

ATERRO DE REJEITOS: VANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Thais de Jesus Lemos¹
Laís de Oliveira Paulo²
Daiana Souza de Lima³
Deusmaque Carneiro Ferreira⁴

RESUMO

Considerada um marco para a gestão de resíduos sólidos no Brasil, a Política Nacional de Resíduos sólidos foi instituída por meio da Lei nº 12.305 de 2010. Essa lei distingue os termos destinação e disposição de resíduos, determinando que para esse último sejam encaminhados apenas rejeitos, ou seja, materiais para os quais não existe tecnologia disponível para reaproveitamento. Em 2018 foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos no país, desse total 72,7 milhões foram coletadas. Do total coletado, 59,5% foram destinados a aterros sem qualquer aproveitamento. Nesse contexto, esta pesquisa objetivou a comparação de custos para instalação de uma Central de Tratamento de Resíduos (CTR), composta por pátio de triagem para recicláveis secos, pátio de compostagem e aterro de rejeitos, com aterros de resíduos sem segregação. Realizado no município de Uberaba, o estudo estabeleceu o horizonte de projeto de 20 anos. Para as estimativas, consideraram-se a área necessária para instalação de cada unidade de disposição e destinação, os sistemas de drenagem das águas superficiais, do lixiviado e dos gases, bem como o tratamento do líquido percolado. Para projeção dos custos, foi utilizado o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índice da Construção Civil. Em todos os aspectos verificados, a central de recebimento de resíduos superou os benefícios do aterro de resíduos, apresentando menor área requerida, aumento da vida útil e menor custo de implantação.

Palavras-chave: Recicláveis. Saneamento. Sustentabilidade.

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. E-mail: thaisjleemos@gmail.com

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. E-mail: laisoliverpaulo@gmail.com

³ Mestre no Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. E-mail: dsi_dai@yahoo.com.br

⁴ Doutor em Química, professor Adjunto da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da UFTM e docente permanente do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da UFTM. E-mail: deusmaque.ferreira@uftm.edu.br

RESIDUAL WASTE LANDFILL: ADVANTAGES OF IMPLEMENTING THE NATIONAL SOLID WASTE POLICY

ABSTRACT

Considered a milestone for solid waste management in Brazil, the National Solid Waste Policy was instituted through Law n° 12.305 in 2010. This law distinguishes the terms waste destination and disposal. The law states that for disposal, only materials for which there is no available reuse technology, should this option be used. In 2018, 79 million tons of waste were generated in the country, of which 72.7 million were collected. Of this amount, 59.5% was sent to landfills without any reuse. In this context, this study aimed to examine the costs for the installation of a Waste Treatment Center (WTC), composed of a sorting center for dry recyclables, a composting plant and a residual waste landfill, compared with unsegregated landfills. The study was conducted in the municipality of Uberaba and project horizon of 20 years was established. For the estimates, the area required for installation of each waste destination and disposal unit, the surface water, leachate, and gas drainage systems, as well as the treatment of the percolated liquid, were considered. To estimate the costs, the National System of Cost Survey and Index of Construction were used. In all aspects studied, the Waste Treatment Center outweighed the benefits of the unsegregated waste landfill, with a smaller area required, increased lifetime, and lower implementation cost.

Keywords: Recyclables. Sanitation. Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei n° 12.305 de 2010, que instaurou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o manejo dos resíduos deve promover a busca da salubridade ambiental por meio de ações que objetivam a não geração, reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, reaproveitamento energético e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Segundo Pereira e Fernandino (2019), concomitante a estas ações, os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, coletas seletivas abrangentes, serviços de limpeza pública eficazes e ações de educação ambiental são fundamentais para a efetividade das políticas públicas existentes. Mak et al. (2020) destacam também que o conhecimento acerca do ciclo de vida dos produtos proporciona informações relevantes que elevam a conscientização dos legisladores e da sociedade quanto à transição para uma bioeconomia circular sustentável.

Pesquisas demonstram que apenas 59,5% do volume de resíduos sólidos coletados no Brasil são destinados a aterros sanitários, revelando que ainda há necessidade de muitos esforços em termos de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Além disso, ressalta-se que 53,88% dos municípios estudados fazem a disposição inadequada, sendo aproximadamente 29,5 milhões de toneladas de resíduos encaminhados para lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2019).

Observa-se que na situação atual, mesmo os municípios que destinam seus resíduos para aterros ainda estão distantes da realidade proposta na PNRS, que é o aterramento apenas de rejeitos, ou seja, resíduos para os quais não existem ainda alternativas economicamente viáveis de aproveitamento (BRASIL, 2010).

Desta forma, uma possibilidade para alcançar os objetivos da PNRS consiste nas Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR), visto que estas minimizam os impactos à saúde pública e à segurança ambiental tendo como instrumentos de gestão a coleta seletiva, reciclagem, compostagem, aterro de rejeitos e tratamento dos resíduos líquidos (SILVA, 2015).

Segundo Wang et al. (2020), o tratamento integrado de resíduos se apresenta como uma solução ambiental e economicamente sustentável, confirmando os estudos de Morero et al. (2020) quando afirmam que o tratamento em conjunto supera o processamento separado, independentemente da dimensão do município.

As CTR constituem-se em unidades que concentram diversos tipos de destinações para os resíduos sólidos, podendo ser compostas de área de triagem, compostagem, digestão anaeróbia, incineração, aterro, entre outros tratamentos. Quanto mais métodos estiverem em operação na CTR, maior será a recuperação da massa de resíduos para ela destinada, considerando a heterogeneidade dos RSU.

Essas estruturas são antagônicas ao modelo mais amplamente difundido no Brasil, que é basicamente a coleta comum, seguida por disposição dos resíduos no solo e posterior cobertura. Embora essas estruturas possam ser construídas de forma adequada, a mistura de componentes não inertes diversos, em grande quantidade, além de ser um grande prejuízo econômico para os municípios, pode acabar por causar grandes impactos ao meio ambiente.

Seguindo a tendência nacional, a disposição final dos RSU no município de Uberaba, situado no estado de Minas Gerais, consiste no aterramento de forma indiferenciada (SCS ENGINEERS, 2011). Diante deste fato, se faz necessária a

apresentação de alternativas viáveis à realidade do município, buscando a disposição ambientalmente sustentável desses materiais.

Assim sendo, esta pesquisa objetivou comparar os custos entre a instalação de uma CTR (composta por pátio de triagem para recicláveis secos, pátio de compostagem e aterro de rejeitos), e um aterro de resíduos sem segregação, tendo como base o município de Uberaba, Minas Gerais (MG).

2. METODOLOGIA

Com vistas ao alcance do objetivo proposto, buscou-se a identificação dos parâmetros que compõem a planilha de custos para instalação do aterro de resíduos e da CTR. Para tanto, a primeira etapa foi a definição do horizonte de projeto. Segundo a ABNT NBR 13.896 de 1997, o período mínimo a ser considerado é de 10 anos, enquanto diversos autores recomendam o horizonte de 20 anos como o mais adequado, dado o investimento necessário para implantação, entre outros fatores (NUCASE, 2008). Dessa forma, foi adotado horizonte de projeto de duas décadas.

Para que seja realizado o dimensionamento de qualquer unidade de tratamento ou disposição final de resíduos, se faz imprescindível o cálculo da população atendida, bem como da respectiva geração dos materiais por ela descartados. Assim, foram utilizados dados do município de Uberaba, em Minas Gerais, em razão da viabilidade de obtenção dos dados pelos autores.

O município de Uberaba está localizado no Estado de Minas Gerais, na microrregião do Triângulo Mineiro com latitude Sul 19°45'27" e longitude Oeste 47°55'36". Ocupa uma área de 4.523,957 km², com densidade demográfica de 65,43hab.km⁻² (IBGE, 2010).

Em 2010, segundo dados do IBGE, a população de Uberaba totalizava 295.988 pessoas. Utilizou-se o modelo logístico para a projeção da população até o ano de 2038, ajustado pela ferramenta *Solver*. O Solver é uma ferramenta do Microsoft Excel que possibilita o teste de hipóteses para encontrar um valor ideal para uma determinada variável, conforme limites ou restrições estabelecidos para a variável em estudo (GOLDBARG; LUNA, 2000).

No município, a taxa de geração per capita é de cerca de 0,8 kg hab⁻¹ dia⁻¹ (SCS ENGINEERS, 2011), valor adotado nesse estudo, com crescimento de 1% para

todos os anos de projeção, com base nos dados informados pela Abrelpe (2018) de crescimento na geração total de resíduos para o Brasil no período de 2016 e 2017. Importante considerar a população atendida pela coleta, que no caso da cidade de Uberaba é de 100% (DRZ GEOTECNOLOGIA E CONSULTORIA LTDA. 2013).

Para o cálculo de volume dos aterros, foram considerados o grau de compactação de 800 kg m^{-3} com adicional de 13% para material de cobertura. Para ambas as unidades, optou-se pelo método da área ou superfície com células em modelo geométrico em tronco de prisma de base regular, de forma a maximizar o volume disposto. Empregou-se a proporção 3H:1H, a através do uso de tabela dinâmica, chegou-se aos demais parâmetro indispensáveis, considerando o volume necessário.

Em relação à unidade de compostagem da CTR, utilizou-se o peso específico de 550 kg m^{-3} (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010), relação C:N (carbono: nitrogênio) de 25:1, altura da leira de 1,8 metros, dimensão da base de 3,5 metros (NUCASE, 2008) e 90 dias para estabilização do composto. Para o pátio de triagem, considerou-se peso específico de 48 kg m^{-3} (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010), a composição gravimétrica, os valores de consumo per capita e a cobertura de coleta.

Com relação ao sistema de drenagem de lixiviado, nesse projeto foi escolhido o modelo espinha de peixe, coeficiente de compactação de 0,15, com adição de 10% de segurança no valor da vazão. Para o tratamento, optou-se pelo Sistema Australiano de Lagoas de Estabilização, que é composto por uma lagoa anaeróbia seguido por uma lagoa facultativa.

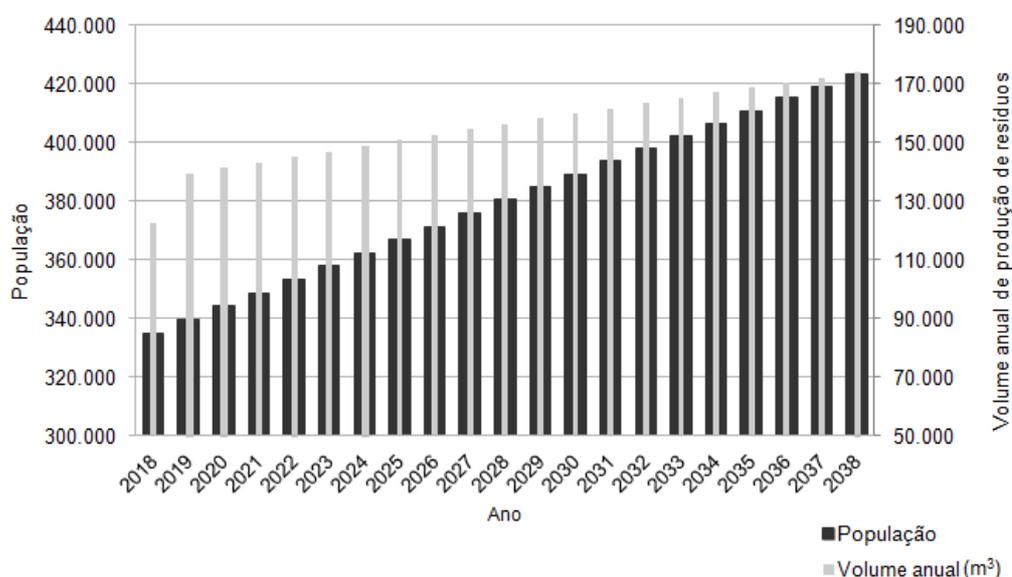
Objetivando a eficiência mínima de 90%, e considerando a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de 5 dias (DBO_5 de 10.000 mg L^{-1}), Demanda Química de Oxigênio (DQO) de 18.000 mg L^{-1} , foi utilizada a altura de 5 metros para as lagoas anaeróbias, e o Tempo de Detenção Hidráulica total de 87 dias nas lagoas anaeróbias e 45 na lagoa facultativa. O método adotado para o cálculo das áreas das lagoas aeróbias e facultativas foi descrito por Von Sperling (2009).

Para a definição da planilha de custos, utilizou-se o dimensionamento das estruturas que compõem as unidades de disposição e destinação dos resíduos, e, com base na tabela disponível no SINAPI (2018), foram calculados os valores totais a serem investidos em cada um dos modelos considerados.

3. RESULTADOS

Com vistas ao dimensionamento da CTR, bem como do aterro, foi projetado o crescimento populacional do município de Uberaba para o horizonte de 20 anos, e o volume anual de resíduos gerados no período, considerando a abrangência de 100% da coleta de RSU. Os resultados estão reunidos na Figura 1.

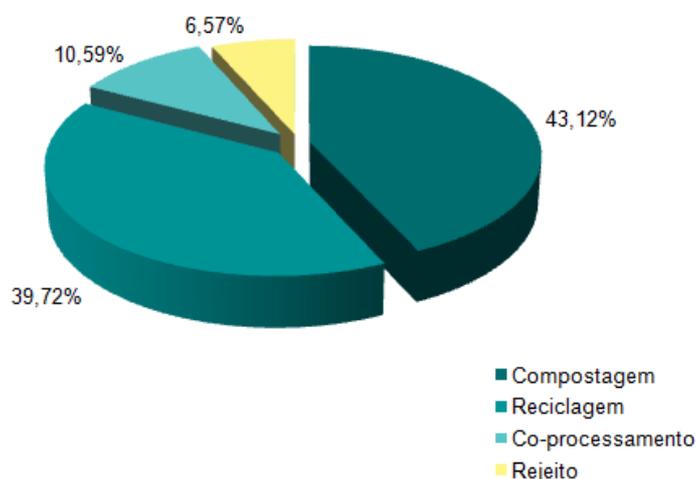
Figura 1: Projeção do crescimento populacional do município de Uberaba–MG entre 2018 e 2038, e volume de resíduos gerados no período



Fonte: Dos autores (2019)

A partir dos dados de produção de resíduos pode-se estimar a área necessária para instalação do aterro, porém para a CTR, faz-se necessária a caracterização dos RSU do município. Segundo estudos realizados para Uberaba (PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA, 2015), tem-se os dados apresentados na Figura 2.

Figura 2: Composição gravimétrica dos resíduos gerados em Uberaba.

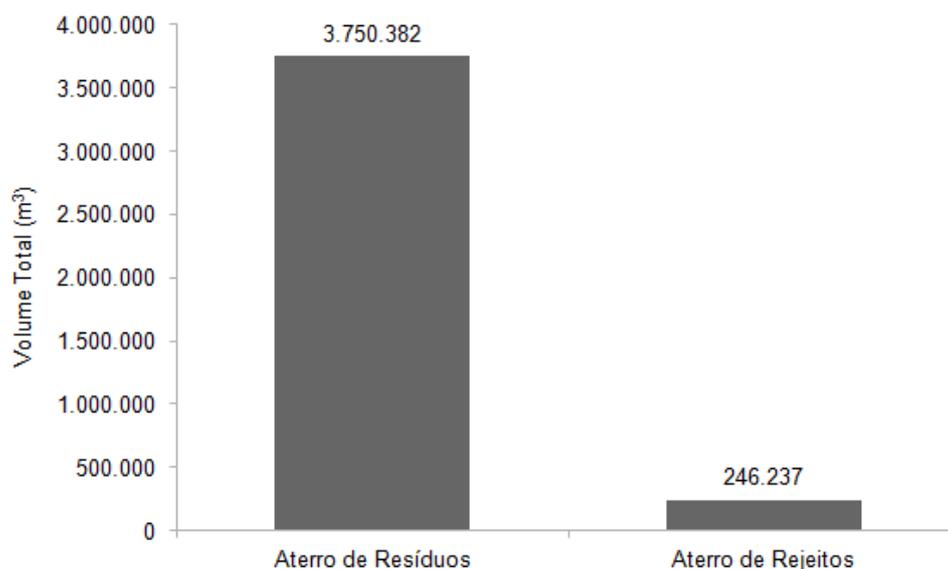


Fonte: Dos autores (2019)

Pode-se observar que as maiores porcentagens de resíduos são referentes à compostagem e reciclagem, resultando em um total de 82,84% de material que poderia ser tratado de formas alternativas, restando para disposição em aterros somente a parcela de rejeitos. Atualmente, os referidos resíduos estão sendo dispostos no aterro de Uberaba (PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA, 2015).

A Figura 3 apresenta os resultados dos valores de volume acumulado dos resíduos sólidos urbanos de 2018 a 2038, já considerado o material necessário para recobrimento de ambas as unidades de disposição final.

Figura 3: Volume total acumulado em 2038

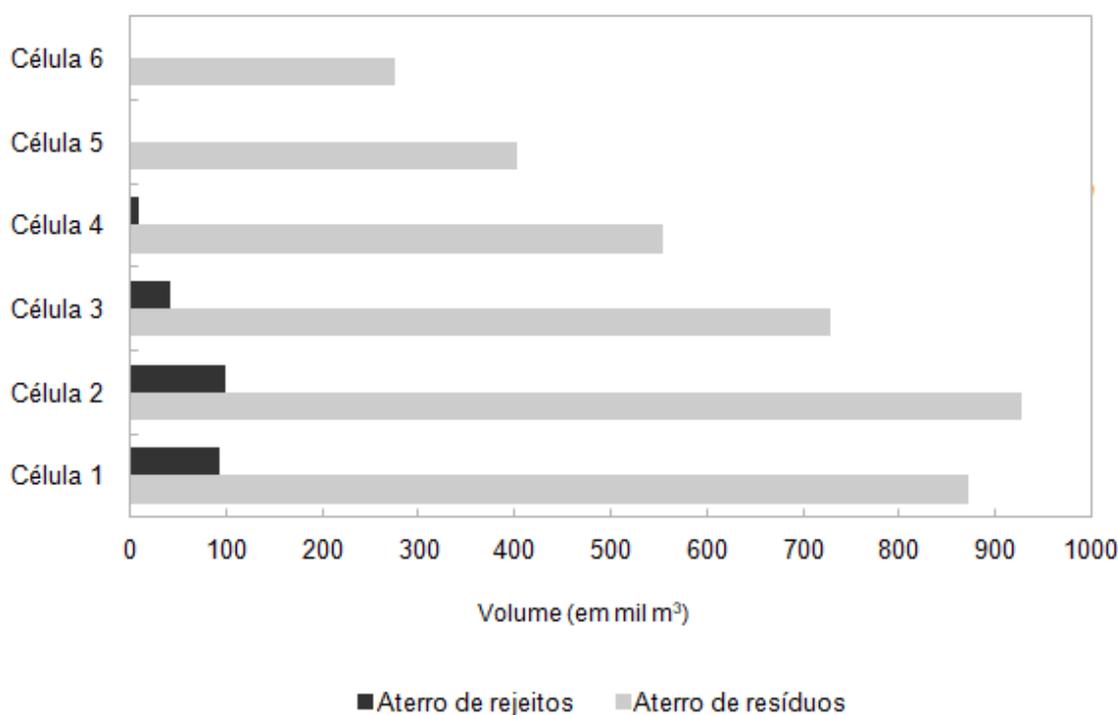


Fonte: Dos autores (2019)

Analisando os resultados percebe-se que houve uma redução de 93,43% do volume total entre os aterros. Conservando a tendência de crescimento populacional e produção de resíduos pode-se estimar que, apenas 214 anos após o ano de 2038 o volume de resíduos dispostos no aterro da CTR equivaleria a quantidade total do aterro de rejeitos.

As dimensões e quantidade de células necessárias foram calculadas levando-se em conta o aproveitamento do solo oriundo da escavação do terreno para formação da primeira célula. Os cálculos resultaram em altura de 4,70 metros para a primeira célula e 5 para as demais, variando a área de base e superior. Com a redução do volume de material aterrado, houve a redução de 25 metros do aterro de resíduos para 19,7 metros no aterro de rejeitos. A Figura 4 mostra os resultados comparativos dos volumes entre as unidades de resíduos e rejeitos.

Figura 4: Volume e número de células dos aterros



Fonte: Dos autores (2019)

A partir destes cálculos obteve-se a área superficial ocupada para disposição por cada unidade de tratamento, sendo que o aterro de resíduos abrange o total de 293.764,00 m², enquanto a área requerida para aterro de rejeitos se restringe a 34.969,00 m².

Impacta ainda na área total a ser ocupada, o local destinado ao tratamento do lixiviado. Para o aterro de resíduos, para que seja alcançada a eficiência requerida pela legislação, o sistema é composto por três conjuntos paralelos de quatro lagoas anaeróbias em série seguidas por uma lagoa facultativa, ocupando uma área de 12.888,84 m². Já para o aterro de rejeitos, apenas um conjunto de quatro lagoas anaeróbias em série seguida por uma facultativa é eficaz na remoção dos poluentes, dada a menor vazão do percolado, resultando em 1.418,02 m² para sua instalação.

Para o dimensionamento da área total requerida para a CTR, foram ainda contempladas as áreas necessárias para a instalação do pátio de compostagem e de triagem. Adotou-se o tempo de 90 dias para estabilização dos resíduos compostáveis e a maior massa gerada no período (373,532 m³ em 2038), com adição de 10% para circulação e segurança, culminando em 447,52 m².

Para o pátio de triagem de recicláveis secos, utilizando o maior volume no horizonte de vinte anos ($3.153,74 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$) será necessária a área de $525,62 \text{ m}^2$ para a sua construção. Segundo a Lei nº 387 de 2008, locais de depósitos com áreas superiores a 350 m^2 devem possuir uma vaga para cada 100 m^2 e mais 20% reservado para os veículos de carga. Utilizando estas definições, o estacionamento para as unidades de triagem deve ter 180 m^2 , totalizando $1.153,14 \text{ m}^2$ para área de tratamento dos resíduos recicláveis.

A área total para instalação do aterro de resíduos resultou em $306.652,84 \text{ m}^2$, enquanto que para o de rejeitos exige-se o total de $37.540,18 \text{ m}^2$. Com isso observa-se que, embora para a CTR seja requerida a instalação de um número maior de unidades de tratamento, há a requisição de uma área menor pelo aumento da eficácia do sistema. O resultado da menor estrutura exigida para a construção do aterro, como também de área, há o reflexo direto no valor pecuniário a ser investido. A Tabela 1 mostra os itens que mais influenciaram para a diferença no valor final de cada tipo de equipamento de tratamento.

Tabela 1: Principais custos de implantação e operação das unidades.

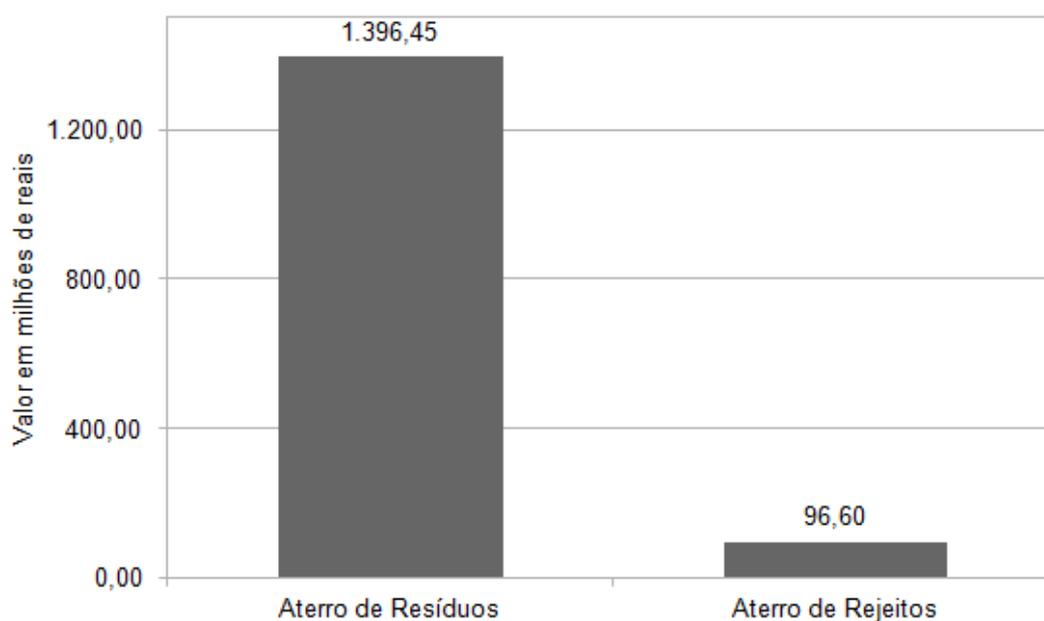
DESCRIÇÃO	ATERRO DE RESÍDUOS (R\$)	CTR (R\$)
Área	224.330,76	77.910,00
Unidades de triagem e compostagem	-	8.091.305,69
Material de recobrimento	1.371.260.953,08	72.283.325,45
Sistemas de controle	9.807.201,20	1.021.652,66
Veículos e equipamentos	14.183.371,04	8.491.843,48
Pavimento de concreto	7.500,00	12.900,00
Comunicação	-	1.474.600,00

Fonte: Dos autores (2019)

A Figura 5 mostra a projeção do custo final de implantação e operação das unidades ao longo do período, incluindo as despesas comuns aos dois modelos. Esses valores não abarcam as flutuações inflacionárias, bem como a mão de obra envolvida, já que esses cálculos se desviam do objetivo principal do estudo.

Além disso, assume-se que o impacto dessas variações seria similar para as unidades de disposição estudadas, não interferindo sobremaneira no resultado, qual seja a diferença entre a implantação desses empreendimentos.

Figura 5: Comparação do custo final do aterro de resíduos e da CTR.



Fonte: Dos autores (2019)

4. DISCUSSÃO

Cabe destacar que uma das etapas mais importantes da gestão de RSU está relacionada à Educação Ambiental, pois um de seus pilares consiste na não geração. Essa premissa somente é alcançada quando há conscientização da população, desde o setor produtivo, passando pelo terceiro setor, e os consumidores, que em toda cadeia buscará alternativas mais econômicas ambientalmente de produção e consumo.

Essa etapa não foi considerada no estudo, em função da complexidade envolvida, sendo considerada uma taxa crescente de geração de resíduos, conforme

observado na Figura 1. Porém, pode-se inferir que a menor geração de resíduos pressupõe redução de impactos ambientais, e de custos para a gestão.

Além disso, pode-se incluir nos resultados dos Programas de Educação Ambiental a melhoria no valor do material recolhido na central de triagem, já que os municípios passariam a fazer a segregação na fonte, minimizando a quantidade de rejeitos gerados na CTR.

Para este estudo foram considerados dados diretos da caracterização gravimétrica dos resíduos, que pode não ser o dado real a ser trabalhado, dada a mistura dos resíduos, que pode criar entraves para a compostagem e reciclagem (FEHR, 2010).

Em seu estudo, focado na fonte geradora, após aplicação de educação ambiental para adesão dos moradores de um condomínio, segregação da fonte e triagem prévia, Fehr (2010) alcançou 67% de resíduos desviados do aterro sanitário, embora o potencial teórico apontado no início da pesquisa fosse de 81,8%. Portanto essa diferença deve ser levada em consideração pelos gestores na aplicação dos métodos de destinação.

Não se deve negar, entretanto, a drástica redução de volume do aterro quando há o desvio de resíduos recicláveis para outras unidades de tratamento, em especial dos secos, já que ocupam maior espaço e demoram mais tempo para se degradar. Os valores mostrados nas Figuras 3 e 4 contribuem para confirmar a proposição de que em razão da heterogeneidade dos resíduos, diferentes unidades de tratamento proporcionam maior índice de recuperação com diminuição da massa aterrada, maiores taxas de reintrodução dos materiais à cadeia produtiva, e conseqüentemente, menor impacto ambiental (MERSONI; REICHERT, 2017).

Ressalta-se também como contribuição do presente estudo, o cálculo da diferença de área do aterro nos moldes atual, e a CTR, uma redução de 87,76% que poderá ser utilizada de forma mais eficaz pelos gestores público, sem contar novas áreas requeridas para a construção de aterros comparado com a vida útil da CTR.

A atual demanda por área produtiva seja ela agropecuária, industrial ou mesmo habitacional desafia a capacidade criativa dos governos municipais, em especial nos grandes conglomerados urbanos, e a redução de um espaço que será praticamente inutilizável, reduz essa pressão.

Por fim, reitera-se o ganho econômico da aplicação da gestão de resíduos conforme preconiza a PNRS. Ao longo de 20 anos, conforme os resultados apresentados na Figura 5, aproximadamente R\$ 1,3 bi deixarão de ser aterrados, podendo ser redirecionados para outras áreas, como educação, saúde e segurança.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos resultados do estudo, verificou-se que a aplicação de técnicas sustentáveis de gestão dos resíduos sólidos proporciona economia de recursos ambientais e financeiros. Com a utilização de segregação de resíduos e o direcionamento para reciclagem ocorre o incremento na vida útil do aterro, e a redução do espaço ocupado para essa finalidade. Bekchanov e Mirzabaev (2018) afirmam que a reciclagem de resíduos é uma alternativa em que todos os setores da sociedade são beneficiados sob perspectivas ambientais e econômicas. Com isso, evita-se a utilização de novas áreas para a deposição dos materiais descartados, bem como investimentos para construção de outras estruturas.

Além disso, também se pôde constatar a diminuição dos custos com instalação. Muito embora mais complexa, a implantação da central de recebimento de resíduos, mesmo considerando o espaço necessário para o pátio de triagem de secos e de compostagem, esta necessita de menores investimentos ao longo do período considerado em relação à implantação de aterro somente para resíduos somente. Assim, Paes et al. (2020) asseguram que os benefícios econômicos advindos da utilização das CTR compensam os possíveis elevados investimentos e custos operacionais exigidos por eles inicialmente.

Importante ressaltar a não inclusão dos custos com equipamentos para a reciclagem e compostagem, porém, a comercialização dos produtos resultantes de ambas as unidades pode gerar retornos econômicos, se geridos corretamente, capazes de avalizar a demanda inicial, podendo inclusive ser retornados como investimentos ao município.

Além disso, a instalação de pátios de reciclagem e compostagem proporcionam a geração de renda e a inserção na sociedade para famílias que trabalham nesses locais. Segundo Perger (2019), ao reintroduzir os resíduos na cadeia produtiva, por meio da reciclagem ou compostagem, por exemplo, são direcionadas as mudanças

conceituais acerca de resíduos, que por sua vez, se tornam recursos que fomentam empregos e renda familiar.

Assim sendo, considera-se que ao dispor apenas rejeitos em um aterro, minimizam-se os impactos ambientais deste método de tratamento. Nesse sentido é indispensável a divulgação de estudos comparativos para que as entidades públicas e privadas, empreendedores e a população sejam encorajados a optarem por soluções mais sustentáveis e concretas que viabilizem o atendimento à legislação.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil**. São Paulo: Grappa Editora e Comunicação, 2019. 68 p. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 10 nov. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.896**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12 p.

BEKCHANOV, M.; MIRZABAEV, A. Circular economy of composting in Sri Lanka: opportunities and challenges for reducing waste related pollution and improving soil health. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 202, p. 1107-1119, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.186>.

BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. Constituição (2012). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Lex**: legislação federal e marginalia. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em 20 set. 2019.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Gerência Nacional Padronização e Normas Técnicas. **SINAPI**: Metodologias e Conceitos. Brasília, 2018. 182 p.

DRZ GEOTECNOLOGIA E CONSULTORIA LTDA. Prefeitura Municipal de Uberaba. **Plano Municipal de Saneamento Básico**: Diagnóstico Técnico Participativo. Uberaba, 2013. 677 p. Disponível em: <http://codau.com.br/pmsb/produtos.php>. Acesso em 13 ago. 2018.

FEHR, M. O Alvo Final é Lixo Zero. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 35, p. 54–62, 2010. Disponível em: <https://doaj.org/article/bc775119ea5d497abf3007a4012a948b>. Acesso em: 10 nov. 2019.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos. Editora Campus, Rio de Janeiro, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do censo demográfico de 2010**. Uberaba: Alala, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=31&dados=8>>. Acesso em: 09 out. 2018.

MAK, Tiffany M.W.; XIONG, Xinni; TSANG, Daniel C.W.; YU, Iris K.M.; POON, Chi Sun. Sustainable food waste management towards circular bioeconomy: policy review, limitations and opportunities. *Bioresource Technology*, [S.L.], v. 297, p. 122497, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122497>.

MERSONI, C.; REICHERT, G. A. Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 863–875, out. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=3&script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000500863&lng=en&tlng=en. Acesso em: 10 nov. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos**. Brasília, 2010. 75 p.

MORERO, Betzabet; MONTAGNA, Agustín F.; CAMPANELLA, Enrique A.; CAFARO, Diego C. Optimal process design for integrated municipal waste management with energy recovery in Argentina. *Renewable Energy*, [S.L.], v. 146, p. 2626-2636, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.085>.

NÚCLEO SUDESTE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL (NUCASE). **Gerenciamento Resíduos Sólidos: Projeto, Operação e Monitoramento de aterros sanitários**. Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.

PAES, Michel Xocaira; MEDEIROS, Gerson Araujo de; MANCINI, Sandro Donnini; BORTOLETO, Ana Paula; OLIVEIRA, Jose A. Puppim de; KULAY, Luiz Alexandre. Municipal solid waste management: integrated analysis of environmental and economic indicators based on life cycle assessment. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 254, p. 119848, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119848>.

PEREIRA, Taís de S.; FERNANDINO, Gerson. Evaluation of solid waste management sustainability of a coastal municipality from northeastern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, [S.L.], v. 179, p. 104839, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104839>.

PERGER, A. Organic Waste Management in Canada: Building a Sustainable Circular Economy. *Journal of Innovative Business and Management*, v. 11, n. 1, p. 84-92, 15 May 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA. Secretaria do Meio Ambiente. **Caracterização de Resíduos Sólidos Urbanos: Amostragem e Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos de Uberaba conforme Metodologia de caracterização de RSU em MG.** Uberaba, 2015. 32 p.

SCS ENGINEERS. **Relatório de Avaliação Preliminar: Aterro Sanitário de Uberaba Uberaba, Minas Gerais Brasil.** Uberaba, 2011. 30 p.

SILVA, J. S. Gestão de Resíduos Sólidos e sua Importância para a Sustentabilidade Urbana No Brasil: Uma Análise Regionalizada Baseada em Dados do SNIS. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, v. 12, n. 1, p.61-70, dez. 2015. Semestral.

UBERABA. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Infra-estrutura. **LEI COMPLEMENTAR Nº 387.2008.** Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/mg/u/uberaba/lei-complementar/2008/38/387/lei-complementar-n-387-2008-altera-dispositivos-da-lei-complementar-n-376-de-04-de-agosto-de-2007-que-dispoe-sobre-o-uso-e-ocupacao-do-solo-no-municipio-de-uberaba>>. Acesso em: 15 out. 2019.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2009. 196 p.

WANG, Zhiguo; LV, Jingxiang; GU, Fu; YANG, Jie; GUO, Jianfeng. Environmental and economic performance of an integrated municipal solid waste treatment: a chinese case study. *Science Of The Total Environment*, [S.L.], v. 709, p. 136096, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136096>.