

Análise de custos do planejamento estratégico do sistema integrado de resíduos sólidos urbanos em Campo Grande/MS

Cost analysis of the strategic planning of the integrated urban solid waste system in Campo Grande, Mato Grosso do Sul

Priscila de Moraes Lima^{1*} , Fernanda Olivo² , Matheus Barros Furlan² ,
Jorge Justi Junior² , Paula Loureiro Paulo³ 

RESUMO

Diante da tendência mundial de crescimento da população e da consequente geração de resíduos sólidos urbanos, surge a necessidade da utilização de ferramentas para avaliação da sustentabilidade dos sistemas de gerenciamento, visando à tomada de decisão mais consciente. A chegada do conceito de economia circular, assim como a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, consistiu em substancial quebra de paradigmas que despertou discussões e maior preocupação com o ciclo de vida dos produtos e com a redução da geração de resíduos. Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar economicamente o planejamento estratégico do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, complementando a análise de impactos ambientais anteriormente realizada e visando embasar a tomada de decisão sustentável. Os resultados demonstraram que o aterro sanitário com recuperação energética, apesar de ambientalmente favorável, não se apresenta economicamente viável para a realidade local. Já o investimento na melhoria da eficiência da coleta seletiva e da triagem dos recicláveis, bem como de uma unidade de compostagem, são benéficos e lucrativos ambientalmente, apesar do representativo custo envolvido. Concluiu-se, então, que o Plano de Coleta Seletiva de Campo Grande possui metas realistas e viáveis ambiental e economicamente, que devem ser efetivadas com urgência buscando a melhoria da qualidade de vida da população e a redução dos impactos ambientais tanto locais quanto globais.

Palavras-chave: sustentabilidade; gestão; resíduos sólidos; impactos ambientais; impactos econômicos.

ABSTRACT

The worldwide trend of population growth and municipal solid waste generation suggests the application of tools to assess the sustainability of management systems, aiming at more conscious decision-making. The arrival of the circular economy concept and the Brazilian National Solid Waste Policy aroused discussions and greater concern with the products' life cycle and waste reduction. Thus, the present study aimed to economically evaluate the strategic planning of the urban solid waste management system in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, complementing the analysis of environmental impacts previously carried out, aiming to support sustainable decision making. Results showed that the landfill with energy recovery, despite being environmentally favorable, is not economically viable for the local reality. Investments in improving the efficiency of selective collection and sorting of recyclables, as well as a composting unit, are environmentally beneficial and profitable, despite the significant costs involved. It was concluded, then, that the Campo Grande Selective Collection Plan has realistic and environmentally and economically feasible goals that must be implemented urgently in order to improve the quality of life of the population and reduce environmental impacts, both locally and globally.

Keywords: sustainability; management; solid waste; environmental impacts; economic impacts.

¹Swedish University of Agricultural Sciences - Uppsala, Sweden.

²Deméter Engenharia - Campo Grande (MS), Brasil.

³Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Campo Grande (MS), Brasil.

*Autor correspondente: pri.lima.91@gmail.com

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Recebido: 18/02/2020 - **Aceito:** 03/01/2022 - **Reg. Abes:** 20210216

INTRODUÇÃO

À medida que a população aumenta e as nações desenvolvem seu poder de consumo, a demanda global cresce e a disponibilidade de recursos diminui na mesma proporção (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). A necessidade de uma economia circular torna-se mais evidente a cada dia, especialmente quando se busca uma economia sustentável e eficiente de recursos. A economia circular refere-se ao sistema econômico que substitui o conceito de fim de vida pelos modelos de negócio baseados em redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais, e o gerenciamento de resíduos sólidos desempenha um papel significativo nesse conceito (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017). De acordo com a Fundação Ellen MacArthur (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017), as oportunidades para a economia circular no Brasil têm surgido, pois soluções voltadas para o crescimento sustentável têm sido empregadas nos campos da agricultura, de edifícios e de equipamentos elétricos e eletrônicos. Nesse contexto, os catadores de materiais recicláveis no Brasil estão familiarizados e aplicam efetivamente a economia circular na gestão de resíduos desde o início de suas atividades (GUTBERLET *et al.*, 2017).

A legislação brasileira que regulamenta o gerenciamento de resíduos sólidos é relativamente recente. A Lei Federal nº 12.305 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), além de proibir a disposição inadequada de resíduos sólidos (ou seja, somente os rejeitos podem ser dispostos em aterros), também recomendou a implementação de sistemas de logística reversa, a inclusão de catadores no planejamento estratégico e, indiretamente, o aumento da cobertura de coleta seletiva (DEUS; BATTISTELLE; SILVA, 2017). Ainda segundo a PNRS, resíduos sólidos urbanos (RSU) referem-se àqueles originários de residências (e similares) e da limpeza urbana e, como instrumento da legislação, todos os municípios brasileiros devem elaborar um plano integrado de gerenciamento de RSU que inclua ajustes nos sistemas atuais e nas futuras ações de gestão, bem como metas de redução, reutilização e reciclagem (BRASIL, 2010). Essas metas retomam o conceito de economia circular, pois a legislação prevê o circuito fechado no sistema, priorizando a redução da quantidade de resíduos gerados.

Em 2016, o Brasil foi responsável pela geração de 78,3 milhões de toneladas de RSU, dos quais 7 milhões de toneladas tiveram descarte irregular. Em comparação com os primeiros anos do século, a geração aumentou em 31%, excedendo em quase cinco vezes o crescimento da população no mesmo período (7%). Sendo o País o quinto mais populoso e também o quinto maior do mundo, o agravamento previsto dessa situação, combinado com a falta de gestão adequada, traz impactos ambientais e de saúde significativamente globais (ALFAIA; COSTA; CAMPOS, 2017).

No Brasil, 91,3% dos resíduos são coletados, sendo 59,1% dispostos em aterro sanitário, 22,9% em aterro controlado (disposição inadequada) e 18% ainda dispostos em lixões a céu aberto (ABRELPE, 2018), enquanto no Estado do Mato Grosso do Sul, localizado na Região Centro-Oeste do País, somente 17,7% dos municípios possuem disposição adequada de seus resíduos sólidos (SEMAGRO, 2017). Campo Grande é a capital do Estado, com 874.210 habitantes e geração média de resíduos de cerca de 270.000 t.ano⁻¹ (ABRELPE, 2017; PMCG, 2017). O atual gerenciamento de RSU no município é composto de coletas convencional e seletiva, uma unidade de triagem operada por cooperativas de catadores e um aterro sanitário sem recuperação energética. O novo planejamento estratégico do município, inserido em seu Plano de Coleta Seletiva (PCS), foi publicado em 2017, trazendo como principal prioridade o aumento da quantidade de resíduos secos coletados seletivamente e, conseqüentemente, o aumento das taxas de reciclagem.

Além disso, a partir de 2028 está prevista uma coleta diferenciada em contêineres para os resíduos orgânicos a serem destinados à compostagem (PMCG, 2017).

Ao avaliar os impactos ambientais desse planejamento estratégico por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Lima *et al.* (2019) verificaram que, como as metas propostas são de certa forma conservadoras, o saldo ao fim de 20 anos para diversas das categorias analisadas (como aquecimento global, depleção da camada de ozônio e eutroficação) ainda será de impacto ambiental. Ou seja, as ações propostas nas metas conservadoras não são capazes de promover um saldo de ganho ambiental ao fim de 20 anos. No entanto, o cenário atual do município é responsável pela emissão de 137 kg de CO₂eq. por tonelada de resíduo coletada e disposta, e com a implementação das ações propostas no PCS esse saldo será aproximadamente sete vezes menor. Sendo assim, as ações devem ser iniciadas imediatamente para que esses impactos sejam mitigados, reduzindo os efeitos nocivos ao ambiente e melhorando a qualidade de vida da população.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar economicamente a situação exposta no município de Campo Grande, para o mesmo horizonte temporal de 20 anos. Com base no dimensionamento das estruturas e cálculos de *Capital Expenditure* (CAPEX) e *Operational Expenditure* (OPEX), pretende-se fornecer então mais subsídios à tomada de decisão não somente em Campo Grande/MS, mas em outros municípios brasileiros com características similares, impulsionando a melhoria da qualidade ambiental dos sistemas de gerenciamento de RSU e de vida da população.

METODOLOGIA

Área de estudo e base de dados

Campo Grande/MS está localizada no Centro-Oeste brasileiro, conforme demonstra a Figura 1. A capital do Estado de Mato Grosso do Sul possui área superficial total de 8.092,95 km² (359,03 km² de área urbana) e população total de 874.210 habitantes em 2017, a 22ª maior população do país (IBGE, 2017).

O Plano de Coleta Seletiva (PCS), publicado pela Prefeitura Municipal de Campo Grande - PMCG (2017), é um instrumento de planejamento de auxílio ao gerenciamento de RSU composto de quatro volumes: (i) diagnóstico situacional dos RSU; (ii) prognóstico, com as perspectivas futuras; (iii) objetivos e metas; e (iv) operacionalização da coleta seletiva. Com enfoque no planejamento da coleta seletiva, o PMCG (2017) abordou a prospecção das diversas tipologias de resíduos que integram o sistema da coleta seletiva, para que esse planejamento fosse avaliado em conjunto e as ações de gerenciamento fossem mais assertivas. Sendo assim, este estudo foi baseado nos dados, suposições e referências adotados no PCS, que constitui um documento oficial do município, publicado pela Prefeitura Municipal.

Plano de coleta seletiva de Campo Grande

O Plano de Coleta Seletiva de Campo Grande (PCS) consiste na estratégia de desenvolvimento do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos no município em um horizonte de 20 anos (de 2017 a 2037). Para contextualizar o sistema, Campo Grande possui coleta seletiva desde 2012, sendo os resíduos coletados porta a porta (PaP) e em locais de entrega voluntária (LEVs) e enviados para uma Unidade de Triagem de Resíduos (UTR). As cooperativas de catadores ATMARAS, COOPERMARAS, CATA-MS e Novo Horizonte possuem termo de permissão da Prefeitura Municipal para operar a UTR. Os catadores recuperam o material reciclável, que é vendido para posterior processamento (em sua maioria fora do Estado), e os rejeitos seguem

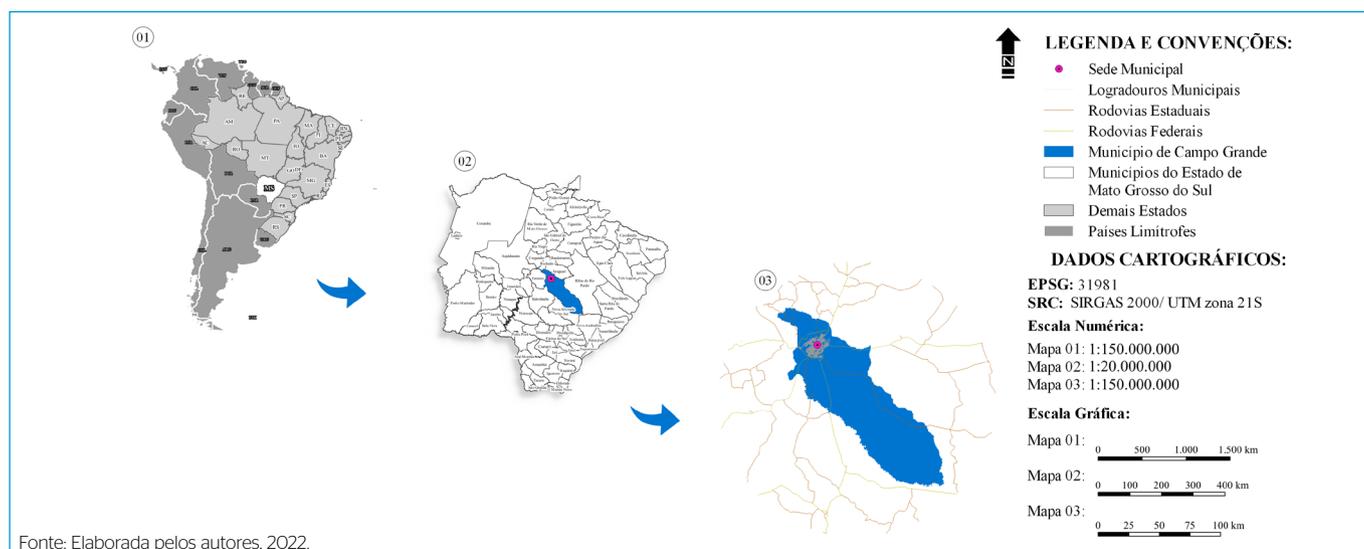
para o aterro sanitário. O aterro sanitário do município possui vida útil em torno de 1,5 ano, e essa situação define o cenário denominado de 2017.

Nos cenários de 2022 e 2027, além da melhoria da eficiência da coleta seletiva e do aumento da geração de resíduos sólidos domiciliares, o PMCG (2017) prevê a inserção da compostagem para os resíduos de feiras, de poda e de capina (parques). Ainda, a partir de 2022, foi inserida a alternativa de aterro sanitário com recuperação energética representada por (e), considerando a possibilidade de instalação dessa configuração em um novo aterro. Para os cenários 2032 e 2037, de acordo com o PMCG (2017), haverá coleta diferenciada de resíduos orgânicos PaP destinados à compostagem, com os resíduos dos parques e feiras livres. Assim como em Lima *et al.* (2019), foram considerados cenários em que os resíduos orgânicos não são propriamente destinados, seguindo diretamente para o aterro sanitário, representados por (-o). Ressalta-se que essa última configuração está em desacordo com o previsto na PNRS, de modo que foi analisada apenas a título de informação e comparação.

Para a UTR, foram consideradas as opções com e sem pagamento direto de salários aos cooperados. O pagamento seria de um salário-mínimo e, sem pagamento,

os lucros são manipulados pela cooperativa, que decide como fazer a divisão. Os aterros considerados possuem duas configurações com relação ao tratamento do biogás: *flare* e recuperação energética. O tratamento com *flare* corresponde à queima dos gases para sua oxidação e redução das emissões atmosféricas, e a recuperação energética transforma o biogás em eletricidade que pode ser utilizada no aterro, enquanto o excedente pode ser comercializado para a rede elétrica do município. Além da coleta e tratamento do biogás, o lixiviado também possui tratamento por duas lagoas de estabilização, com posterior lançamento na estação de tratamento de esgoto (ETE) municipal. Ainda, o PMCG (2017) prevê a utilização de compostagem em leiras com reviramento mecânico, mesma tecnologia adotada neste trabalho.

Conforme exposto por Brasil (2017b), entende-se, por custo de operação, todos aqueles encargos advindos do consumo de insumos e recursos necessários para a operacionalização, enquanto a manutenção engloba os custos com aquelas ações preventivas, corretivas, de reparos e substituição de peças e componentes que venham a ser necessárias durante a operação efetiva do equipamento, máquina ou veículo. Sendo assim, o Quadro 1 apresenta um resumo dos



Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Figura 1 - Localização do município de Campo Grande em relação ao Brasil.

Quadro 1 - Descrição dos cenários e suas variações.

Cenário	Descrição	Cenários Alternativos
2017	Recicláveis coletados separadamente e segregados em unidade de triagem; resíduos mistos (incluindo resíduos de poda, capina e feiras) para aterro sanitário sem recuperação energética.	
2022	Recicláveis coletados separadamente e segregados em unidade de triagem; resíduos mistos (incluindo resíduos de poda e capina) para aterro sanitário sem recuperação energética; resíduos de feiras e parques para compostagem.	2022 (e) Aterro com recuperação energética 2022 (-o) Orgânicos para aterro <i>flare</i> 2022 (-o, e) Orgânicos para aterro com recuperação energética
2027	Recicláveis coletados separadamente e segregados em unidade de triagem; resíduos mistos (incluindo resíduos de poda e capina) para aterro sanitário sem recuperação energética; resíduos de feiras e parques para compostagem.	2027 (e) Aterro com recuperação energética 2027 (-o) Orgânicos para aterro <i>flare</i> 2027 (-o, e) Orgânicos para aterro com recuperação energética
2032	Recicláveis coletados separadamente e segregados em unidade de triagem; resíduos mistos (incluindo resíduos de poda e capina) para aterro sanitário sem recuperação energética; orgânicos coletados PaP e com resíduos de feiras e parques para compostagem.	2032 (e) Aterro com recuperação 2032 (-o) Orgânicos para aterro <i>flare</i> 2032 (-o, e) Orgânicos para aterro com recuperação energética
2037	Recicláveis coletados separadamente e segregados em unidade de triagem; resíduos mistos (incluindo resíduos de poda e capina) para aterro sanitário sem recuperação energética; orgânicos coletados PaP e com resíduos de feiras e parques para compostagem.	2037 (e) Aterro com recuperação 2037 (-o) Orgânicos para aterro <i>flare</i> 2037 (-o, e) Orgânicos para aterro com recuperação energética

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

cenários descritos, que representam a base para o levantamento de custos. Os valores de construção, operação e manutenção dos sistemas propostos foram mensurados e estimados de acordo com a evolução da população e da geração de resíduos nos próximos 20 anos.

Metodologia de cálculo

A metodologia de cálculo dos custos inerentes às coletas e às alternativas de tratamento levou em consideração a seguinte sequência de cálculo: estimativa da demanda pelo serviço e/ou infraestrutura, dimensionamento das estruturas e equipamentos necessários e estimativa dos custos inerentes ao sistema. Em virtude das especificidades de operação de cada sistema, foi necessário considerar parâmetros específicos em cada etapa, seguindo o delineamento geral da metodologia, conforme destaca o Quadro 2.

Projeção de população e de geração de resíduos

Dimensionamento

Diversos fatores foram considerados no dimensionamento dos serviços e das tecnologias para os próximos 20 anos, já que são sistemas complexos com diferentes indicadores interferentes. Os serviços que já existem no município foram extrapolados, por meio da projeção populacional na área atendida da Tabela 1 e o desenvolvimento das metas de coleta apresentado na Tabela 2, para o horizonte de planejamento, bem como ampliados quando necessário. Aqueles inexistentes foram dimensionados desde sua concepção, implantação, até sua operação.

Análise de custos

Os cálculos dos gastos foram divididos em dois grupos: CAPEX, que se refere às despesas de capital como aquelas com veículos, projetos e licenciamento ambiental, obras de construção civil, maquinários e equipamentos; e OPEX, referente às despesas de operação, como aquelas com combustíveis e lubrificantes, ferramentas e materiais, equipamentos de proteção individual (EPI) e equipamentos de proteção coletiva (EPC), energia elétrica, água e esgoto, entre outros.

Em CAPEX, para os serviços abarcados no PCS, foram considerados todos os equipamentos, máquinas, veículos e obras propostos no planejamento, enquanto para os demais serviços se levou em conta a estruturação mínima necessária para a operação do sistema. Já para OPEX, foram incluídos todos os custos necessários para recursos humanos, consumo de insumos para a operacionalização do sistema, utensílios e ferramentas para a zeladoria. Quanto à prestação de serviços, além dos custos com depreciação, remuneração de capital, foram considerados os serviços de manutenção e outros, como: monitoramento geotécnico/topográfico, amostragem e análise da ETE e dos poços de monitoramento, drenos de chorume, grama, tratamento do chorume, operação e manutenção das infraestruturas de tratamento do biogás e geração de eletricidade.

Com base nas cotações e valores referenciais apresentados por PMCG (2017), bem como em seus projetos e prospecções, foram dimensionados os custos dos sistemas elencados no Quadro 1, considerando todos os parâmetros supracitados, quando cabíveis ao sistema. Foram incluídos os valores de aquisição, manutenção, substituição, depreciação e remuneração de capital investido (juros) pertinentes a cada parâmetro, além da taxa Selic e das bonificações e despesas indiretas (BDI).

Quadro 2 - Metodologia de cálculo dos custos dos serviços propostos para Campo Grande.

Serviços e tecnologias propostas	Parâmetros	Dimensionamento	Custos
Coleta Convencional	Projeção populacional Geração <i>per capita</i> de resíduos Geração de resíduos domiciliares Projeção da quantidade de resíduos coletados seletivamente Vida útil de veículos e equipamentos	Frota de veículos Mão de obra EPI e EPC Consumo de insumos	Aquisição e renovação de veículos e equipamentos* Manutenção Depreciação
Coleta Seletiva		Frota de veículos Mão de obra EPI e EPC Consumo de insumos Dispositivos (LEVs e contêineres)	Remuneração de capital investido (juros) Custo com lubrificação e combustíveis Taxas e seguro Mão de obra Aquisição de EPI, EPC e utensílios
UTR	Quantidade de resíduos coletados seletivamente	Linhas de triagem Equipamentos e maquinários Mão de obra EPI e EPC Utensílios Infraestrutura Consumo de insumos Água e Esgoto Energia	Projetos e licenciamento ambiental* Obras civis* Aquisição e renovação de equipamentos e maquinários* Manutenção Depreciação
Aterro Sanitário	Quantidade de resíduos coletados na coleta convencional Geração de rejeitos na UTR Demais gerações de rejeitos municipais	Área Veículos, equipamentos e maquinários Mão de obra EPI e EPC Utensílios Infraestrutura Consumo de insumos Água e Esgoto Energia	Remuneração de capital investido (juros) Mão de obra Aquisição de EPI e EPC Aquisição de utensílios
Compostagem	Geração de podas e resíduos verdes		

*Refere-se aos custos de implantação; UTR: unidade de triagem de resíduos; LEVs: locais de entrega voluntária; EPI: equipamento de proteção individual; EPC: equipamento de proteção coletiva.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A vida útil dos equipamentos foi utilizada para estimar por quanto tempo cada equipamento deve e pode ser utilizado, visando ao provisionamento da aquisição de novos, ao longo do horizonte de planejamento. A depreciação foi levada em conta por causa da diminuição do valor contábil do ativo, que é caracterizada pela parcela correspondente à perda do valor venal ao longo do tempo (BRASIL, 2017a; MATTOS, 2006), e a remuneração de capital investido (juros) foi considerada como a parcela de custos que representa os juros sobre o capital imobilizado na compra do equipamento para o desenvolvimento da atividade (BRASIL, 2017a; MATTOS, 2006). A depreciação e a remuneração de capital são os valores que representam o CAPEX no cálculo dos custos unitários por tonelada de resíduo.

A taxa Selic foi adotada como taxa de juros referencial para os cálculos de remuneração de capital e dos demais custos envolvidos no sistema, visto ser a taxa básica de juros da economia no Brasil (RECEITA FEDERAL, 2019). Por fim, a BDI foi empregada como percentual acrescido aos custos diretos envolvidos em obras e serviços que visam cobrir os custos indiretos e provisionar o lucro do prestador. Ressalta-se que os preços e custos adotados se referem ao ano do estudo (2017), em valores reais, portanto não incorporam o efeito da inflação, como de praxe em estudos deste tipo (ASSAF NETO, 2014). Esse procedimento é adotado tendo em vista a dificuldade de previsão dos valores da inflação ao longo do tempo.

Feitos o levantamento e o detalhamento de todos esses custos e o dimensionamento das infraestruturas e serviços, estimou-se o custo total de cada serviço.

Assim, conforme a demanda de resíduos em cada sistema e os custos totais, obtiveram-se os custos unitários para: unidade de triagem, unidade de compostagem, coleta seletiva em LEVs e PaP, coleta convencional e aterro sanitário. Para o custo unitário por tonelada coletada de cada serviço de coleta e dos tratamentos/disposição final, foram utilizados os valores de OPEX anuais calculados, divididos pelo quantitativo estimado que seria recolhido em cada ano (cenário) pelos serviços. Demonstrou-se, assim, o montante de recursos financeiros necessário para a implantação e operação dos sistemas que visam à melhoria da *performance* ambiental e à consequente qualidade de vida da população campo-grandense.

RESULTADOS

As etapas metodológicas acima descritas foram realizadas e os resultados são apresentados separadamente, por tipo de coleta, por tecnologia proposta e por custos totais dos sistemas.

Custos inerentes aos diferentes tipos de coleta

A Tabela 3 apresenta os custos finais obtidos pelos três diferentes tipos de coleta realizados em Campo Grande: seletiva em LEVs, seletiva PaP e coleta convencional. Observa-se que os custos unitários iniciais são mais elevados em razão da baixa adesão da população e da consequente menor quantidade de resíduos coletados. O aumento gradativo da quantidade coletada promove ganho de escala e redução dos custos unitários. Destaca-se, ainda, que algumas variações dos custos

Tabela 1 - Projeção populacional e de geração de resíduos sólidos urbanos em Campo Grande/MS de 2017 a 2037.

	2017	2022	2027	2032	2037
População (urbana)	857.808	922.011	986.216	1.050.420	1.114.625
Fluxos de RSU					
Convencional domiciliar	222.671,1	233.220,4	247.918,6	232.208,9	234.728,6
Seletiva porta a porta	6.692,9	18.417,8	27.445,2	35.289,5	41.073,8
Ecopontos	558,5	1.733,4	2.495,0	3.113,8	3.952,12
Seletiva orgânicos	-	-	-	32.808,7	50.342,4
Comércio e serviços	27.965,9	30.818,0	33.796,5	36.905,6	40.150,3
Limpeza urbana	5.028,7	5.541,5	6.077,1	6.636,2	7.219,6
Parques	7.754,4	8.545,2	9.371,1	10.233,2	11.132,9
Feiras	595,6	656,3	719,7	785,9	855,0
Total RSU	271.267,1	298.932,6	327.823,2	357.981,8	389.454,8

RSU: resíduos sólidos urbanos.

Fonte: Adaptado de PMCG, 2017.

Tabela 2 - Metas para a coleta seletiva, com as respectivas projeções de massa.

Ano	Quantitativo de recicláveis nos RSU	Meta de coleta PaP	Massa coletada PaP	Meta de coleta em LEVs	Massa coletada em LEVs	Meta total da coleta seletiva	Massa total coletada
2017	95.542,83	7,00%	6.692,95	0,58%	558,52	7,58%	7.251,47
2022	108.333,10	17,00%	18.417,79	1,60%	1.733,44	18,60%	20.151,23
2027	118.803,00	23,10%	27.445,23	2,10%	2.495,02	25,20%	29.940,26
2032	129.732,46	27,20%	35.289,47	2,40%	3.113,78	29,60%	38.403,24
2037	141.138,26	29,10%	41.073,84	2,80%	3.952,12	31,90%	45.025,96

RSU: resíduos sólidos urbanos; PaP: porta a porta; LEVs: locais de entrega voluntária.

Fonte: Adaptado de Lima *et al.*, 2019; PMCG, 2017.

das massas associados aos custos unitários, obtendo-se os valores demonstrados na figura para cada ano ao longo do horizonte.

A Tabela 5 apresenta então os valores totais por ano, e é possível observar que os cenários com aterro sanitário com recuperação energética são os mais onerosos, tanto nos cenários (e) quanto nos cenários (-o, e), com a média anual de custos cerca de três vezes maior que com a disposição final em aterro com *flare*. Vale ressaltar que, na avaliação, não foram consideradas as receitas provenientes da comercialização da energia elétrica a ser gerada no aterro, o que reduziria os custos e poderia justificar o investimento. Observa-se também que, quando desconsideradas as alternativas de recuperação dos resíduos orgânicos, enviados diretamente para o aterro (cenários de 2022 a 2037 (-o)), os custos também são menores, o que demonstra e esclarece a falta de preocupação com esses tipos de tratamento nos municípios brasileiros.

A Tabela 6 facilita a visualização e entendimento dos cenários e as opções mais e menos onerosas. A ausência de tratamento dos resíduos orgânicos, com os resíduos sendo encaminhados diretamente para aterro sanitário com *flare* (cenários (-o)) fica cerca de 3% mais barata do que com a unidade de compostagem tratando esses resíduos, a partir de 2022. Vê-se ainda, claramente, a onerosidade dos cenários (e), ou seja, com aterro com recuperação energética, que chegam a ser três vezes mais custosos que o aterro com *flare*. E finalmente

que o gasto com o salário dos cooperados (considerado como um salário-mínimo) representaria cerca de 3% dos gastos totais do sistema. Por fim, a Figura 3 demonstra o comportamento dos custos totais ao longo dos anos, para o cenário base (proposto pelo PCS, sem as variações), com a tendência de aumento nesses custos, uma vez que a quantidade de resíduos gerada pela população aumenta gradativamente. Pela comparação entre os valores sem os salários dos catadores e com os salários, observa-se que o incremento é pequeno considerando a dimensão dos recursos. Esse fato indica a possibilidade de adequação da forma de negociação com as cooperativas, de modo que fique mais favorável para todos e para a eficiência do sistema. A média anual de custos verificada, conforme demonstra a Figura 3, foi de R\$ 75.565.720,25, ou seja, R\$ 6.297.143,00 mensais. Já com os salários dos catadores, a média anual fica em R\$ 78.465.150,68, ou R\$ 6.538.762,00 mensais.

DISCUSSÃO

Conforme observado por Lima *et al.* (2019), o planejamento estratégico do município em questão não é suficiente para um saldo de ganhos ambientais em aquecimento global em 20 anos, mas os impactos podem ser reduzidos drasticamente com a implementação das ações propostas no PCS. No entanto, percebeu-se que os custos demandados são onerosos, requerendo

Tabela 4 - Custos por tonelada da unidade de triagem, da unidade de compostagem municipal e dos aterros sanitários.

Ano	UTR Campo Grande		Unidade de Compostagem Municipal		Aterro flare		Aterro recuperação	
	OPEX (R\$)	Unitário (R\$/t)	OPEX (R\$)	Unitário (R\$/t)	OPEX (R\$)	Unitário (R\$/t)	OPEX (R\$)	Unitário (R\$/t)
2017	1.010.121,26	139,27	-	0,00		68,70		68,70
2018	1.023.170,92	118,12	-	0,00	10.287.810,38	38,50	10.634.670,19	39,80
2019	1.066.801,07	104,25	-	0,00	10.793.606,41	40,39	11.182.952,61	41,85
2020	1.098.387,93	92,77	1.007.453,56	398,61	11.103.748,49	41,55	11.792.130,20	44,13
2021	1.147.294,90	84,15	1.010.479,93	318,68	11.413.890,57	42,71	77.060.949,39	288,38
2022	1.236.314,79	80,31	1.031.616,24	267,09	11.887.783,71	42,78	88.086.155,53	317,02
2023	1.270.148,08	73,42	1.041.500,80	233,94	12.110.208,47	43,58	97.112.822,42	349,50
2024	1.423.472,62	74,36	1.179.878,58	239,62	12.432.675,28	44,74	106.810.047,43	384,40
2025	1.535.031,04	72,65	1.192.820,80	220,34	12.755.142,10	45,90	115.963.158,43	417,34
2026	1.576.602,44	68,58	1.210.795,60	198,26	13.077.598,16	47,07	124.604.999,54	448,44
2027	1.737.765,64	69,99	1.221.172,34	182,30	13.652.133,84	45,86	133.998.839,09	450,10
2028	1.804.195,78	67,74	1.252.140,10	173,31	14.396.293,04	48,36	142.726.952,20	479,42
2029	1.883.159,33	66,39	1.251.744,93	157,19	14.741.787,82	49,52	150.917.400,66	506,93
2030	1.976.960,51	65,84	1.273.113,36	147,97	15.087.282,61	50,68	158.654.806,28	532,92
2031	2.039.532,51	64,53	1.268.795,43	147,46	15.432.777,39	51,84	165.963.204,35	557,47
2032	2.135.788,50	64,55	1.287.821,79	149,68	15.786.614,14	54,72	172.349.409,23	597,42
2033	2.117.644,85	61,39	1.270.942,75	147,71	16.502.577,41	57,20	177.112.706,26	613,93
2034	2.189.480,71	61,16	1.275.012,69	148,19	16.837.368,96	58,36	182.856.093,74	633,83
2035	2.246.072,21	60,66	1.276.150,25	148,32	17.172.149,76	59,52	188.287.156,22	652,66
2036	2.281.847,93	59,44	1.292.117,92	150,17	17.507.066,05	60,68	193.423.173,80	670,46
2037	2.365.019,36	59,96	1.273.964,89	144,75	17.898.106,82	60,66	198.672.713,87	673,36
MÉDIA		76,64		170,17		50,16		417,53

UTR: unidade de triagem de resíduos; OPEX: *Operational Expenditure*.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Tabela 5 - Custos totais por ano sem e com o salário dos cooperados e nos cenários com variáveis.

Ano	Total por ano, sem salário dos cooperados (R\$/ano)	Total por ano, com salário dos cooperados (R\$/ano)	Cenários (e) (R\$/ano)	Cenários (-o) (R\$/ano)	Cenários (-o, e) (R\$/ano)
2017	61.492.431,18	62.289.039,89			
2018	55.678.752,16	56.917.619,81			
2019	57.004.098,09	58.417.206,28			
2020	57.972.403,16	59.528.490,85			
2021	59.394.952,78	61.142.920,87			
2022	62.776.764,69	64.862.836,20	142.230.432,97	60.712.779,76	142.689.809,14
2023	63.605.779,98	65.859.791,64	153.923.775,89	61.820.927,67	155.007.323,78
2024	65.928.098,82	68.382.448,15	168.092.664,73	64.066.515,70	169.475.715,84
2025	66.890.815,19	69.533.431,97	180.694.669,08	65.193.486,17	182.611.625,28
2026	67.516.652,37	70.318.280,87	192.761.012,04	66.018.340,25	195.240.323,02
2027	68.750.305,62	71.790.474,52	197.191.225,03	67.373.503,48	199.893.565,21
2028	70.907.624,63	74.113.919,91	210.346.512,54	69.444.146,17	213.931.570,50
2029	77.795.067,97	81.106.219,06	228.408.923,78	75.135.561,85	237.047.783,80
2030	82.220.457,32	85.765.690,65	243.829.186,99	79.034.561,12	256.435.287,30
2031	85.808.912,28	89.525.330,31	258.236.879,18	82.097.098,07	274.151.646,10
2032	90.225.902,49	94.089.448,02	278.520.502,53	86.064.272,17	298.143.989,55
2033	93.430.528,80	97.390.583,13	289.931.722,90	89.068.959,15	312.397.839,44
2034	95.618.774,91	99.740.333,56	302.217.933,89	90.937.836,08	327.526.462,84
2035	99.331.533,54	103.587.760,48	315.891.485,66	94.383.155,22	343.997.557,31
2036	101.440.776,42	105.831.377,08	327.828.375,12	96.150.536,41	358.585.573,86
2037	103.089.492,87	107.574.961,13	334.364.300,98	97.848.181,73	367.312.936,58
MÉDIA	75.565.720,25	78.465.150,68	239.029.350,21	77.834.366,31	252.153.063,10

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Tabela 6 - Custos unitários por ano sem e com o salário dos cooperados e nos cenários com variáveis.

Ano	Custo unitário, sem salário dos cooperados (R\$/ton)	Custo unitário, com salário dos cooperados (R\$/ton)	Custo unitário cenários (e) (R\$/ton)	Custo unitário cenários (-o) (R\$/ton)	Custo unitário cenários (-o, e) (R\$/ton)
2017	220,78	223,64			
2018	193,24	197,54			
2019	193,12	197,91			
2020	191,63	196,77			
2021	191,54	197,17			
2022	196,74	203,28	445,75	190,27	447,19
2023	194,63	201,53	471,00	189,17	474,32
2024	197,08	204,42	502,49	191,52	506,62
2025	195,39	203,10	527,80	190,43	533,40
2026	192,80	200,81	550,46	188,53	557,54
2027	192,17	200,66	551,18	188,32	558,73
2028	193,14	201,88	572,96	189,16	582,72
2029	200,72	209,26	589,31	193,85	611,60
2030	203,92	212,71	604,73	196,02	635,99
2031	205,87	214,79	619,55	196,96	657,73
2032	210,22	219,22	648,94	200,53	694,66
2033	211,86	220,84	657,43	201,97	708,37
2034	211,39	220,50	668,13	201,04	724,08
2035	214,34	223,52	681,63	203,66	742,28
2036	213,90	223,16	691,26	202,74	756,12
2037	212,63	221,88	689,66	201,82	757,62
MÉDIA	201,77	209,27	592,02	195,37	621,81

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

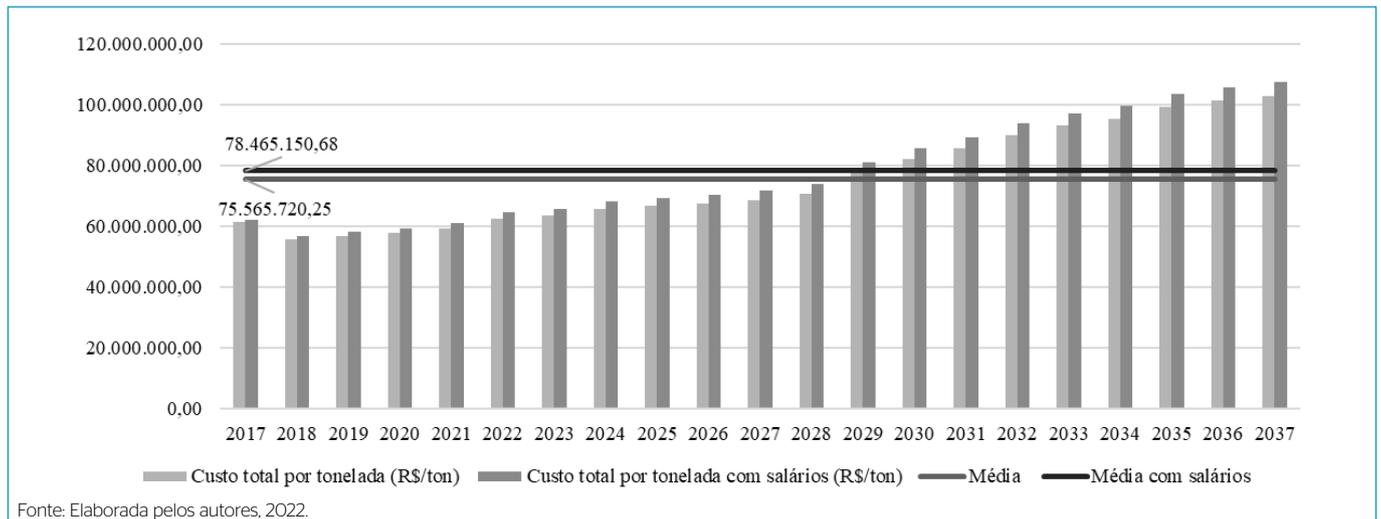


Figura 3 - Custos totais por tonelada com e sem salários dos catadores, ao longo dos 20 anos analisados no cenário base para Campo Grande/MS.

uma avaliação econômica mais detalhada, com análise de custo-benefício e de viabilidade econômica e financeira, já que são gastos necessários e benéficos para a melhoria da qualidade de vida da população, não somente local, uma vez que as emissões atmosféricas podem atingir impactos globais. O aperfeiçoamento do gerenciamento com unidade de compostagem e o aprimoramento da eficiência da coleta seletiva já existente no município acarretaria aumento de 3% em relação aos custos já praticados, considerando-se que a população possui taxa de crescimento de 0,5% ao ano, o que já aumenta a quantidade de resíduos gerada e, conseqüentemente, os valores a serem despendidos. Ainda, esses investimentos são necessários para a efetividade da economia circular no município, impulsionando o circuito fechado do sistema e a conseqüente redução do desperdício, dos impactos ambientais e dos investimentos necessários ao longo dos anos para mitigar os impactos já causados e para evitar outros futuros.

As coletas seletivas PaP e em LEVs possuem custos unitários 2,5 e quatro vezes maiores, respectivamente, que a coleta convencional, o que tem peso significativo no processo decisório principalmente em municípios pequenos, com menor disponibilidade de recursos. Na Europa, em 2014, o valor da coleta PaP de papel e papelão era, em média, R\$ 273,32 (convertidos de acordo com a cotação da época), e o de embalagens, R\$ 856,08 (JEAN-JACQUES, 2014). Já no Brasil, de acordo com os dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem — CEMPRE (2020), o custo médio da coleta seletiva é de R\$ 313,17, equivalente ao valor do presente estudo (média de R\$ 324,87 para a coleta PaP), o que demonstra não só um alinhamento, mas um custo reduzido no Brasil, possivelmente pelo emprego de mão de obra barata. Os catadores possuem papel importante nesses valores; conforme demonstrado por Besen *et al.* (2017), a presença de catadores, um caso particular no Brasil, reduz os custos da coleta seletiva em até 27,8%.

Apesar dos custos elevados, esse tipo de investimento é justificado pela necessidade de redução da massa de resíduos a ser aterrada, não somente para prolongar a vida útil do aterro sanitário, mas para reduzir os impactos ambientais e cumprir o preconizado pela PNRS. Conseqüentemente, o que deve ser feito para maximizar o aproveitamento desses investimentos é a conscientização da população para a correta separação dos resíduos da fonte, que, além de reduzir a quantidade de rejeitos recebidos na UTR, promove o aumento da quantidade

de resíduos coletados seletivamente, o que promove uma economia de escala e, conseqüentemente, maior eficiência econômica para o sistema de coleta seletiva.

Aleluia e Ferrão (2017) verificaram, em países asiáticos em desenvolvimento, que a tecnologia menos dispendiosa, em função da capacidade de tratamento de resíduos, é a compostagem, e na Europa os custos unitários, em valores de 2017, ficariam em torno de R\$ 340,00 (TSILEMOU; PANAGIOTAKOPOULOS, 2006). O custo médio unitário de R\$ 170,00 encontrado neste estudo pode indicar, primeiramente, que o tipo de tecnologia infere nos custos e, em segundo lugar, que os custos de tecnologia variam bastante entre regiões ou que, desde o trabalho realizado em 2006, as tecnologias e procedimentos foram aprimorados na Europa e esses valores já não condizem com a realidade. Considerando que os custos médios para a disposição final dos resíduos sólidos no Estado de Mato Grosso do Sul estão na casa dos R\$ 141,41 (TCE-MS, 2016), a implantação faria quase dobrar esse valor, o que deve ser avaliado mais profundamente em contraste com a redução do volume de resíduos a serem dispostos com a implantação do tratamento, além dos benefícios econômicos a serem obtidos pela venda do composto.

Além disso, o aterro sanitário Dom Antônio Barbosa II em Campo Grande já está praticamente esgotado, e a concessionária precisará de recursos para projeto, implantação e operação de um novo. O envio de toda a massa de resíduos para o aterro, apesar de parecer economicamente mais interessante (3% mais barata), é expressamente proibido pela PNRS, reduzindo a vida útil do aterro, que irá demandar maiores investimentos em menor tempo, além de áreas para a alocação de aterros, que estão cada vez mais escassas. Ademais, os impactos ambientais dessa prática para o aquecimento global chegam a ser até 3,5 vezes maiores, tornando a prática, além de proibida, ambientalmente inviável (LIMA *et al.*, 2019).

Santos *et al.* (2019) mencionam que a recuperação de biogás em aterros só é economicamente viável para municípios com pelo menos 200 mil habitantes, entretanto essa não foi a situação verificada em Campo Grande, em que, apesar da redução de 13% dos impactos ambientais no aquecimento global, os custos dessa tecnologia são quase nove vezes maiores que os do aterro com *flare*. Sabe-se que, na realidade brasileira e de grande parte dos países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, o custo é fator determinante no processo decisório. No entanto, buscando a adaptação a uma economia mais circular, com

maior preocupação com o meio ambiente, devem ser levados em consideração não somente os valores econômicos, já que a sustentabilidade do sistema só é possível tendo em conta os aspectos sociais e ambientais, que apontam a recuperação de energia do biogás de aterros como benéfica para o ambiente e para a população de modo geral. Ainda, a comercialização da energia gerada no processo, que não foi estimada no presente estudo, poderia justificar o investimento do ponto de vista econômico.

Contudo, com a tendência de maior recuperação de resíduos, não só dos recicláveis, mas principalmente dos orgânicos, somente os rejeitos serão dispostos em aterro, o que no futuro não justificará esse tipo de investimento. Isso porque, caso os resíduos sólidos orgânicos sejam completamente recuperados e não aterrados, não haverá alimento para as bactérias e arqueias que produzem o gás metano (CH₄), o que irá inviabilizar a recuperação energética. Dessa forma, as alternativas devem ser analisadas caso a caso, de modo a atender os requisitos da legislação e as necessidades locais, mas as ações e procedimentos de recuperação e reciclagem devem ser priorizados para evitar a extração e o esgotamento de recursos naturais.

A visão utópica do “melhor cenário” seria aquela que integra técnicas, tecnologias, estratégias e programas para atingir o máximo de eficiência com o menor consumo de energia e menores emissões atmosféricas (DEUS; BATTISTELLE; SILVA, 2017). Logo, considerando que a reciclagem e a compostagem reduzem cerca de 70% das emissões de CO₂ nos sistemas e evitam grande parcela de consumo de energia por poupar a extração/produção de matéria-prima (LIMA *et al.*, 2018), a definição de metas ambiciosas para a recuperação dos resíduos orgânicos e recicláveis torna-se progressivamente necessária para o cumprimento do “melhor cenário”. As metas propostas por Lima *et al.* (2019) mostraram que a melhor opção para o município, do ponto de vista ambiental, seria a combinação de digestão anaeróbia para a fração orgânica (que seria outra forma de recuperação energética) com uma unidade de triagem, tratamento mecânico biológico e *upgrade* do biogás para combustível. No entanto, esse tipo de configuração exige um amadurecimento da compreensão da população e dos tomadores de decisão quanto à importância do correto manejo e destinação final dos resíduos sólidos urbanos, uma vez que maiores custos remetem a maiores taxas, ou seja, para a obtenção do benefício ambiental o sistema é financeiramente onerado e isso precisa ser sustentado pelos usuários, de forma a atender às preconizações legais vigentes.

Apesar da importância de CAPEX e OPEX para a avaliação dos custos em um sistema, esses elementos não podem ser utilizados singularmente para uma tomada de decisão eficiente (ALELUIA; FERRÃO, 2017). Os impactos sociais, econômicos e ambientais devem ser inteiramente compreendidos e expressos em termos monetários, de modo a verificar a possibilidade de adoção de determinada abordagem de manejo dos resíduos. Sendo assim, a dimensão social da sustentabilidade deve ser avaliada em estudos futuros para embasar ainda mais

a tomada de decisão e a modificação dos sistemas atuais, visando não somente ao orçamento público, mas à qualidade de vida da população local e a de uma esfera mais abrangente, mundial.

CONCLUSÕES

A avaliação econômica do planejamento estratégico de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em Campo Grande apontou investimentos e custos operacionais onerosos, no entanto necessários para a melhoria do sistema de gerenciamento atual e a consequente redução dos impactos ambientais. Os custos unitários da coleta seletiva são, praticamente, o dobro da estimativa da coleta convencional, o que sugere a necessidade de efetivas ações de educação ambiental para o sucesso da coleta seletiva, uma vez que ela já está implementada no âmbito municipal. Além disso, os gastos com cooperados (caso os salários fossem pagos diretamente) representariam cerca de 3% dos custos totais do sistema.

A cenarização de um novo aterro sanitário com tecnologia de recuperação do biogás mostrou ter custos demasiadamente mais altos que os do aterro sanitário convencional, com *flare*. Entretanto, deve-se analisar a viabilidade econômica dessa tecnologia no sistema, uma vez que este estudo não se pautou nessa avaliação nem considerou potenciais receitas advindas da comercialização do potencial de geração de energia elétrica produzido por essa tecnologia. Além disso, em comparativo dos custos unitários, é mais favorável o direcionamento dos resíduos orgânicos ao aterro sanitário que a seu tratamento (compostagem), vistas suas discrepâncias. Entretanto, essa ação colabora negativamente para maiores impactos ambientais.

As ações conservadoras propostas pelo PMCG (2017) vislumbram a redução dos impactos ambientais do sistema e devem ser implantadas e monitoradas o quanto antes, visando evitar futuros impactos ao meio ambiente e à população, mitigar aqueles já causados e garantir a qualidade de vida das gerações futuras.

Os pilares ambiental e econômico foram avaliados e, apesar de não convergirem entre si quanto à melhor tecnologia a ser implementada, demonstram a necessidade de melhoria no sistema existente e de avaliação do pilar social, levando em conta os princípios da sustentabilidade e a preocupação com o bem-estar e a aceitação da população, que deve ser envolvida em todo o processo de mudança.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Lima, P.M.: Conceituação, Curadoria de Dados, Investigação, Escrita - Primeira Redação. Olivo, F.: Análise Formal, Supervisão, Validação, Escrita - Revisão e Edição. Furlan, M.B.: Metodologia, Curadoria de Dados, Escrita - Primeira Redação. Justi Junior, J.: Metodologia, Investigação, Validação. Paulo, P.L.: Supervisão, Escrita - Revisão e Edição.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016*. ABRELPE, 2017.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama Abrelpe 2017*. ABRELPE, 2018.

- ALELUIA, J.; FERRÃO, P. Assessing the costs of municipal solid waste treatment technologies in developing Asian countries. *Waste Management*, v. 69, p. 592-608, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.047>
- ALFAIA, R.G.S.M.; COSTA, A.M.; CAMPOS, J.C. Municipal solid waste in Brazil: a review. *Waste Management & Research*, 2017. <https://doi.org/10.1177/0734242X17735375>
- ASSAF NETO, A. *Finanças corporativas e valor*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- BESEN, G.R.; RIBEIRO, H.; GUNTHER, W.M.R.; GÜNTHER, R.; DIAS, S.M.; JACOBI, P.R. Avaliação da sustentabilidade da coleta seletiva: estudos de caso no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 8., 2017, Brasília-DF. *Anais* [...]. Brasília: ANPPAS, 2017.
- BRASIL. *Lei 12.305/2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília-DF, p. 21, 2010.
- BRASIL. *SINAPI: metodologia e conceitos*. Brasília-DF, Caixa Econômica Federal, 2017a.
- BRASIL. *Manual de custos de infra-estrutura de transportes*. Brasília-DF, v. 01, p. 246, 2017b.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. *Pesquisa Ciclossoft 2020*. Resumo Executivo. CEMPRE, 2020.
- DEUS, R.M.; BATTISTELLE, R.A.G.; SILVA, G.H.R. Scenario evaluation for the management of household solid waste in small Brazilian municipalities. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 19, n. 1, p. 205-214, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1205-0>
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Cities in the circular economy: an initial exploration*. January, p. 16, 2017.
- GUTBERLET, J.; CARENZO, S.; KAIN, J.H.; Azevedo, A.M.M.de. Waste picker organizations and their contribution to the circular economy: two case studies from a global south perspective. *Resources*, v. 6, n. 4, p. 52, 2017. <https://doi.org/10.3390/resources6040052>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Campo Grande*. IBGE, 2016. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/campo-grande/panorama>. Acesso em: 29 jan. 2017.
- JEAN-JACQUES, D. *Waste management costs & financing and options for cost recovery*. Athens, 2014.
- KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 127, n. September, p. 221-232, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological Economics*, v. 143, p. 37-46, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- LIMA, P.M.; Colvero, D.A.; GOMES, A.P.; Wenzel, H.; Schalch, V.; Cimpan, C. Environmental assessment of existing and alternative options for management of municipal solid waste in Brazil. *Waste Management*, v. 78, p. 857-870, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.007>
- LIMA, P.D.M.; OLIVO, F.; PAULO, P.L.; Schalch, V.; CIMPAN, C. Life cycle assessment of prospective MSW management based on integrated management planning in Campo Grande, Brazil. *Waste Management*, v. 90, p. 59-71, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.035>
- MATTOS, A.D. *Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de casos, exemplos*. São Paulo: PINI, 2006.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. *Plano de coleta seletiva de Campo Grande/MS - Tomo I-IV*. Campo Grande: [s.n.], 2017.
- RECEITA FEDERAL. *Taxa de juros Selic*. Disponível em: <http://receita.economia.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>. Acesso em: 23 set. 2019.
- SANTOS, R.E.dos.; Santos, I.F.S.dos.; Barros, R.M.; Bernal, A.P.; Tiago Filho, G.L.; Silva, F.G.B.da. Generating electrical energy through urban solid waste in Brazil: an economic and energy comparative analysis. *Journal of Environmental Management*, v. 231, n. October 2018, p. 198-206, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.015>
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO PRODUÇÃO E AGRICULTURA FAMILIAR. *Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso do Sul*. Campo Grande: SEMAGRO, 2017.
- TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL. *Indicadores de resíduos sólidos nos Municípios de MS*. Campo Grande: TCE-MS, 2016.
- TSILEMOU, K.; PANAGIOTAKOPOULOS, D. Approximate cost functions for solid waste treatment facilities. *Waste Management and Research*, v. 24, n. 4, p. 310-322, 2006. <https://doi.org/10.1177/0734242X06066343>