

Martins, Wanessa Alves; Araújo, Elaine Cristina dos Santos; Silva, Viviane Farias. Análise do ciclo de vida dos resíduos sólidos no município de Campina Grande-PB. *GeoGraphos* [En línea]. Alicante: Grupo Interdisciplinario de Estudios Críticos y de América Latina (GIECRYAL) de la Universidad de Alicante, 2 de abril de 2020, vol. 11, nº 125 p. 76-98 [ISSN: 2173-1276] [DL: A 371-2013] [DOI: 10.14198/GEOGRA2020.11.125].



<http://web.ua.es/revista-geographos-giecryal>

Vol. 11. Nº 125

Año 2020

## **ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB**

Wanessa Alves Martins

Universidade Federal de Campina Grande-UFCG (Campina Grande, Paraíba, Brasil)

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2108-2530>

Correio eletrônico: [wanessamartins.eng@gmail.com](mailto:wanessamartins.eng@gmail.com)

Elaine Cristina dos Santos Araújo

Universidade Federal de Campina Grande-UFCG (Campina Grande, Paraíba, Brasil)

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6288-8469>

Correio eletrônico: [crys\\_lainne@yahoo.com.br](mailto:crys_lainne@yahoo.com.br)

Viviane Farias Silva

Universidade Federal de Campina Grande-UFCG (Campina Grande, Paraíba, Brasil)

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

Correio eletrônico: [flordeformosur@hotmail.com](mailto:flordeformosur@hotmail.com)

## RESUMO

A quantidade de resíduos sólidos tem aumentado consideravelmente ao longo dos anos devido a diversos fatores econômicos e sociais. No Brasil foi criado o Plano Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS (Lei 12.305/2010) para melhor gerenciar essa demanda e visando a redução dos impactos ambientais. O objetivo deste estudo foi analisar de forma sistêmica desde a coleta dos resíduos sólidos até seu descarte produção e despejo dos resíduos sólidos no aterro sanitário e a reciclagem utilizando o modelo da Análise do Ciclo de Vida (ACV) para uma melhor gestão dos resíduos na cidade de Campina Grande, PB. Além da ACV, utilizou-se como base metodológica a revisão bibliográfica e análise de dados no Portal da Transparência da Prefeitura de Campina Grande, PB. Foram observadas 12 (doze) categorias de impactos selecionadas a partir do método CML-IA 2001, com software Open LCA. A contribuição da coleta, aterro sanitário e reciclagem contribuem com a emissão de mais de 64 mil Kg CO<sub>2</sub> Eq por tonelada de resíduos. Constatou-se que apesar de uma melhora na redução dos impactos ambientais no município, ainda há elementos que podem ser melhorados, tais como captação dos gases ocasionados pelos resíduos no aterro sanitário e aumento da reciclagem dos materiais.

**Palavras-chave:** Descarte, Coleta dos Resíduos Sólidos, Impactos Ambientais.

## LIFE CYCLE ANALYSIS OF SOLID WASTE IN CAMPINA GRANDE-PB ABSTRACT

The amount of solid waste has increased considerably over the years due to various economic and social factors. In Brazil, the National Plan for Solid Waste (PNRS) (Law 12.305 / 2010) was created to better manage this demand and to reduce environmental impacts. The objective of this study was to analyze systemically from the collection of solid waste to its disposal production and disposal of solid waste in the landfill and recycling using the Life Cycle Analysis (LCA) model for better waste management. in the city of Campina Grande, PB. In addition to the LCA, we used as a methodological basis the literature review and data analysis in the Transparency Portal of the City Hall of Campina Grande, PB. Twelve (12) categories of impacts were selected from the CML-IA 2001 method, using Open LCA software. The contribution of collection, landfill and recycling contribute to the emission of more than 64 thousand Kg CO<sub>2</sub> Eq per ton of waste. It was found that despite an improvement in the reduction of environmental impacts since the implementation of PNRS in the city, there are still elements that can be improved, such as capture of gases caused by waste in the landfill and increased recycling of materials.

**Keywords:** Disposal, Solid Waste Collection, Environmental Impacts.

# ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE CAMPINA GRANDE-PB

## RESUMEN

La cantidad de residuos sólidos ha aumentado considerablemente a lo largo de los años debido a varios factores económicos y sociales. En Brasil, se creó el Plan Nacional de Residuos Sólidos - PNRS (Ley 12.305 / 2010) para gestionar mejor esta demanda y con el objetivo de reducir los impactos ambientales. El objetivo de este estudio fue analizar de manera sistémica desde la recolección de residuos sólidos hasta su eliminación, producción y eliminación de residuos sólidos en el vertedero y reciclaje utilizando el modelo de Análisis del Ciclo de Vida (LCA) para una mejor gestión de los residuos. en la ciudad de Campina Grande, PB. Además del ACV, se utilizó como base metodológica la revisión bibliográfica y el análisis de datos en el Portal de Transparencia del Municipio de Campina Grande, PB. Se seleccionaron doce (12) categorías de impactos utilizando el método CML-IA 2001, con el software Open LCA. El aporte de recolección, vertedero y reciclaje contribuye a la emisión de más de 64 mil Kg de CO<sub>2</sub> Eq por tonelada de residuos. Se encontró que a pesar de una mejora en la reducción de los impactos ambientales en el municipio, todavía hay elementos que se pueden mejorar, como la captura de gases causados por los desechos en el vertedero y el aumento del reciclaje de materiales.

**Palabras clave:** Eliminación, recolección de residuos sólidos, impactos ambientales.

## INTRODUÇÃO

O crescimento urbano engajado com a industrialização e o hábito do consumismo, no qual a sociedade atual está sendo estimulada, resultam em maior geração de resíduos sólidos, ocasionando processos de degradação ambiental, e refletindo na qualidade de vida da população (Nascimento Neto, 2013). Hoornweg e Bhadattata (2012), afirmam que os resíduos sólidos são geralmente considerados como uma das questões do processo de urbanização.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2015), no Brasil, no ano de 2015, foram produzidos aproximadamente 79,9 milhões de toneladas de resíduos, tendo um aumento de aproximadamente 1,7% em relação ao ano de 2014, configurando um crescimento a um índice inferior ao registrado em anos anteriores.

No estado da Paraíba teve aumento de 47 t/dia na geração de RSU em 2015, somado ao valor do ano anterior equivale à produção de 3.551 t/dia. Ao ano, esse quantitativo corresponde a uma média de R\$ 5.183 milhões, valor superior ao arrecadado com a Taxa de Limpeza Pública (TLP), e bem abaixo do orçamento da Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA) do município de Campina Grande-PB. Com base nos dados disponibilizados no Portal do Tribunal de Contas do Estado da Paraíba - SAGRES (2017), o município arrecadou em 2016 com a Taxa de Limpeza Urbana o montante de R\$ 3.377.456,18, enquanto as despesas da SESUMA em 2016 foram de R\$ 68.698.951,32 milhões.

A elevação da geração de resíduos sólidos como a dificuldade em gerenciá-los, colabora na transição para uma sociedade ambientalmente sustentável, tendo em vista que tais fatores provocam consequências que demandam respostas coerentes, mudanças de hábitos e no modelo de gestão (Laurent *et al.*, 2014).

No Brasil, podem-se visualizar algumas mudanças devido à dificuldade em gerenciar os resíduos sólidos urbanos (RSU), pois há alguns anos, o gerenciamento desses era realizado somente pelo tripé básico: coleta, transporte e disposição final, que na grande maioria era lixões. Entretanto, com a aprovação da Lei nº. 12.305/2010 esse quadro tende a se alterar de forma significativa. A referida Lei trouxe os princípios, objetivos e as principais diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os quais são fundamentais para uma gestão adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada aos resíduos sólidos desempenha tanto a função de diagnosticar os impactos ambientais referentes à sua gestão (Bovea *et al.*, 2010; Araújo, 2013). A aplicação da ferramenta de ACV busca propor soluções para a gestão de resíduos sólidos, auxiliando na formulação de políticas públicas que preveem a redução de resíduos, dentre outras medidas previstas e estabelecidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). De acordo com Turconi (2013) a ACV é uma ferramenta que auxilia para que decisões sejam tomadas em relação a melhor opção em relação a um produto, serviço ou formas de manejo, sendo possível verificar os pontos onde ocorre maior impacto ambiental, e assim ser minimizado.

Neste contexto, a presente pesquisa foi realizada visando analisar o ciclo de vida dos resíduos sólidos urbanos gerados no Município de Campina Grande-PB.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização da área de pesquisa**

A pesquisa foi realizada no município de Campina Grande-PB, com área de 593,026 Km<sup>2</sup>, com população estimada de 407,472 pessoas, conforme o IBGE (2018). Situada na mesorregião do Agreste Paraibano, nas seguintes coordenadas geográficas 07°13'50"S e 35°52'52" O, e clima semiárido, como afirma Cordeiro (2016).

O índice de desenvolvimento humano municipal é de 0,720 em 2010 (IDHM, 2011). De acordo com o IBGE (2010), há cerca de 84,1% de esgotamento sanitário adequado, aproximadamente 82,5% das vias públicas arborizadas e 19,4% das vias públicas urbanizadas.

Medeiros *et al.* (2011) relata que o relevo de Campina Grande-PB, oscila de 337 a 665 m acima do nível do mar. Probabilidade de 94% de ocorrer precipitações acima de 500 mm, segundo Macedo, Guedes e Sousa (2011).

## Coleta de dados

Os dados foram obtidos no Diagnóstico e prognóstico do plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de Campina Grande. Assim como auxílio de informações em artigos científicos devidamente citados.

A quantidade de resíduos sólidos domiciliares (RSD) total considerado foi do ano de 2013, referente a 82.720,6 toneladas/ano adicionando o que é comercializado pelos sucateiros, por intermédio dos recicladores de 19.673,5 toneladas/ano, totalizando 102.394,1 ton/ano de RSD, conforme dados do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de Campina Grande (PMGIRS-CG, 2014).

De acordo com o Prognóstico referente ao Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS) publicado e aprovado em 2014, a quantidade de resíduos recicláveis secos recuperadas pelas organizações de catadores de materiais recicláveis diariamente constitui 1,4 toneladas. Somada a média de 52,5 toneladas recolhida diariamente por 350 catadores de materiais recicláveis que trabalham na informalidade, verifica-se que 53,9 toneladas de resíduos sólidos por dia deixam de ser encaminhadas ao aterro sanitário, representando 39,2% do total gerado no município (PMGIRS, 2014). A quantidade estimada para o ano de 2013 para material reciclado é de 19.673,5 toneladas.

A composição gravimétrica dos RSD, fundamentada na NBR 10.007 (ABNT, 2004) segundo a PMGIRS (2014) são os seguintes: matéria orgânica (42,77%); metais (2,88%); papel/papelão (11,89%); madeira (0,35%); plástico (22,25%); vidros (2,24%); Couro e borracha (6,39%); outros (10,99%). Não é realizado triagem dentro do aterro sanitário, contudo está no licenciamento sua implantação. Com base no que é vendido aos sucateiros fez-se a porcentagem da quantidade de material reciclado, sendo 27,26% papel/papelão, 3,97% plástico e 68,77% metal. Considerando a eficiência de reciclagem de papel/papelão de 97,50%, plástico e metal 80%, segundo Rigamonti *et al.* (2009), ficando o rejeito (32,5%) a ser disposto em aterro sanitário.

São utilizados para coleta dos RSD caminhão Mercedes Bens Atego 1726 com caçamba coletora compactadora Usimeca com capacidade de 15 e 19 m<sup>3</sup> (PMGIRS-CG, 2014; Monteiro, 2014). Nos dias de coleta, segunda, quarta e sexta totalizou uma média 42 km (30,8 toneladas), enquanto que na terça, quinta e sábado, cerca de 38,2 km (26,9 toneladas), adicionando 12 km de Campina Grande-PB até o aterro sanitário que fica situado no Distrito de Catolé de Boa Vista-PB, em 6 vezes na semana, considerando ida e volta, tem-se 220,2 km em média/semana (Monteiro, 2014). Foi considerado para o veículo utilizado na coleta o consumo médio de 2,2 km/l de diesel (Lourenço, 2016).

Em um mês calculou-se que os caminhões coletores de resíduos sólidos rodam 1500 km, desse modo em um ano estima-se que os veículos utilizados na coleta de resíduos rodam cerca de 18000 km, totalizando um gasto de 8181,82 litros de diesel, aproximadamente, considerando a rota calculada por Lourenço (2018).

Há em Campina Grande-PB, a coleta seletiva realizada por catadores de materiais recicláveis formadas por duas associações (Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis - ARENSA e Associação Centro de Artes em Vidros- CAVI) e duas cooperativas (Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Campina Grande -

CATAMAIS e Cooperativa de Catadores de Materiais Reciclados - COTRAMARE). Os recicladores têm auxílio de caminhões cedidos pela prefeitura para realizar a coleta dos materiais recicláveis, de acordo Santos (2016).

O aterro sanitário em que são dispostos os RSU provenientes do município de Campina Grande, não possui queima dos gases que saem dos drenos. O valor de biogás utilizado foi de 82,14 m<sup>3</sup> produzidos no aterro sanitário considerando um quantitativo de 0,82 toneladas de resíduos sólidos urbanos, baseando-se no aterro sanitário de Caieiras/SP, com produção de 99,69 m<sup>3</sup>/ton (Pecora *et al.*, 2010).

### **Análise do Ciclo de Vida (ACV)**

Para análise do ciclo de vida é necessário à realização do inventário. Neste inventário, foi quantificada todas as entradas (resíduos e transporte) e saídas (emissões para o ar, para a água e resíduo sólido final) do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Considerando de portão a portão, em que a fronteira considerara a partir do momento em que o resíduo foi gerado, ou seja, do descarte pelos moradores, até o momento em que são dispostos no aterro sanitário ou reciclados. A unidade funcional utilizada é de uma tonelada por ano.

Todos os dados de inventário foram modelados utilizando o software Open LCA. Os fatores de caracterização aplicados a cada categoria de impacto são os propostos pelo método CML (Guinee, 2001). O método CML-IA baseline versão 3.00/World 2000 com as seguintes categorias de impactos: eutrofização, acidificação, oxidação fotoquímica, toxicidade humana, depleção da camada de ozônio, aquecimento global, depleção dos recursos naturais, ecotoxicidade aquática de água doce e marinha, sedimentar marinha e toxicidade humana.

O fluxograma do sistema do projeto considerado e utilizando o banco de dados ecoinvent, estão descritos na figura 1.

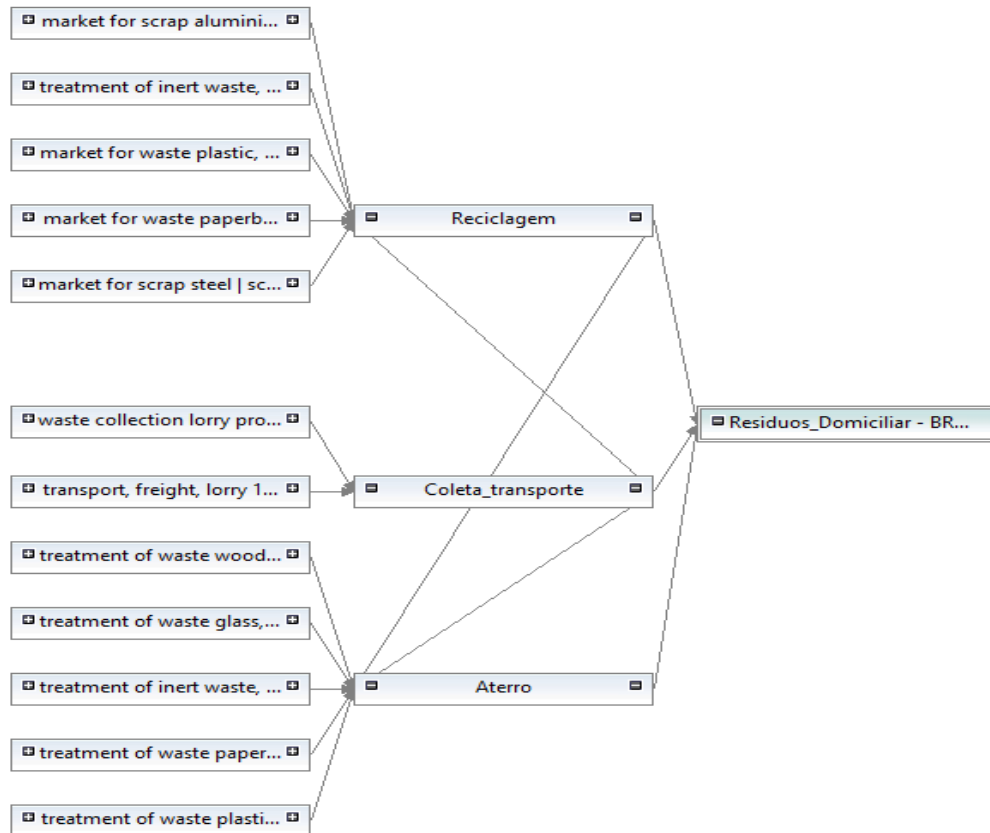
Os valores positivos, maior impacto ao meio ambiente e valores negativos, melhor desempenho, ou seja, menores danos ao meio ambiente (Foolmaun e Ramjeeawon, 2013).

### **Resultados e discussão**

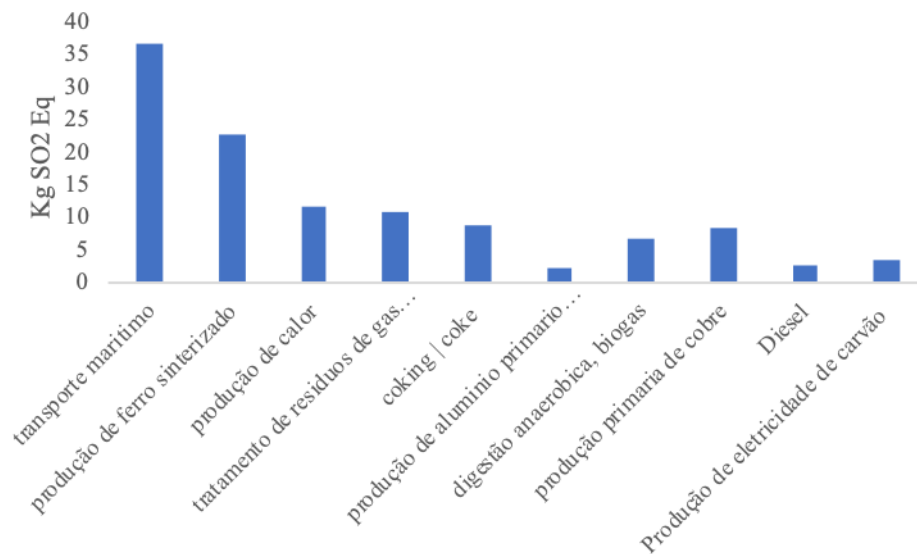
Analisando o cenário da gestão dos resíduos sólidos do Município de Campina Grande, com os dados do ano de 2013, observa-se que, conforme a figura 2, todos os valores foram positivos, sendo assim contribuindo para maior potencial de acidificação.

Na figura 2, pode observar que os processos com maior emissão de gases é o transporte, seguido pela produção de ferro, entre outros, que mesmo tendo influências menores, mas ao juntar causa grandes impactos.

**Figura 1. Fluxograma da fronteira do sistema aplicado na ACV dos resíduos sólidos gerados no município de Campina Grande, no ano de 2013**



**Figura 2. Principais processos que contribuem no potencial de acidificação na gestão dos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**

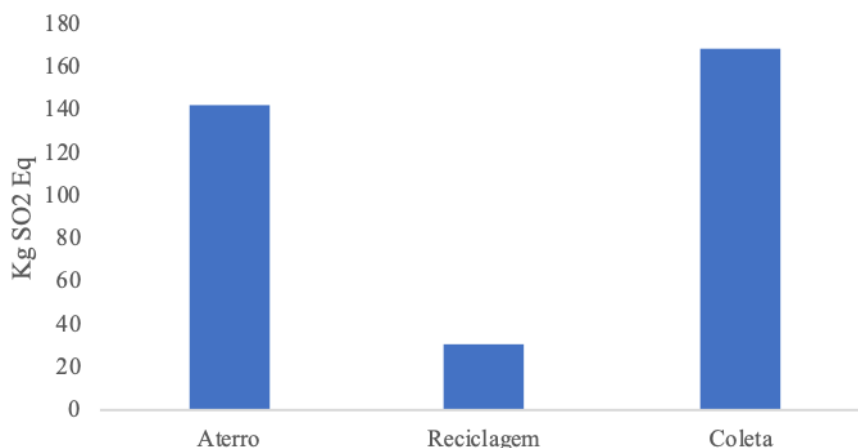


Avaliando cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos, Mersoni e Reichert (2017), obtiveram resultados negativos na categoria acidificação, com redução de gases com potencial de acidificação. De acordo com Martins (2017) o potencial de acidificação é auferido por sua predisposição em formar íons  $H^+$ , as substâncias que favorecem a acidificação são:  $SO_x$ ,  $NO_x$ ,  $HCl$  e  $NH_3$ .

Santinni (2016) afirma que as ações antropicas, com elevadas emissões de  $CO_2$  sendo incorporados nos oceanos, ocasiona uma acidificação da água do mar, estas implicações resultam em problemas para o ecossistema. Hance (2014) relata que os impactos que podem ocasionar são a dissolução da casca de crustáceos e moluscos, problemas aos recifes de coral e modificações na capacidade de ouvir dos peixes.

Na figura 3, observa-se que o fato dos resíduos serem dispostos no aterro, contribui negativamente, devido o aterro não ter captação dos gases, elevando o potencial de acidificação, apesar da coleta dos resíduos, devido a queima de combustível, ser o principal emissor de gases. A quantidade de resíduos que são reciclados ainda não é considerado ideal, contudo já é significativo sua contribuição ao meio ambiente.

**Figura 3. Comparação do potencial de acidificação no aterro e reciclagem na gestão dos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



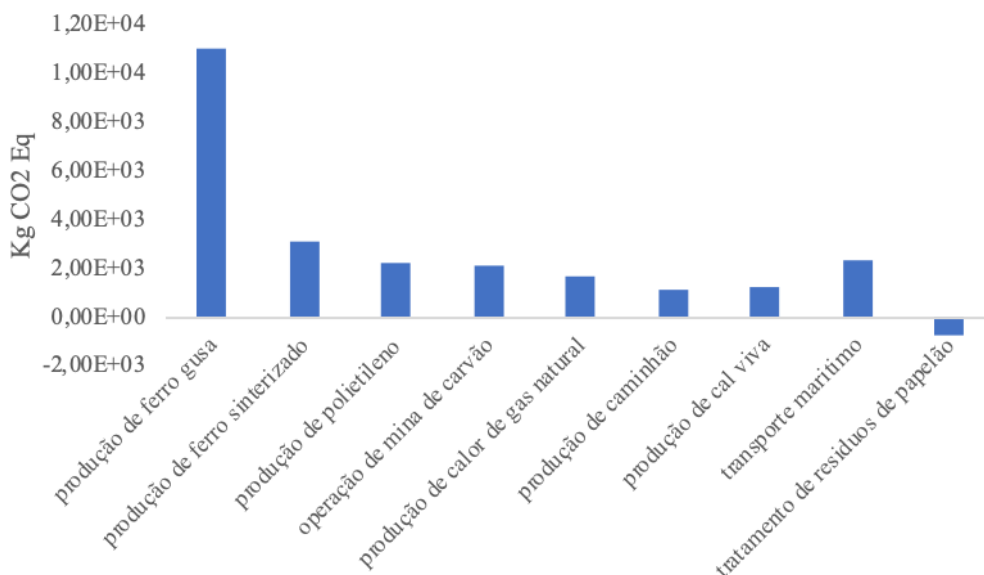
Em relação a mudança climática, observa-se alguns produtos que influenciam nos impactos diretos ao meio ambiente, como a produção de ferro e de polietileno de alta densidade (Figura 4), assim como valor negativo no tratamento de papel/papelão em aterro sanitário sendo um processo que é favorável ao meio ambiente, por não estar sendo dispostos em áreas inadequadas.

De acordo com BNDES (2017) a mineração e a metalurgia ocasionam enorme impactos ao meio ambiente, como por exemplo, quantidade de rejeitos produzidos pela mineração que colocam em risco as populações próximas, como vem acontecendo em barragens de rejeitos em Minas Gerais da responsabilidade da Empresa Vale, onde já houve rompimento destas barragens atingindo a população, poluindo a área, e com mortes de várias pessoas que trabalham no local, o dano ocasionado ao meio ambiente é irreparável. Há outros casos de probabilidade de rompimento em que as pessoas já foram retiradas do local.



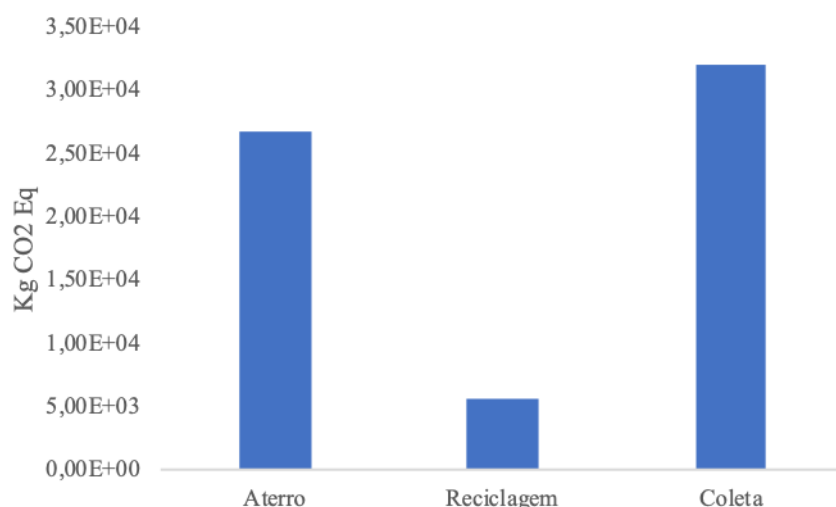
Uma das atividades que impacta em relação a emissões de gases de efeito estufa, é a metalurgia (BNDES, 2017), sendo necessário uso de tecnologias que reduzam os impactos ambientais, assim como investimentos e conscientização das empresas em interagir com o meio ambiente, tornando a economia sustentável.

**Figura 4. Principais processos que afetam a mudança climática dos RSU no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



A contribuição da coleta e do aterro sanitário são significativas, como o aterro sanitário não contém captação dos gases gerados nem fazem a prática da queima, totalizando mais de 64 mil Kg CO<sub>2</sub> Eq por tonelada de resíduos, são lançados ao meio ambiente, (Figura 5). A coleta dos RU, engloba a fabricação do caminhão de coleta no seu fluxo no banco de dados e o gasto de diesel, sendo assim elevada a emissão dos gases. A reciclagem contribui com a diminuição das alterações climáticas, sendo importante elevar a quantidade de material a ser reciclado. Na reciclagem deve-se considerar o transporte, energia, entre outros aspectos que influencia nos impactos contudo de forma menos agressiva.

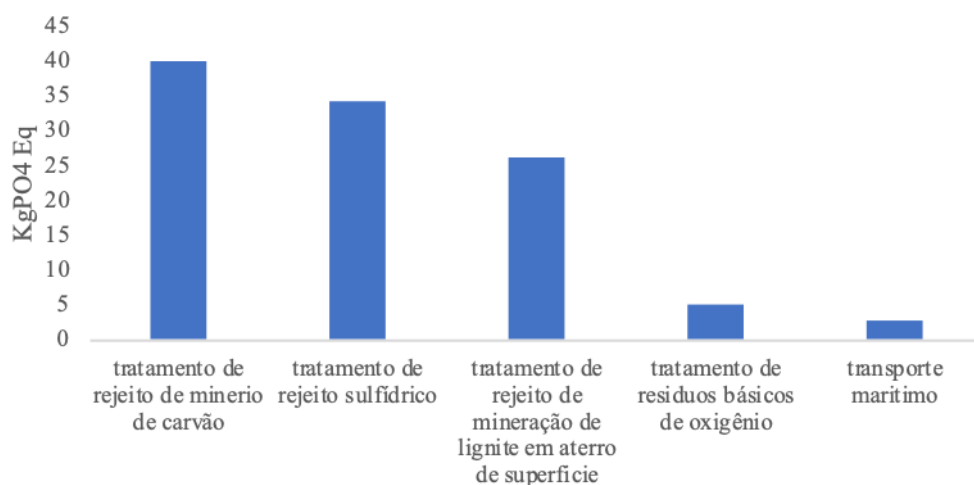
**Figura 5. Comparação da contribuição para mudança climática entre o aterro, reciclagem e coleta dos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



A eutrofização dos corpos hídricos é preocupante, inviabilizando sua utilização e reduzindo o ecossistema aquático, com a morte das espécies devido à poluição. Na figura 6, constata-se alguns itens que influenciam diretamente no potencial de eutrofização, como o tratamento de rejeito de minério de carvão. Na gestão dos resíduos sólidos, a eutrofização ocorre com a poluição dos recursos hídricos provenientes da decomposição dos RSU, como relata Garcia (2016).

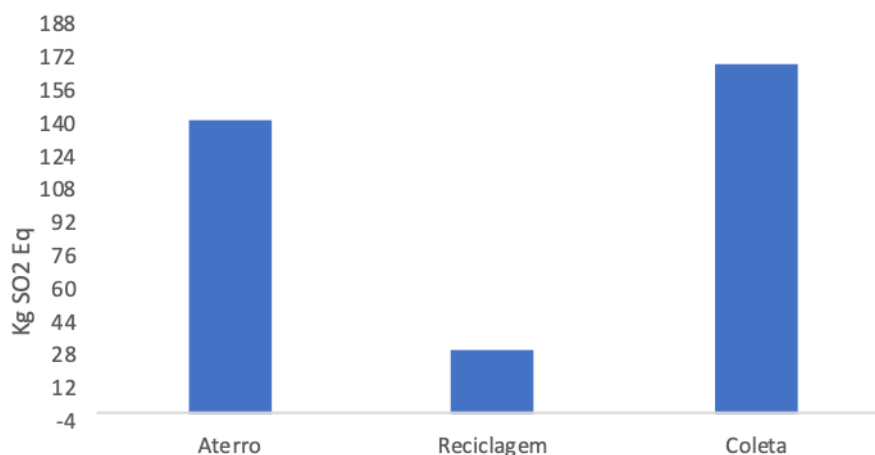
As mineradoras são fornecedoras de insumos sendo a base da cadeia produtiva da mesma, bem como esta atividade é responsável por mudanças no meio ambiente, devido a movimentação de terras, disposição de material inerte ou não aproveitável resultados dos processos de tratamento e beneficiamento. Os rejeitos são as principais fontes de poluição dos corpos hídricos (IBRAM, 2016).

**Figura 6. Parâmetros que afetam o potencial de eutrofização em relação aos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



Quando verifica-se a influência da coleta, reciclagem e aterro, nota-se na figura 7 que a principal que contribui para elevar o potencial de eutrofização é a coleta e disposição no aterro sanitário dos RSU, já que além dos poluentes gerados na fabricação dos carros de coleta, ainda em sua utilização são responsáveis por grande carga de poluentes lançados ao meio ambiente. Resultados semelhantes foram obtidos por Martins (2017) avaliando o ACV do programa de coleta seletiva em João Pessoa/PB, na categoria de impacto eutrofização.

**Figura 7. Comparação da contribuição para potencial de eutrofização entre o aterro, reciclagem e coleta dos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**

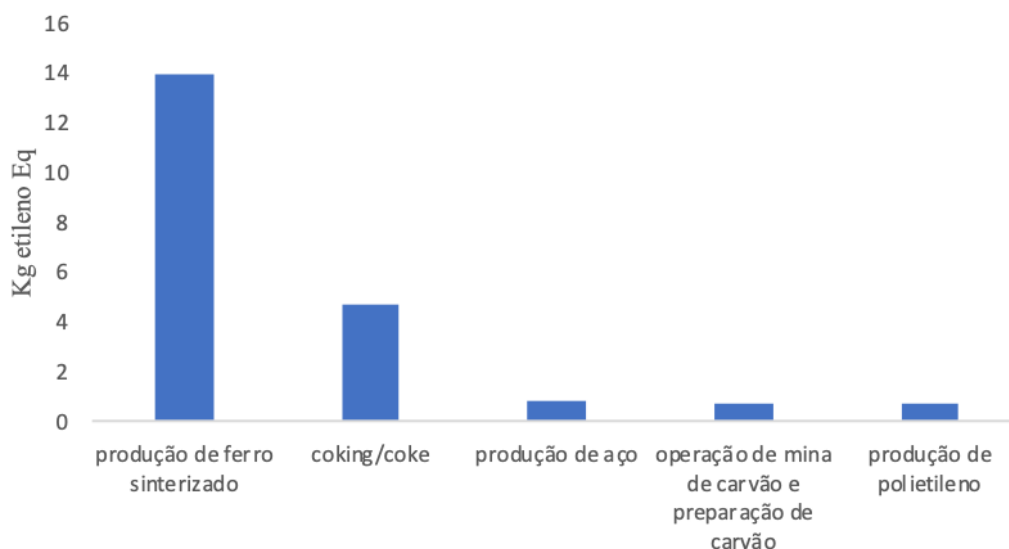


O gás  $\text{SO}_2$  é tóxico para os seres humanos, sendo responsável por problemas respiratórios, como a asma e indiretamente tem efeito nocivo à saúde devido a converter-se em sulfato em pequenas partículas (CONFRAGRI, 2009).

Pires (2016) descreve que o coque é definido como um sólido poroso constituído de carbono, proveniente com a remoção de matéria volátil do carvão mineral a elevadas temperaturas, sem presença de oxigênio, sendo um importante insumo siderúrgico.

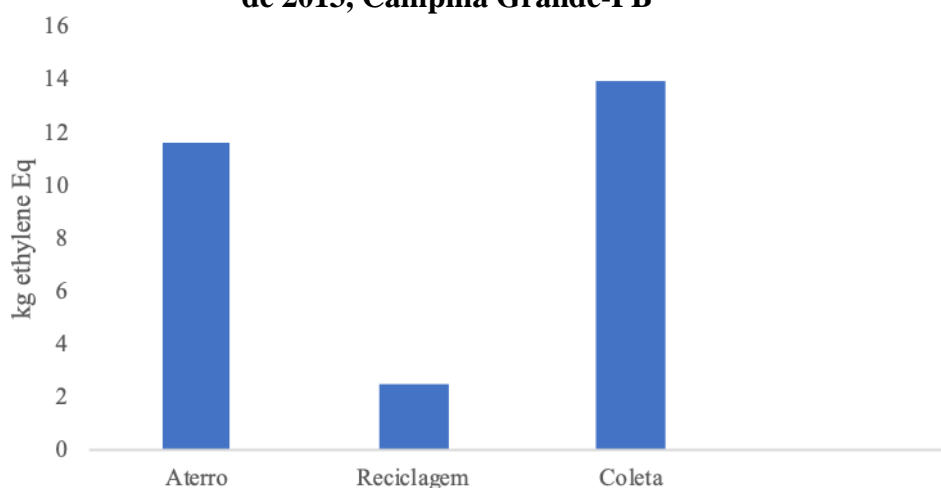
A produção de ferro tem maior valor (13,9 kg etileno Eq), sendo este aspecto responsável pela elevada oxidação fotoquímica obtida na análise do ciclo de vida dos resíduos urbanos do Município de Campina Grande-PB (Figura 8).

**Figura 8. Parâmetros que afetam a oxidação fotoquímica em relação aos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



Analisando o processo de recepção dos resíduos sólidos urbanos domésticos, averigua-se que a coleta dos RS é o que afeta na oxidação fotoquímica, por causa da liberação de gases (CO, NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>) na queima de combustível, seguido pelo aterro sanitário, com emissão de gases a atmosfera, enquanto a reciclagem tem menor potencial de impacto ambiental (Figura 9).

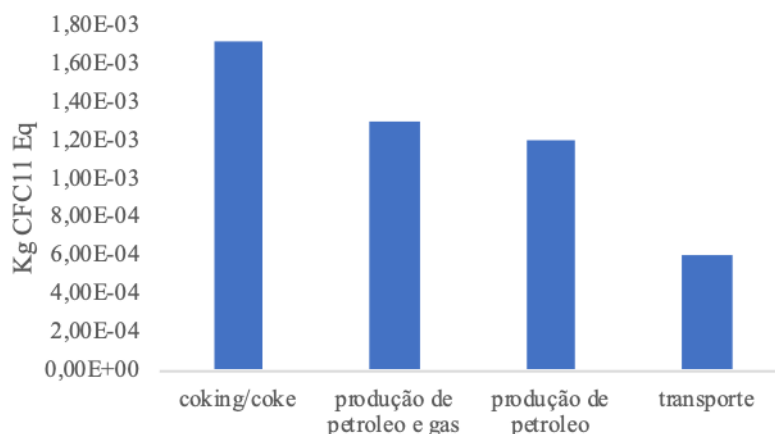
**Figura 9. Comparação da contribuição da categoria de impacto da oxidação fotoquímica entre o aterro, reciclagem e coleta dos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



Avaliando vários cenários Trenti (2015), obtiveram resultados semelhantes a este estudo, em que a coleta e o aterro sanitário ocasionam maiores impactos ambientais nesta categoria.

São evidenciados os parâmetros principais que influenciam negativamente na depreciação da camada de ozônio, sendo produção de gas e petroleo evidenciado pela sua contribuição na elevação da degradação da camada de ozônio (Figura 10).

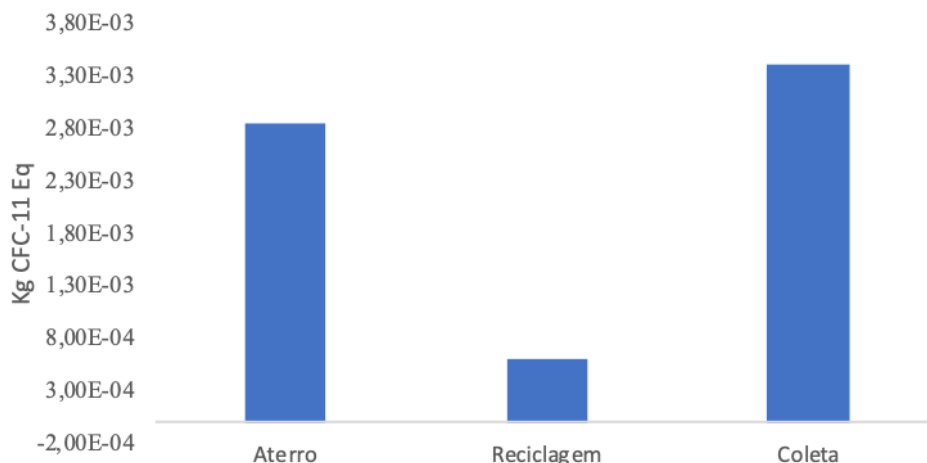
**Figura 10. Parâmetros que afetam na depleção da camada de ozônio em relação aos residuos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



O poluente CFC-11 é o responsável por suprimir a camada de ozônio, e a destruição desta camada acarreta em maior incidência da luz ultravioleta, aumentando as incidências de câncer de pele e lesões oculares em pessoas que ficam expostas as emissões, havendo ainda problemas na cultura, desgastes de plásticos, entre outros problemas que afetam diretamente a população (Chiani *et al.*, 2014).

A coleta e o aterro sanitario influenciam significativamente na depleção da camada de ozônio quando comparado com a reciclagem (Figura 11). Dessa maneira de analisando o processo de coleta até o aterro e reciclagem, a coleta e o aterro tem os maiores indices de contribuição de impactos negativos ambiental.

**Figura 11. Comparação da contribuição da categoria de impacto da depleção da camada de ozônio entre o aterro, reciclagem e coleta dos residuos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**

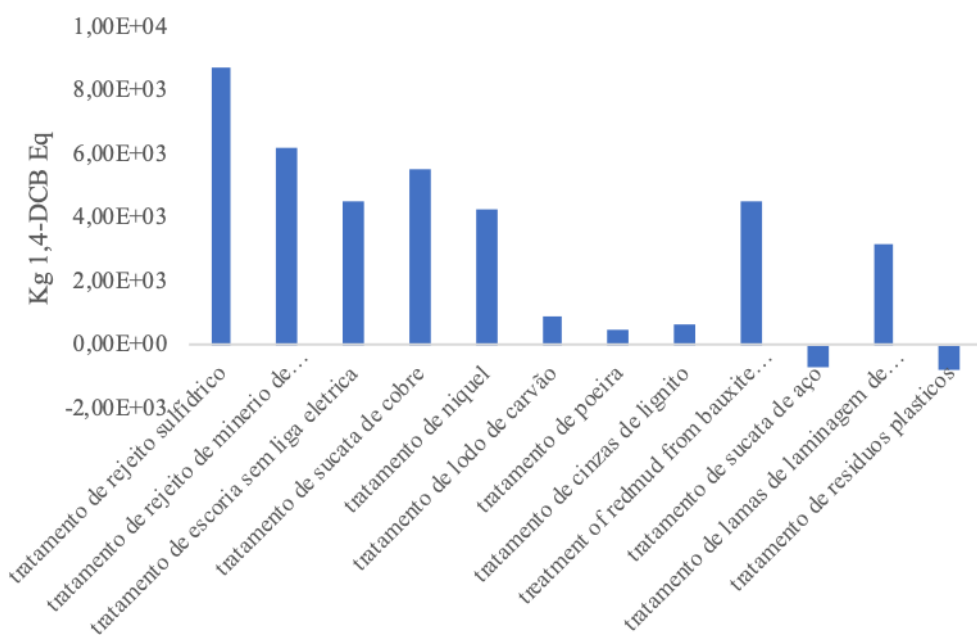


A categoria ecotoxicidade aquática de água doce analisa os prováveis impactos ocasionados pelos efeitos tóxicos das substâncias tóxicas que são produzidas durante o ciclo de vida para o meio ambiente (Rosado, 2015). Campelo *et al.*, (2017) afirmam que analisar os sedimentos dos ecossistemas aquáticos é relevante por ser uma forma de observar as condições ambientais para a realização de manejo adequado de recuperar o ambiente.

Na figura 12, constata-se valores positivos em quase todos os parâmetros de tratamento, apesar dos resíduos serem dispostos em aterro sanitário, há grande impacto ambiental, devido parte dos resíduos aterrados no aterro poderem ser reciclados, o que elevaria a vida útil do aterro e diminuição de gases lançados a atmosfera.

Os processos de tratamento de rejeito sulfídico tem maiores índices, seguido pelo tratamento de rejeito de minas de carvão, enquanto que o tratamento de sucata de aço e de resíduos plásticos, contribuem na diminuição da ecotoxicidade aquática de água doce (Figura 12).

**Figura 12. Principais processos que afetam a ecotoxicidade aquática de água doce em relação aos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



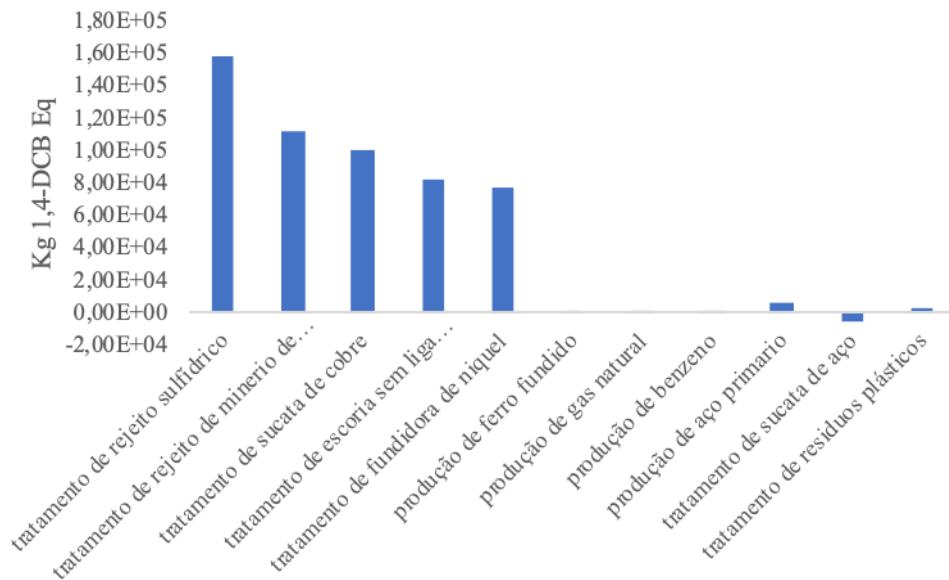
Observa-se na figura 13, processos com valores positivos sendo os principais responsáveis pela ecotoxicidade aquática marinha, como os resíduos de aterro sanitário, com efeito negativo no meio ambiente.

O tratamento de sucata de aço tem valor negativo, sendo um processo que não agride o meio ambiente, pelo contrário que contribue. Se há reutilização dos materiais de aço, sendo reinserido no ciclo de produção haverá diminuição de extração e produção deste material, diminuindo assim os impactos ambientais, Figura 13.

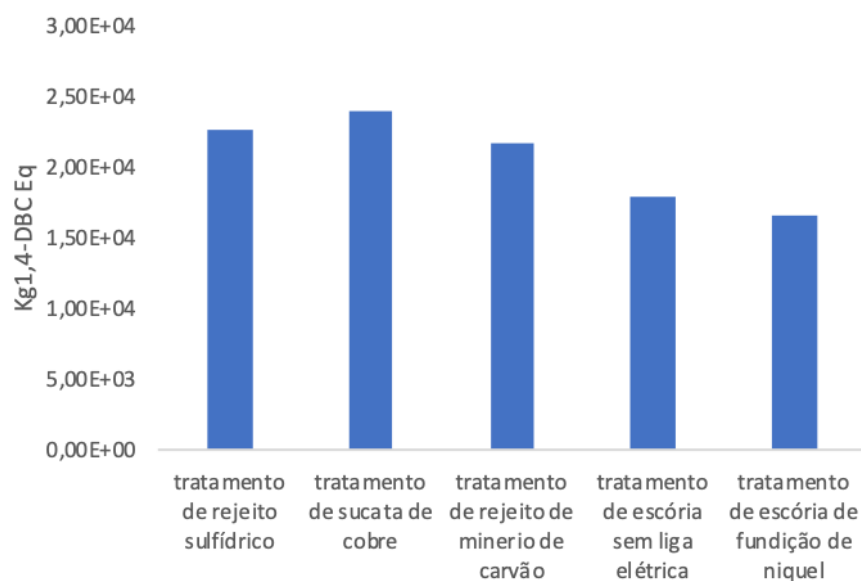
Na figura 14, sobre a categoria de impacto ecotoxicidade sedimentar marinha os tratamentos de rejeito sulfídico, de sucata de cobre e de rejeito de minério de carvão,

são os processos principais responsáveis pela elevação da ecotoxicidade sedimentar marinha.

**Figura 13. Parâmetros que afetam a categoria ecotoxicidade aquatica marinha em relação aos residuos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



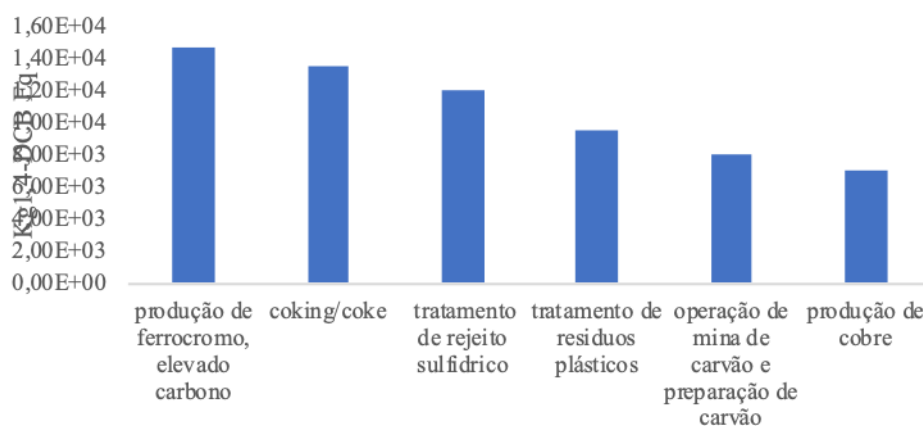
**Figura 14. Processos que afetam a categoria de impacto ecotoxicidade sedimentar marinha em relação aos residuos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



De acordo com Rosado (2015) a toxicidade humana está relacionada aos impactos ocasionados pelas substâncias presentes no ambiente afetado, como o ar, água e solo, a saúde humana. Através desta categoria de impacto ambiental que indica o potencial dano à saúde humana, decorrente de agentes tóxicos provenientes de inadequada disposição de rejeitos. Neste aspecto a produção de ferrocromo, figura 15, é um dos processos que ocasiona maior impacto. O coke é um tipo de combustível, sendo o segundo maior contribuidor da toxicidade humana.

O ferrocromo é proveniente de atividade mineradora que ocasiona elevados danos ao meio ambiente, tanto no revolvimento do solo, assim como na quantidade de rejeitos gerados. Segundo Silva e Andrade (2017) os resíduos dos metais provenientes de mineração no ecossistema aquático em altas concentrações ocasionam a morte de diversas espécies, afetando o sistema alimentar, assim como estes metais sedimentam nos corpos hídricos poluindo os rios e afetando todo ecossistema.

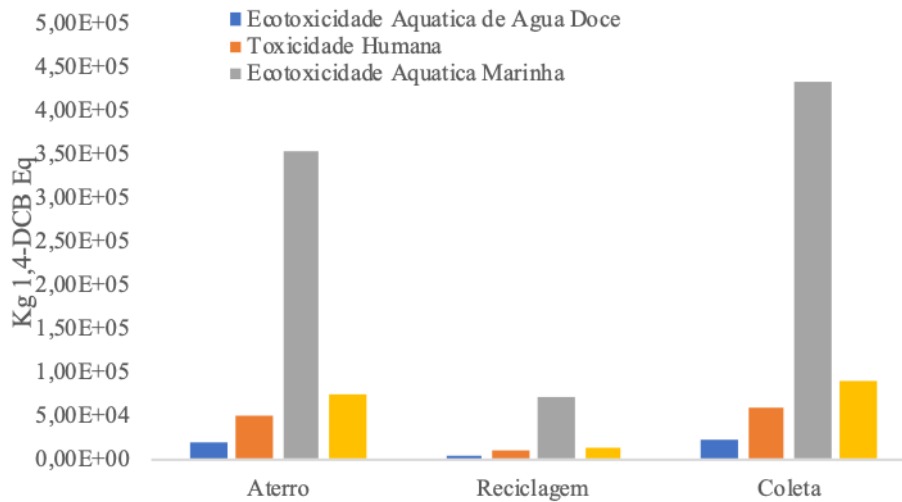
**Figura 15. Principais processos que afetam toxicidade humana em relação aos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



A coleta dos resíduos sólidos urbanos e a disposição no aterro sanitário são as fases do processo que têm maior impacto no meio ambiente nas quatro categorias analisadas na figura 16, enquanto a reciclagem com os menores índices. A ecotoxicidade aquática marinha tem valor elevado nos três processos analisados.

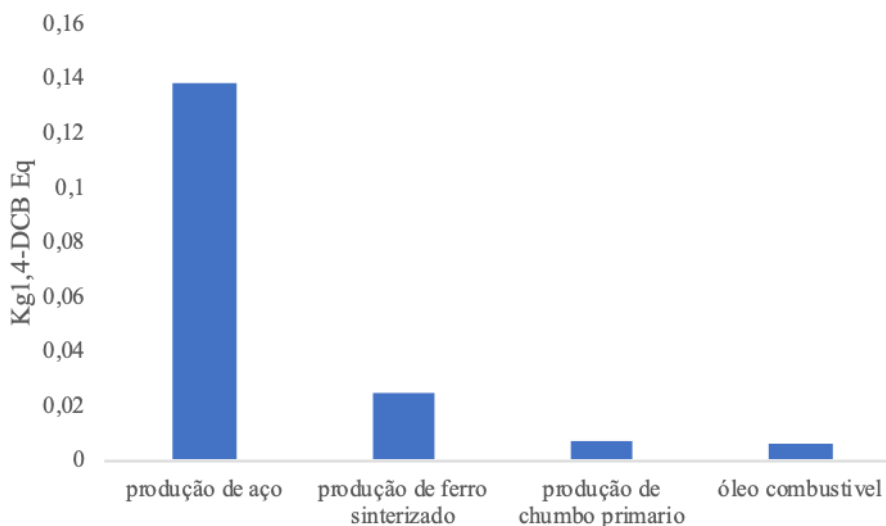


**Figura 16. Comparação da contribuição das categorias de impactos (ecotoxicidade aquática de água doce e marinha, sedimentar Marinha e Toxicidade Humana) entre o aterro, reciclagem e coleta dos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



Na categoria ecotoxicidade terrestre, a produção de aço é significativa na degradação terrestre, figura 17. A ecotoxicidade terrestre está relacionado com a taxa de elementos tóxicos responsáveis pelos danos a litosfera.

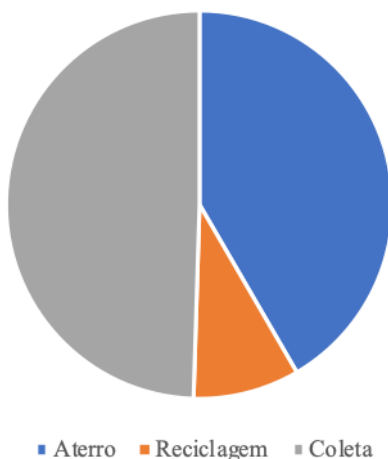
**Figura 17. Parâmetros que afetam na ecotoxicidade terrestre em relação aos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



A categoria de impacto ecotoxicidade terrestre é diretamente influenciada com a contribuição da Coleta dos RSU com 49% e com 42% o aterro sanitário, dessa maneira nas fases de coleta e disposição dos resíduos sólidos domésticos são os processos que

influenciam negativamente para que ocorra a ecotoxicidade terrestre, figura 18. A reciclagem apesar de exercer pouca influencia auxilia em 9% nesta categoria de impacto.

**Figura 18. Comparação da contribuição da categoria de impacto ecotoxicidade terrestre entre o aterro, reciclagem e coleta dos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**

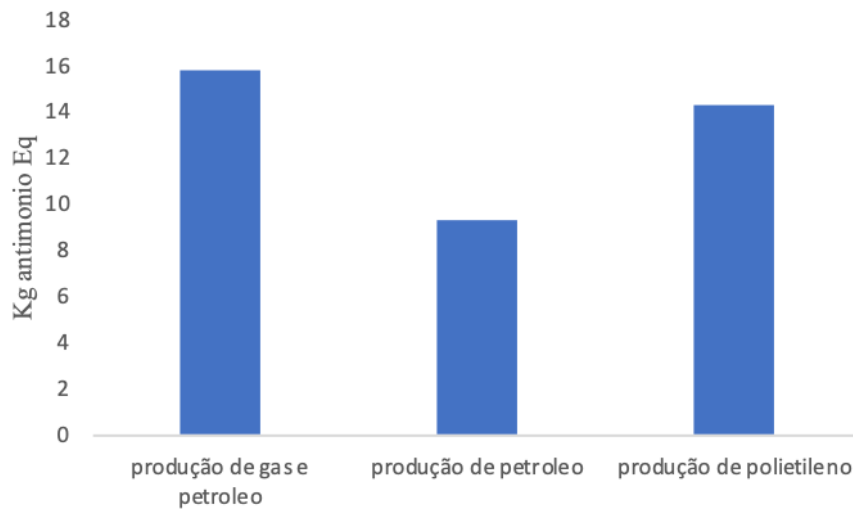


A produção de petróleo, gás e polietileno, são as principais causas de uso dos recursos naturais, além de outros que utilizam demasiadamente os bens naturais (Figura 19).

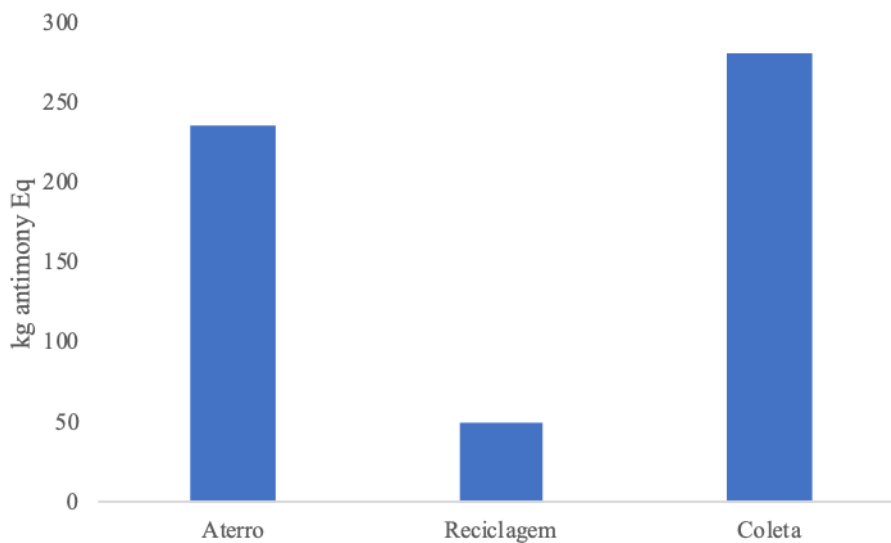
A depleção dos recursos naturais é um parâmetro que faz uma associação sobre os recursos retirados e as reservas recuperáveis do mesmo recurso, Guinée *et al.* (2002). Assim a reciclagem, Figura 20, ocasionam menores impactos ao meio ambiente por evitar emissões e a diminuição da extração de recursos naturais, com a prática da reciclagem.

Nota-se que na fase de coleta dos resíduos sólidos urbanos no município de Campina Grande -PB, figura 20, é a principal responsável pelo maior consumo dos recursos naturais, devido a necessidade de combustível e de produtos para fabricação dos carros coletores, seguido pela disposição nos aterro sanitário.

**Figura 19. Principais processos que depreciam os recursos naturais em relação aos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



**Figura 20. Comparação da contribuição da categoria de impacto depleção dos recursos naturais entre o aterro, reciclagem e coleta dos resíduos sólidos urbanos no ano de 2013, Campina Grande-PB**



Resultados divergentes foram obtidos por Rosado (2015) ao analisar a ACV dos resíduos da construção civil obtiveram nas categorias depleção dos recursos, acidificação, eutrofização e ecotoxicidade aquática para a fase de triagem e reciclagem valores negativos, ou seja, dados positivos ao meio ambiente.

## CONCLUSÃO

A coleta e a disposição final no aterro sanitário são os processos que têm maior impacto ambiental;

A reciclagem precisa ser mais abrangente e eficaz para reduzir os problemas ambientais ocasionados pela geração e descarte incorreto de resíduos;

É importante que o aterro adote sistemas de captação dos gases liberados, reduzindo assim os danos ao meio ambiental.

## REFERÊNCIAS

AUDIBERT, J. L.; FERNANDES, F. Avaliação qualitativa da emissão de biogás em aterro controlado de médio porte. *Revista DAE*, 2012, nº 190, p. 56-73.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro, 2009.

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*. 2015. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2015.

Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos sólidos do Município de Campina Grande-PB - PMGIRS. *Diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos urbanos*. ECOSAM, 2014. 290 p.

Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos sólidos do Município de Campina Grande-PB -PMGIRS. *Prognóstico, diretrizes, estratégias e metas programas, projetos e ações*. ECOSAM, 2014. 300 p.

BOVEA, M. D.; IBÁÑEZ-FORÉS, V.; GALLARDO, A.; COLOMER-MENDOZA, F. J. Environmental Assessment of Alternative Municipal Solid Waste Management Strategies. A Spanish Case Study. *Waste Management*, 2010, vol. 30, p. 2383-2395.

BRASIL. Decreto Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial da União, Brasília- DF, 2 de agosto de 2010.

CAMPELO, C. M. A.; OLIVEIRA, V. M.; MOCHEL, F. R.; LIMA, L.G.; SANTOS, R. L. Bioprospecção de macroinvertebrados bênticos para ensaios ecotoxicológicos de sedimentos marinhos e estuários. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 2017, vol. 27, nº 1, p. 33-42.

CONFAGRI (Confederação Nacional de Cooperativas Agrícolas e de Crédito Agrícola de Portugal). *Texto síntese sobre a área temática “Ar”*. 2009. Disponível em: <<http://www.confagri.pt/Ambiente/Areastematicas/Ar/TextoSintese>>. Acesso em: [24 de jul. 2019].

CORDEIRO, M. C. *Ilhas de calor urbanas no nordeste brasileiro: uma avaliação com base em imagens de satélite*. 2016, 84 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia de Meso e Grande Escalas). Programa de Pós-graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande-PB, 2016.

GHIANI, G.; LAGANÀ, D.; MANNI, E.; MUSMANNO, R.; VIGO, D. Operations research in solid waste management: A survey of strategic and tactical issues. *Computers & Operation Research*, 2014, vol. 44, p. 22-32.

GUINEE, J. *Handbook on Life Cycle Assessment. An Operational Guide to the ISO Standards*. Kluwer Academic Publishers. 2001.

HANCE, J. Reação negativa: a acidificação dos oceanos piora o aquecimento global. *Mongabary Jornalismo ambiental independente*, 2014.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. *What a Waste – A Global Review of Solid Waste Management*. World Bank, Washington DC, USA. 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Arborização de vias públicas: IBGE, Censo Demográfico 2010*.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Área territorial: Área territorial brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011). *Densidade demográfica: IBGE, Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Esgotamento sanitário adequado: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, 2011.

IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração). *Gestão e Manejo de rejeitos da mineração*. Brasília, 2016, 128 p.

IDHM - *Índice de desenvolvimento humano municipal*. (2011). Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD.

LOURENÇO, D. A. *Otimização de rotas de coleta de resíduos sólidos em uma área urbana: o caso da cidade de Campina Grande – PB*. 2016, 157p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2016.

LOURENÇO, J. C. *Gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Campina Grande-PB*. 2018, 201p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. 2018.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S. Monitoramento e Intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. *Revista Brasileira de Climatologia*, 2011, vol. 8, nº 7, p. 105-117.

MARTINS, W. A. *Avaliação do ciclo de vida do programa de coleta seletiva do Município de João Pessoa-PB, Brasil*. 2017, 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal da Paraíba, 2017.

MEDEIROS, A. M. T.; SILVA, M. P.; MEDEIROS, R. M.; LIMA, R. C. C. Mudanças Climáticas em Campina Grande - PB - Um Estudo Sobre o Aquecimento Urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2011, vol. 3, nº 2, p. 278-285.

MONTEIRO, J. L. A. *Redimensionamento dos itinerários de coleta de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Campina Grande-PB*. 2014, 40p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, 2014.

NASCIMENTO NETO, P. *Resíduos sólidos urbanos: perspectivas de gestão intermunicipal em regiões metropolitanas*. São Paulo: Editora Atlas, 2013, 224 p.

PECORA, V. G.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G.; COELHO, S. T. Aproveitamento de biogás proveniente de aterro sanitário para geração de energia elétrica em São Paulo. *In: Congresso Brasileiro de planejamento energético, 7, São Paulo. Anais...* São Paulo: USP, 2010, p. 1249-1261.

PIRES, L. C. *Caracterização de coques visando previsão da degradação durante manuseio*. 2016. 85 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenheiro Metalúrgica). Escola Politécnica/UFRJ, 2016.

RIGAMONTI, L.; GROSSO, M.; SUNSERI, M. C. Influence of assumptions about selection and recycling efficiencies on the LCA of integrated waste management systems. *Int J Life Cycle Assess*, 2009, nº 14, p. 411–419.

ROSADO, L. P. (2015). *Avaliação do Ciclo de Vida de Alternativas para o Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil do Município de Limeira/SP, Brasil*. 2015. 386p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, 2015.

SANTINI, J. L. Acidificação recorde dos oceanos ameaça ecossistemas. *Revista Veja*, 2016. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/ciencia/acidificacao-recorde-dos-oceanos-ameaca-ecossistemas>> . Acesso em: [27 de abr. 2020].

SANTOS, B. D. *Alternativas mitigadoras de riscos ocupacionais no exercício profissional de catadores de materiais recicláveis vinculados à ARENSA*. 2016. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

SILVA, M. L.; ANDRADE, M. C. K. Os impactos ambientais da atividade mineradora. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 2017, vol.11, nº 6, p. 67-82.

TURCONI, R.; BOLDRIN, A.; ASTRUP, T. Life Cycle Assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, p. 555–565.

TRENTIN, A. W. S. *Diagnóstico e avaliação do ciclo de vida do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Santa Cruz do Sul-RS*. 2015. 114 p. Dissertação (Mestrado em Gestão e tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, 2015.

© Copyright Wanessa Alves Martins, Elaine Cristina dos Santos Araújo, Viviane Farias Silva y Revista *GeoGraphos*, 2020. Este artículo se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.



**GIECRYAL**

GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE  
ESTUDIOS CRÍTICOS Y DE AMÉRICA LATINA