Cabezas, H., Vujanović, M., & Duić, N. (2016). Environmental assessment of different cement manufacturing processes based on Emergy and Ecological Footprint analysis. *Journal of Cleaner Production*, 130, 213-221.

Pereira, A. S., et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

PIGIRS - Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2016). *Região da Bacia Leiteira*. SEMARH, 58 p.

Pisani Junior, R., Castro, M. C. A. A., & Costa, A. A. (2018a). Influence of population, income and electricity consumption on per capita municipal solid waste generation in São Paulo State, Brazil. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(2), 1216-1227.

Pisani Junior, R., Castro, M. C. A. A., & Costa, A. A. (2018b). Development of a correlation to estimate per capita municipal solid waste generation rates in São Paulo state, Brazil: population, per capita income and electricity consumption influences. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 23(2), 415-424.

Ramachandra, T. V., Bharath, H. A., Kulkarni, G., & Han, S. S. (2018). Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 122-1136.

Ramos, P. V. T. A., Guarido, C. E. M., Pires, G. D., & Silveira, C. R. D. A (2018). Environmental management: improvement of the productive process in the treatment of municipal solid waste with energy recovery. *Brazilian Journal of Development*, 4 (5), 2081-2096.

Santos, A. S. M., & Ribeiro, E. M. (2016). Mudança climática e a pegada ecológica dos resíduos sólidos da cidade de Parintins. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 7(3), 82-89.

Schott Filho, O., Aguiar, A. C. M., Silva, E. C. R., Pereira, T. C., Ferreira, J. A., & Borges, A. C. (2017). Projeto Estiva: uma iniciativa de gestão de resíduos sólidos urbanos em comunidades de baixa renda. *Revista ELO - Diálogos em Extensão*, 6(3), 23-32.

Srivastava, V., Ismail, S. A., Singh, P., & Singh, R. P. (2015). Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportunities. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 14(2), 317-337.

Tun, M. M., & Juchelkova, D. (2018). Assessment of solid waste generation and greenhouse gas emission potential in Yangon city, Myanmar. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(3), 1397-1408.

Wackernagel, M., & Rees, W. E. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact On The Earth*. New Society, Bc: New Society Publishers, Gabriola Island, British Columbia, 160 p.

Wackernagel, M., Monfreda, C., Moran, D., Wermer, P., Goldfinger, S., Deumling, D., & Murray, M. (2005). *National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The Underlying Calculation Method*. Global Footprint Network, Oakland, USA, 33 p.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Patrícia da Costa Santos – 20%

Allani Christine Monteiro Alves da Rocha – 10%

Elysson David de Santana Lima – 10%

João Paulo de Oliveira Santos – 10%

Kennedy Santos Gonzaga – 10%

Paulo Henrique de Almeida Cartaxo – 10%

Adriana da Silva Santos – 10%

Luis Eugênio Lessa Bulhões – 10%

Williams Raphael de Souza Morais – 10%