RECINTER - REVISTA CIENTÍFICA INTERDISCIPLINAR
ISSN 2966-3911

A VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL: UMA ANÁLISE MATEMATIZADA

THE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL FEASIBILITY OF SOLID WASTE MANAGEMENT IN BRAZIL: A MATHEMATICAL ANALYSIS

LA VIABILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN BRASIL: UN ANÁLISIS MATEMATIZADO

Marcio Magera Conceição[1], Joelma Telesi Pacheco Conceição[2], Fabrício Bau Dalmas[3], Ricardo Costa[4]

e1101
https://doi.org/10.47820/recinter21.v1i1.2

PUBLICADO: 10/2024

RESUMO

Este trabalho demonstra o funcionamento e a aplicabilidade do programa VERDES, utilizando o contexto do Brasil. A geração de resíduos sólidos domésticos no país tem aumentado significativamente nas últimas décadas, e os órgãos públicos responsáveis pela gestão desses resíduos vêm adotando a reciclagem como uma estratégia para reutilizar o lixo urbano, tanto como matéria-prima quanto como uma fonte de geração de emprego e renda, especialmente para classes com menor formação educacional. A iniciativa privada e os governos locais trabalham conjuntamente em projetos de implantação de usinas de reciclagem, embora essas iniciativas ainda sejam incipientes e não apresentem resultados em larga escala. O potencial econômico do Brasil, ao aplicar a logística reversa e utilizar o programa VERDES, poderia alcançar valores significativos, sendo que parte desses recursos retornariam aos cofres públicos se fosse implementada a coleta seletiva para 100% dos resíduos urbanos e a sua reciclagem. Entretanto, como apresentado neste estudo, o Brasil perde oportunidades econômicas na ordem de centenas de milhões de reais ao ano, por não adotar uma política de gestão de resíduos abrangente que maximize o aproveitamento dos resíduos gerados. Apesar disso, a reciclagem formal e informal já existente gera milhares de empregos no país, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiental. Gestão de Resíduos. Viabilidade Econômica.

[1] Economista pela PUC- Campinas. MBA de Marketing pela ESAMC, Sorocaba. Mestrado em Administração pela UNG - Guarulhos. Mestrado em Sociologia pela PUC - São Paulo. Doutor em Sociologia pela PUC - São Paulo. Doutor em Filosofia da Administração pela FCU – EUA, diploma Reconhecido no Brasil pela Universidade UNAMA, Pará. Pós Doutor Unicamp - Campinas. Pós Doutor FCU - EUA. Pós Doutor Universidade de Coimbra-Portugal. Jornalista e Escritor. Avaliador do MEC/INEP, há 16 anos. Pró Reitor da Universidade de Guarulhos, SP. Pesquisador do grupo de cientistas da Centro de Ecologia Funcional da Universidade de Coimbra, Portugal. Pesquisador da Universidade Paulista, UNIP. Professor do programa de mestrado Geoambiental da Universidade Guarulhos. Editor chefe da RECIMA21.

[2] Mestre em Administração de Empresas, professora da graduação e pós graduação em cursos de Administração e Tecnológicos em Gestão de Recursos Humanos, Logística, Comércio Exterior, Gestão da Qualidade, Gestão Comercial. Orientei a elaboração de trabalhos de conclusão de cursos (TCC) em graduação e pós graduação.

[3] Graduado em Ciências Biológicas (Licenciatura Plena) pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Ciências na área Recursos Minerais e Meio Ambiente pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc/USP. Doutor em Ciências pelo IGc/USP. Doutorado no Departamento de Geografia Física e Análises Geográficas Regionais da Universidade de Sevilla (Espanha), dentro do Programa Institucional de Bolsas de Doutorado no Exterior da CAPES. Docente no Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Univeritas UNG. É consultor do Conselho Estadual de Educação do Estado de São Paulo. Membro do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente do Município e Guarulhos. Coordenador do Comitê de Pesquisa e Vice-Coordenador do Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Univeritas UNG. Graduado no Curso de Direito da Universidade UNG.

[4] Pós-Doutorado em Comunicação pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Doutor em Ciências Sociais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC/SP, Mestre em Comunicação Social pela Universidade Metodista de São Paulo - UMESP. Graduação em Comunicação Social. Especialista em Gestão de Ecossistema Digital. Colaborador no INEP como avaliador de cursos presenciais e EaD. Pesquisador da Universidade Federal de Minas Gerais. Professor do Programa de Mestrado em Análise Geoambiental.

RECINTER - REVISTA CIENTÍFICA INTERDISCIPLINAR
ISSN 2966-3911

ABSTRACT
This study demonstrates the functioning and applicability of the VERDES program in the context of Brazil. The generation of household solid waste in the country has increased significantly in recent decades, and public authorities responsible for managing this waste have been adopting recycling as a strategy to reuse urban waste, both as raw material and as a source of employment and income, especially for those with lower educational backgrounds. The private sector and local governments are working together on projects to establish recycling plants, though these initiatives are still in their early stages and lack large-scale results. Brazil's economic potential, by applying reverse logistics and utilizing the VERDES program, could reach significant values, with part of these resources returning to public coffers if selective collection were implemented for 100% of urban waste and fully recycled. However, as presented in this study, Brazil misses out on economic opportunities worth hundreds of millions of reais annually by not adopting a comprehensive waste management policy that maximizes the utilization of generated waste. Nevertheless, the existing formal and informal recycling efforts already generate thousands of jobs in the country, contributing to economic and social development.

KEYWORDS*: Environmental. Waste Management. Economic Viability.*

RESUMEN
Este estudio demuestra el funcionamiento y la aplicabilidad del programa VERDES en el contexto de Brasil. La generación de residuos sólidos domésticos en el país ha aumentado significativamente en las últimas décadas, y las autoridades públicas responsables de la gestión de estos residuos han adoptado el reciclaje como una estrategia para reutilizar los residuos urbanos, tanto como materia prima como una fuente de empleo e ingresos, especialmente para aquellos con menor nivel educativo. El sector privado y los gobiernos locales están trabajando juntos en proyectos para establecer plantas de reciclaje, aunque estas iniciativas aún están en sus primeras etapas y carecen de resultados a gran escala. El potencial económico de Brasil, al aplicar la logística inversa y utilizar el programa VERDES, podría alcanzar valores significativos, con parte de estos recursos regresando a las arcas públicas si se implementara la recolección selectiva para el 100% de los residuos urbanos y se reciclaran por completo. Sin embargo, como se presenta en este estudio, Brasil pierde oportunidades económicas por valor de cientos de millones de reales anualmente por no adoptar una política de gestión de residuos integral que maximice el aprovechamiento de los residuos generados. No obstante, los esfuerzos de reciclaje formales e informales existentes ya generan miles de empleos en el país, contribuyendo al desarrollo económico y social.

PALABRAS CLAVE*: Medioambiental. Gestión de residuos. Viabilidad económica.*

INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSD) no Brasil é um desafio significativo, dado o tamanho continental do país, que possui mais de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, 26 estados e um Distrito Federal, além de uma população de 215 milhões de habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). Estima-se que a população brasileira gere cerca de 343 quilos de resíduos per capita por ano, resultando em um total de aproximadamente 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos produzidos anualmente. A quantidade e a diversidade de resíduos tornam a gestão eficiente e sustentável uma prioridade urgente para as políticas públicas do país.

Este artigo utiliza uma abordagem baseada em dados matemáticos para explorar a viabilidade econômica e ambiental de uma gestão adequada dos resíduos sólidos no Brasil, com inspiração no estudo do programa VERDES, um software desenvolvido na Universidade Estadual de

RECINTER - REVISTA CIENTÍFICA INTERDISCIPLINAR
ISSN 2966-3911

Campinas (Unicamp, 2002) e aperfeiçoado na Universidade de Coimbra, Portugal, pelo autor no ano de 2018. O programa VERDES é utilizado como uma ferramenta de análise de dados e simulação de cenários para a gestão de resíduos sólidos urbanos, permitindo avaliar a eficiência de diferentes estratégias e calcular seus impactos econômicos e ambientais.

O estudo foi aplicado à cidade de Guarulhos, uma das maiores cidades do estado de São Paulo, que possui uma população de cerca de 1,4 milhão de habitantes e enfrenta sérios desafios relacionados à gestão de resíduos sólidos. Guarulhos produz aproximadamente 1.300 toneladas de resíduos por dia, sendo a maior parte destinada a aterros sanitários, que muitas vezes operam próximos da sua capacidade. O artigo utiliza o estudo de caso de Guarulhos para ilustrar como a implementação de políticas de reciclagem eficientes poderia reduzir significativamente o volume de resíduos destinados aos aterros, diminuir os custos de gestão, aumentar a geração de emprego na cadeia de reciclagem e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

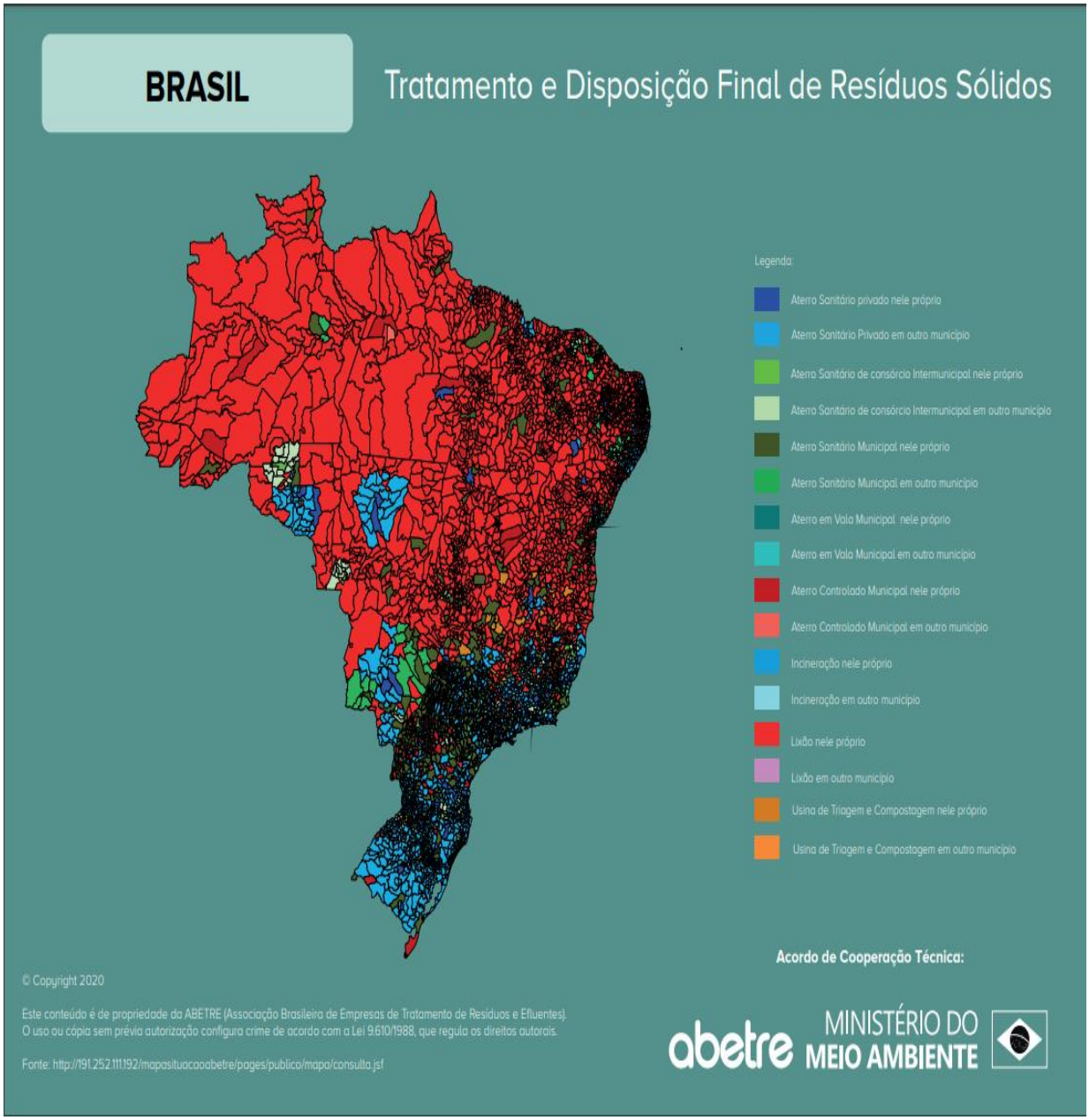
Além disso, o estudo enfatiza a importância da coleta seletiva e da reciclagem como ferramentas essenciais para a sustentabilidade ambiental e a viabilidade econômica da gestão de resíduos sólidos. Atualmente, no Brasil, apenas 3,7% dos resíduos sólidos urbanos são reciclados, enquanto países como Alemanha e Suécia atingem taxas superiores a 50%. Isso demonstra o enorme potencial inexplorado do Brasil para aumentar sua taxa de reciclagem e, com isso, obter benefícios significativos tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

A implementação de uma política nacional de reciclagem, acompanhada de investimentos em infraestrutura e campanhas de conscientização da população, poderia gerar uma economia substancial para os municípios, que gastam, em média, 30% de seus orçamentos anuais apenas com a coleta e disposição final dos resíduos. Além disso, a reciclagem contribui para a redução da extração de recursos naturais e da emissão de gases de efeito estufa, colaborando para o cumprimento das metas brasileiras no Acordo de Paris.

Os dados matemáticos obtidos com o uso do programa VERDES indicam que, se as políticas de reciclagem e compostagem forem expandidas para uma escala nacional, o Brasil poderia reduzir em até 40% o volume de resíduos destinados a aterros sanitários e economizar bilhões de reais anualmente. Esses recursos poderiam ser redirecionados para outras áreas essenciais, como saúde e educação, além de fomentar a economia circular e a geração de empregos verdes.

Assim, este artigo defende que a implementação de políticas de gestão de resíduos sólidos no Brasil, com base em modelos matemáticos e tecnologia, é não apenas uma necessidade ambiental, mas também uma oportunidade econômica. Investir em reciclagem, educação ambiental e inovação tecnológica representa um caminho viável e promissor para transformar um problema de gestão em uma solução de desenvolvimento sustentável, com impactos positivos em diversas esferas da sociedade.

RECINTER - REVISTA CIENTÍFICA INTERDISCIPLINAR
ISSN 2966-3911



QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E SEU POTENCIAL ECONÔMICO

No Brasil, estima-se que a geração de resíduos sólidos urbanos alcance cifras alarmantes, com milhões de toneladas de lixo produzidas anualmente. Em Guarulhos, uma cidade com 1,4 milhão de habitantes, a média é de 1.120 toneladas por dia, o que corresponde a cerca de 0,8 kg por habitante. Considerando-se o mesmo valor per capita e a população total do país de aproximadamente 215 milhões, o Brasil geraria 219.000 toneladas de resíduos sólidos por dia, totalizando cerca de 80 milhões de toneladas por ano.

RECINTER - REVISTA CIENTÍFICA INTERDISCIPLINAR
ISSN 2966-3911

No entanto, atualmente apenas cerca de 3,7% desse montante é reciclado no Brasil, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2024). O programa VERDES, que calcula a potencialidade da reciclagem e o valor econômico dos materiais recuperáveis, mostra que, caso o país adotasse um sistema de reciclagem eficiente, o potencial econômico da reciclagem anual dos resíduos sólidos poderia ultrapassar os 100 bilhões de reais, quando considerados materiais como alumínio, papel, plástico, vidro e aço, que juntos representam mais de 90% dos valores dos produtos reciclados.

CÁLCULOS DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM

Com base nos dados do estudo realizado em Guarulhos, a aplicação de práticas de reciclagem no Brasil poderia trazer economias substanciais em diversos setores. Por exemplo, em Guarulhos, a reciclagem formal e informal resultou em uma economia anual de R$ 230.747.192,00 apenas em energia, matéria-prima e água. Proporcionalmente, se aplicássemos essa taxa de economia ao nível nacional, considerando a diferença populacional e o volume de resíduos gerados, o país poderia economizar anualmente mais de R$ 34 bilhões.

Os principais materiais recicláveis, como latas de alumínio, papel, vidro e plástico, não só ajudam a reduzir a pressão sobre a extração de recursos naturais, mas também contribuem diretamente para a redução dos custos de energia e água, essenciais para o processamento de novas matérias-primas. Cada tonelada de alumínio reciclada, por exemplo, pode poupar até 95% da energia necessária para a produção a partir do minério de bauxita. Isso também contribui para a diminuição da poluição do ar em 95% e da poluição da água em 97%.

IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA FALTA DE RECICLAGEM

A falta de um sistema eficaz de reciclagem no Brasil leva à perda de recursos econômicos valiosos. Estima-se que, pela não reciclagem dos resíduos sólidos urbanos, o país esteja perdendo mais de R$ 50 bilhões por ano, dinheiro que poderia ser redirecionado para investimentos em infraestrutura, saúde e educação. Além disso, a reciclagem não adotada impacta negativamente a criação de empregos: em Guarulhos, a ausência de uma política abrangente de reciclagem representou a perda de mais de 26.000 postos de trabalho. No contexto nacional, a ausência da reciclagem está impedindo a criação potencial de centenas de milhares de empregos formais.

No campo ambiental, o impacto é igualmente significativo. A deposição inadequada de resíduos em aterros resulta em problemas como a contaminação do solo e da água, além da emissão de gases de efeito estufa. A reciclagem poderia ajudar a diminuir esses impactos, promovendo uma economia circular em que os resíduos são reintroduzidos no ciclo produtivo, reduzindo a dependência de recursos naturais.

RECINTER - REVISTA CIENTÍFICA INTERDISCIPLINAR
ISSN 2966-3911

CONSIDERAÇÕES

Os dados apresentados demonstram claramente que a reciclagem dos resíduos sólidos urbanos no Brasil é economicamente viável e ambientalmente necessária. A implementação de uma política de reciclagem abrangente poderia gerar bilhões de reais em economia, reduzir a pressão sobre os recursos naturais e criar centenas de milhares de empregos.

O descarte inadequado do lixo urbano, quando não reciclado e jogado diretamente na natureza, gera uma série de problemas ambientais, sociais e econômicos. Na perspectiva ambiental, os resíduos descartados de maneira incorreta contaminam solo e corpos d'água, prejudicando ecossistemas inteiros. O plástico, por exemplo, pode levar centenas de anos para se decompor e, durante esse período, fragmenta-se em microplásticos que entram na cadeia alimentar, afetando tanto a fauna aquática quanto os seres humanos. Além disso, resíduos tóxicos, como pilhas e baterias, liberam substâncias nocivas, contaminando lençóis freáticos e colocando em risco a saúde das comunidades.

Os impactos sociais incluem a proliferação de doenças, já que o lixo acumulado em áreas urbanas cria ambientes propícios para a reprodução de vetores como ratos, mosquitos e baratas, aumentando a incidência de enfermidades como dengue, leptospirose e outras doenças transmitidas por esses animais. O problema do lixo afeta principalmente comunidades mais vulneráveis, onde o serviço de coleta de resíduos muitas vezes é inadequado e onde o acúmulo de lixo traz consequências diretas para a qualidade de vida dos moradores.

Do ponto de vista econômico, a falta de reciclagem também representa uma perda de oportunidade, já que grande parte dos resíduos descartados tem potencial de ser reaproveitada. O setor de reciclagem poderia gerar empregos e promover desenvolvimento econômico, além de reduzir a necessidade de extração de novas matérias-primas, contribuindo para um uso mais sustentável dos recursos naturais. A ausência de um sistema eficiente de reciclagem não só causa desperdício, mas também aumenta os custos com limpeza pública e manutenção de aterros sanitários, onerando ainda mais os cofres públicos.

Portanto, a conscientização e a adoção de práticas de reciclagem são fundamentais para minimizar os impactos negativos do lixo urbano, promovendo um ambiente mais limpo, seguro e sustentável para todos.

Para atingir esse potencial, é necessário um esforço coordenado entre governo, setor privado e sociedade civil para investir em infraestrutura de reciclagem, promover a educação ambiental e criar incentivos econômicos para a reciclagem. Somente assim o Brasil poderá aproveitar ao máximo os benefícios econômicos e ambientais dos resíduos sólidos urbanos, contribuindo para um desenvolvimento mais sustentável e uma sociedade mais justa.

RECINTER - REVISTA CIENTÍFICA INTERDISCIPLINAR
ISSN 2966-3911

REFERÊNCIAS

BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade Líquida**. Rio de Janeiro: Editora Zaha, 2001.

DALMAS, Fabrício Bau; GOVEIA, Sidney Schaberle; OLIVEIRA, Fábio Rodrigo; AMARAL, Cibele Hummel; MACEDO, Arlei Benedito. Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11 – Ribeira de Iguape e Litoral Sul. **Revista Geociências da UNESP**, v. 30, n. 2. 2011. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/5546. Acesso em: 13 mar. 2022.

DUSTON, Thomas E. **Recycling Solid Waste –The First Choice for Private and Public Sector Management**. London: Quorum Books, 1993.

IBGE. **Cidades e Estados**. Brasilia: IBGE, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/guarulhos.html Acesso em: 04 jun. 2022.

LEFF, Enrique. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.

LICITAÇÃO NET. MP apura denúncia de fraude em licitação do lixo em SP. **Estadão**, 30 abr. 2004. Disponível em: https://www.licitacao.net/noticias/mp-apura-denuncia-de-fraude-em-licitacao-do-lixo-em-sp. Acesso em: 04 jun. 2022.

MAGERA, Márcio Conceição et al. Quanto custa e quanto rende o lixo doméstico gerado por dia, mês e ano na cidade de Guarulhos – um olhar socioeconômico dos seus restos – utilizando o aplicativo verdes-pt. **RECIMA21 – Revista Cientifica Multidisciplinar,** v. 3, n. 6. 2021. Disponível em: https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/1609. Acesso em: 30 set. 2024.

MAGERA, Márcio Conceição et al. Viabilidade econômica da reciclagem dos resíduos domésticos da cidade de Coimbra – utilizando o aplicativo verdes-pt. **RECIMA21 – Revista Cientifica Multidisciplinar,** v. 2, n. 2. 2021. Disponível em: https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/103. Acesso em: 04 jun. 2022.

MAGERA, Márcio Conceição. **Os empresários do lixo:** um paradoxo da modernidade. 2. ed. Campinas: Átomo Alinea, 2005.

MAGERA, Márcio Conceição. Reciclaje y emprendimiento en la gestión de residuos sólidos en Costa Rica - el diagnóstico de la basura. **Revista Científica ACERTTE**, v. 2, n. 2, 2022. Disponível em: https://acertte.org/index.php/acertte/article/view/63 Acesso em: 05 jun. 2022

MAGERA, Márcio Conceição. O valor do lixo – uma análise da viabilidade econômica da reciclagem dos resíduos sólidos urbanos de Portugal. **Revista Educação**, v. 13, n. 2, 2018. Disponível em: http://revistas.ung.br/index.php/educacao/article/view/3571 Acesso em: 04 jun. 2022.

OSTROWIECKI, Alexandre. **O Moedor de pobres - nada atrapalha tanto a sua vida quanto o sistema**. São Paulo: LVM editora, 2021.

PREFEITURA DE GUARULHOS. **Ecopontos receberam 59 mil toneladas de entulhos e outros resíduos em 2021.** Guarulhos: Prefeitura de Guarulhos, 2022. Disponível em: https://www.guarulhos.sp.gov.br/article/ecopontos-receberam-59-mil-toneladas-de-entulho-e-outros-residuos-em-2021. Acesso em: 04 jun. 2022.

PROGRAMA VERDES. **Verdes - Viabilidade Econômica da Reciclagem de Resíduos Sólidos**: Versão 1.5, ano 2007. Campinas: Unicamp, 2005. Disponível em: https://plataformaintegrada.mec.gov.br/recurso/16617 Acesso em: 04 jun. 2022.