



ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE PROCESSOS DE TRATAMENTO DA FRAÇÃO ORGÂNICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Amanda Borges Ribeiro de Oliveira (*), Valdir Schalch

* Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos (Neper) do Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP). E-mail: abramanda@hotmail.com

RESUMO

A Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, determina como metas aos municípios a proposição de cenários em gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, com o intuito de minimizar a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada. Com base nesse preceito, esta pesquisa objetivou desenvolver uma revisão da literatura que permitisse um estudo analítico da viabilidade técnica, ambiental e econômica dos processos de tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos gerados nos municípios brasileiros, para assim nortear a proposição de cenários para os modelos de gestão e posterior gerenciamento. Partiu-se do embasamento teórico através da análise de legislações vigentes e em seguida, a fim de selecionar estudos sobre processos de tratamento de fração orgânica, utilizou-se a busca através de bancos de dados, dos termos “fração orgânica”, “tratamento de resíduos orgânicos”, “processos de tratamento de resíduos sólidos”, “biometanização”, “compostagem”, “vermicompostagem”, “incineração” e “pirólise”. Priorizou-se trabalhos brasileiros e posteriores a regulamentação da PNRS. Procurou-se comparar estratégias de tratamento que promovessem a maior redução de carga orgânica em menor tempo, ou seja, que fossem tecnicamente eficientes, com menor custo de implementação, passíveis de licenciamento por órgãos regulamentadores e não causadoras de impactos ambientais. Gráficos e tabela elaborados possibilitaram a comparação dos resultados encontrados. A maioria das pesquisas foram em escala piloto, pois são raras as com investimento para analisar técnicas em escala real no Brasil. Quanto a viabilidade técnica dos processos de tratamentos analisados, 33% dos estudos tiveram resultados viáveis de implementação considerando também as pesquisas que não avaliaram tecnicamente a eficiência do processo. A viabilidade econômica nos tratamentos apresentou-se viável em 36% dos casos, observando as características individuais de cada tratamento e sem levantar comparativos dos custos de todo o processo. Quanto a viabilidade ambiental, em qualquer situação de implementação de estação de tratamento para a fração orgânica, desde que regulamentada por órgãos ambientais competentes, e fiscalizada desde sua elaboração até a execução, avaliando o local de implantação, a maioria são viáveis ambientalmente, pois produzem subprodutos reaproveitáveis e minimizam o impacto ambiental dos aterros sanitários. O trabalho contribuiu para o reconhecimento parcial dos processos de tratamento viáveis tecnicamente, economicamente e ambientalmente para municípios brasileiros, nortear a elaboração de cenários que devem ser parte dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos segundo a Lei nº 12.305/2010.

PALAVRAS-CHAVE: Fração orgânica, resíduos orgânicos, processos de tratamento, Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The Law nº 12305/2010 institutes the National Solid Waste Policy regulated by Decree nº 7404/2010, determines as goals for the cities the scenarios proposition in solid waste management in order to minimize the amount of waste sent to an environmentally appropriate final disposal. Based on this rule, this research aimed to develop a literature review that would allow an analytical study of the technical, environmental and economic viability of the treatment processes for the organic fraction of solid waste produced in Brazilian cities, then guide the scenarios proposal for the management models. Starting on the theoretical basis through the analysis of current laws and then, in order to select researches about treatment processes of organic fraction, the search through databases, about the terms "organic fraction", "organic waste treatment", "treatment processes of solid waste", "biomethanization", "composting", "vermicomposting", "incineration" and "pyrolysis". Priority was given to Brazilian research and subsequent National Solid Waste Policy regulation. Sought to compare treatment strategies that promote greater reduction of organic load in less time, that are technically efficient, with lower implementation costs, subject to licensing by regulatory agencies and that do not cause environmental impacts. Graphs and table prepared made it possible the comparison of the founded results. Most of the researches was on a pilot scale, because they are rare with investments to analyze techniques in real scale in Brazil. As for the technical viability of the treatment processes analyzed, 33% of the studies had viable results of implementation, also considering the researches that did not technically evaluate the efficiency of the process. The economic viability in the treatments was shown to be viable in 36% of the cases, observing the individual features of each treatment and without comparing the costs of the entire process. As for the environmental viability, in any situation of implementation of a treatment plant for



the organic fraction, as long as it is regulated by competent environmental agencies, and supervised from preparation to execution, evaluating the place of implantation, most are environmentally viable because they produce reusable by-products and minimize the environmental impact of landfills. The study contributed to the partial recognition of technically, economically and environmentally viable treatment processes for Brazilian cities, guiding the scenarios development that should be part of the Cities Plans of Integrated Solid Waste Management according to the Law nº 12305/2010.

KEY WORDS: Organic fraction, organic waste, treatment processes, City Plan of Integrated Solid Waste Management.

INTRODUÇÃO

A Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, determina como metas aos municípios a proposição de cenários em gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, que visem a não-geração, redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com o intuito de minimizar a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada e incentivar o aproveitamento energético dos gases gerados nessas unidades de disposição. Trata-se de responsabilidade compartilhada, participação do poder público na coleta seletiva e na logística reversa e implantação de sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos de forma a articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.

A PNRS, Lei 12.305/2010, considera toda matéria orgânica gerada em municípios um resíduo e determina que apenas rejeitos podem ser aterrados. Perante a exigência feita aos municípios brasileiros que deviam ter elaborado o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) até dezembro de 2015 fica a ressalva da importância da implementação do proposto pelo plano, através de seus cenários.

Em Abrelpe (2013), constatou-se com o levantamento dos dados obtidos por amostragem que 51% da geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) corresponde à matéria orgânica, 33% à recicláveis e apenas 17% são rejeitos. Com o diagnóstico feito em 2016, Abrelpe (2017) destacou que pela ausência de iniciativas consolidadas para aproveitamento e recuperação da fração orgânica, há uma sobrecarga nos sistemas de destinação final, e que milhões de toneladas irregularmente ainda são depositadas por ano em lixões.

Equivocadamente, muitos autores ao falarem de fração orgânica a classifica apenas como RSU. Entretanto, esse resíduo pode ser gerado em estabelecimentos de saúde, indústrias, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, enfim, uma gestão da fração orgânica em um município não compreende apenas resíduos domiciliares e de limpeza pública. É muito importante que o diagnóstico da geração de resíduos exigido como primeira meta do PMGIRS, através da PNRS, contemplem um mapeamento de todos os pontos geradores de orgânicos, assim como dos recicláveis, perigosos e outros.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2009), a divulgação ou comunicação dos resultados de diagnósticos e a aplicação dos métodos de avaliação de impactos, vem qualificar o planejamento para a melhor gestão da política ambiental, considerando os aspectos sociais, econômicos, ambientais, espaciais e culturais. Ressalta que o aspecto ambiental tem por base a redução do volume de resíduos e dos níveis de poluição, a pesquisa e implantação de tecnologias de produção limpas e a definição das regras para proteção ambiental.

De acordo com Reichert (2013), muitas das soluções propostas trazem em si o equívoco da autossuficiência por tratarem situações de forma isoladas, não contemplando a questão dos resíduos do momento de sua geração até a destinação final. Por isso a importância de associar tecnologias de destinação final de resíduos à economia e sociedade será um avanço fundamental para a gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos nos municípios brasileiros. Mediante a possibilidade de implantação de um sistema de tratamento para a fração orgânica dos resíduos sólidos em municípios brasileiros, a escolha da área deve favorecer o sistema de logística reversa e acordos setoriais com a gestão compartilhada. Desenvolver estratégias de manejo autossuficiente não só irá colaborar para o desenvolvimento econômico da região, como permitirá a aplicação de trabalhos sociais, encerrando assim um sistema realmente sustentável.

Para Reichert (2013), unir ações estratégicas de manejo de resíduos sólidos através da proposição de cenários construídos com participação de atores sociais e avaliados por meio da aplicação de técnicas de avaliação do ciclo de vida e de indicadores de sustentabilidade, permite a definição de alternativas e modelos de gerenciamento que atendam aos preceitos da PNRS, em especial no que diz respeito à valorização de resíduos com envio para aterro sanitário apenas dos rejeitos.



Procurou-se encontrar na literatura um direcionamento para o manejo adequado desses resíduos, comparando estratégias de tratamento que promovessem a maior redução de carga orgânica em menor tempo, sendo mais eficientes, com menor custo de implementação, passíveis de licenciamento por órgãos regulamentadores e não causadoras de impactos ambientais. Considerando a dificuldade em unir essas estratégias que sejam sustentáveis, a grande quantidade de resíduos orgânicos sendo dispostos em aterros sanitários e os altos valores pagos por isso, a falta de conhecimento técnico dos gestores municipais e a necessidade de cumprimento da legislação federal, além da possibilidade de vincular valorização de resíduos à atividades sociais, essa pesquisa objetivou desenvolver uma revisão da literatura que permitisse um estudo analítico da viabilidade técnica, ambiental e econômica dos processos de tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos gerados nos municípios brasileiros, para assim nortear a proposição de cenários para os modelos de gestão e posterior gerenciamento.

OBJETIVOS

Desenvolver uma revisão da literatura que permita um estudo analítico da viabilidade técnica, ambiental e econômica dos processos de tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos gerados nos municípios brasileiros, para assim nortear a proposição de cenários para os modelos de gestão e posterior gerenciamento.

• **Objetivos Específicos**

Comparar estudos realizados com o tratamento de resíduos sólidos orgânicos, por processos biológicos ou térmicos (com ou sem combustão), para discussão da técnica ou conjunto de técnicas que sejam eficientes na redução de carga orgânica e definir processos de tratamento para esses resíduos economicamente e ambientalmente viáveis, sendo autossuficientes, com menor custo de implantação, devidamente licenciado por órgãos ambientais, prevendo implementação de sistema de logística reversa.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada através da busca por referências disponíveis na literatura que contemplavam dados de pesquisas em escala laboratorial e em escala real sobre a viabilidade dos processos de tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos.

• **Levantamento de estudos com tratamento de fração orgânica**

Partiu-se do embasamento teórico através da análise de legislações vigentes. A fim de selecionar estudos sobre processos de tratamento de fração orgânica, utilizou-se a busca na língua portuguesa, através de bancos de dados (Google Acadêmico, Sielo, biblioteca virtual da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), dos termos “fração orgânica”, “tratamento de resíduos orgânicos” e “processos de tratamento de resíduos sólidos”, e, sobre as técnicas de tratamento: “biometanização”, “compostagem”, “vermicompostagem”, “incineração” e “pirólise”. Procurou-se por trabalhos que utilizassem diferentes métodos de tratamento para análise parcial de cada proposta.

Por questões de inviabilidade foram descartados trabalhos encontrados sobre tratamento de algum resíduo específico, como cana-de-açúcar, lodo de esgoto, couro, bio-óleo. Pensando na amplitude do cenário de gestão integrada de um plano municipal, buscou-se pesquisas mais abrangentes, sobre tratamentos para RSU em geral, que pode ser apresentado incluindo os Resíduos de Serviços Públicos de Saneamento Básico, por exemplo, e até os Resíduos de Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviços. A pesquisa seguiu priorizando também trabalhos brasileiros e posteriores a regulamentação da PNRS, Lei 12.305/2010 (Decreto nº 7.404/2010). Por ordem cronológica (crescente), os estudos foram apresentados em quadro.

• **Avaliação e discussão das pesquisas encontradas**

A partir do embasamento teórico oferecido pelas referências utilizadas no estudo, os dados obtidos foram interpretados, avaliados e discutidos. Os gráficos e tabela elaborados possibilitaram a comparação dos resultados sobre a viabilidade dos processos de tratamento de orgânicos em municípios brasileiros.



RESULTADOS

• Sobre os aspectos legais

A Lei nº 12.305/2010 determina como metas aos municípios a proposição de cenários em gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, que visem a não-geração, redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com o intuito de minimizar a quantidade de resíduos gerados e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada e incentivar o aproveitamento energético dos gases produzidos nessas unidades de disposição. Cita a responsabilidade compartilhada, participação do poder público e implantação de sistema de tratamento de orgânicos de forma a articular com os agentes econômicos e sociais. Regulamentações específicas para alguns processos de tratamento abordam o assunto sem notificar em quais situações ou cenários seriam viáveis e como a gestão poderia se incluir em um sistema de logística reversa.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 481/2017, que estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental da compostagem de resíduos orgânicos, diz que conforme a PNRS (Lei nº 12.305/2010), a operação dessas unidades administradas pelo poder público deve priorizar a inclusão de associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis. O que pode ir contra o previsto pela Norma Brasileira Aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 16849:2020 que trata dos tratamentos térmicos por combustão para recuperação energética a partir de resíduos como plásticos, papéis, vidros, e outros passíveis de reciclagem classificados como não-perigosos pela NBR 10004:2004. Por outro lado, a Portaria Interministerial nº 274/2019, fundamentada nos preceitos da PNRS, não cita a classificação ou características dos RSU passíveis dos processos térmicos referidos.

• Estudos com processos de tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos

As referências seguem mencionadas no Quadro 1 por ordem cronológica, citando os autores envolvidos, o título da pesquisa, local e ano que foi desenvolvida e o modelo de apresentação do trabalho.

Quadro 1. Pesquisas estudadas sobre o tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos. Fonte: Autores.

Autoria	Título	Local/Ano	Modelo
Climate Works Foundation e Instituto Via Pública	Estudo de alternativas de tratamento de resíduos sólidos urbanos. Incinerador <i>mass burn</i> e Biodigestor anaeróbio	São Paulo, SP/2012	Resumo expandido
Ismael, L. L. <i>et al.</i>	Avaliação de composteiras para reciclagem de resíduos orgânicos em pequena escala	Mossoró, RN/2013	Artigo
Reichert, G. A.	Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação do ciclo de vida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre	Porto Alegre, RS/2013	Tese
Bianco, C. I.	Caracterização da comunidade procarionte presente no tratamento anaeróbio da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos em conjunto com serragem e lodo de esgoto	São Carlos, SP/2015	Dissertação
Vilela, F. R.	Biometanização: estudo da influência do lodo e da serragem no tratamento anaeróbio da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU)	São Carlos, SP/2015	Dissertação
Guermandi, J. I.	Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP	São Carlos, SP/2015	Dissertação
Chernicharo, C. A. L. <i>et al.</i>	Sistema integrado para tratamento de resíduos e aproveitamento dos subprodutos lodo e biogás	Rio de Janeiro, RJ/2015	Artigo
Caibre, D. I. <i>et al.</i>	Análise da viabilidade econômica do processo de pirólise para tratamento de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso aplicado a uma cidade de médio porte	Canoas, RS/2016	Artigo
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	Garibaldi, RS/2017	Artigo
Beltrame, F. A.	Valorização de resíduos sólidos orgânicos para grandes geradores: avaliação da viabilidade técnica de equipamentos compactos	São Paulo, SP/2018	Dissertação



Caibre et al. (2016) avaliaram a viabilidade econômica na implementação de tratamento por pirólise para 47 toneladas de RSU coletadas em um município de médio porte. Não foi analisada a viabilidade da técnica do tratamento para esses resíduos e não foram apontados quais RSU seriam tratados nesse processo. Não levantaram hipóteses para um sistema de logística reversa, porém consideraram custos do sistema de coleta regular convencional.

Mersoni e Reichert (2017) propuseram para um município de pequeno porte cinco cenários hipotéticos que integravam processos de reciclagem, compostagem, digestão anaeróbia e incineração, e analisaram os subprodutos das tecnologias de tratamento avaliadas e seus respectivos inventários do ciclo de vida (consumo de energia, emissões à água, ao ar, e ao solo). Os cenários que contemplaram a reciclagem associada à compostagem, a reciclagem associada à digestão anaeróbia seguida por compostagem e a reciclagem associada à compostagem com a incineração de rejeitos e com recuperação de energia apresentaram melhor desempenho e menor impacto ambientais.

Reichert (2013) já argumentava sobre o equívoco da autossuficiência por tratar situações de forma isoladas, e afirmava que a união de estratégias de manejo de resíduos sólidos permite a definição de alternativas e modelos de gerenciamento que atendam aos preceitos da PNRS (Lei nº 12.305/2010) sobre a valorização de resíduos e descarte apenas dos rejeitos.

Com essas referências encontradas elaborou-se o Quadro 2, levantando a partir das tecnologias em processos de tratamento, parâmetros comparativos dos métodos utilizados.

Quadro 2. Estudos sobre tecnologias de processos de tratamento de resíduos orgânicos no Brasil. Fonte: Autores.

Tecnologia	Estudo	Escala de trabalho	Referência
Biometanização	Caracterizou a comunidade procarionte presente nos biometanizadores.	Reatores de 5 L e de 50 L	Bianco (2015)
	Analisou a técnica de biometanização, sob a influência do uso de lodo e serragem.	Reatores de 5 L e de 50 L	Vilela (2015)
	Desenvolveram um sistema integrado de tratamento e aproveitamento dos subprodutos lodo e biogás.	Reator de 18,8 m ³	Chernicharo <i>et al.</i> (2015)
Compostagem e vermicompostagem	Avaliou parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem.	2077,69 kg de resíduos orgânicos divididos em 4 leiras	Guermandi (2015)
	Verificaram a aplicabilidade de três tipos de composteiras e de uma pilha de compostagem para reciclagem de resíduos orgânicos em pequena escala.	Composteiras de 24 kg, 18 kg e 12 kg e leira de 128 kg	Ismael <i>et al.</i> (2013)
	Avaliou a viabilidade técnica de sistemas compactos de compostagem para grandes geradores de RSU a partir de testes em pequena e média escala.	Composteiras de 35 L, 50 L e 200 L	Beltrame (2018)
Incineração e pirólise	Analisaram biodigestores e incineradores <i>mass burn</i> , com segregação apenas de vidro e metal, ou adicionando outro combustível fóssil para alcançar poder calorífico adequado.	510 t de orgânicos, 320 t de recicláveis e 170 t de rejeitos ao dia	Climate Works Foundation e Instituto Via Pública (2012)

A maioria dos estudos foram em escala piloto, pois são raras as pesquisas com investimento para analisar técnicas em escala real no Brasil.

• Viabilidades de implementação em municípios brasileiros

A partir dos estudos levantados, o Gráfico 1 ilustra condições de viabilidade técnica a partir da eficiência no tratamento, ao que é remediável desde que estabeleça adaptações, até o ineficiente. Considerou-se também as pesquisas que não avaliaram tecnicamente a eficiência do processo.



VIABILIDADE TÉCNICA

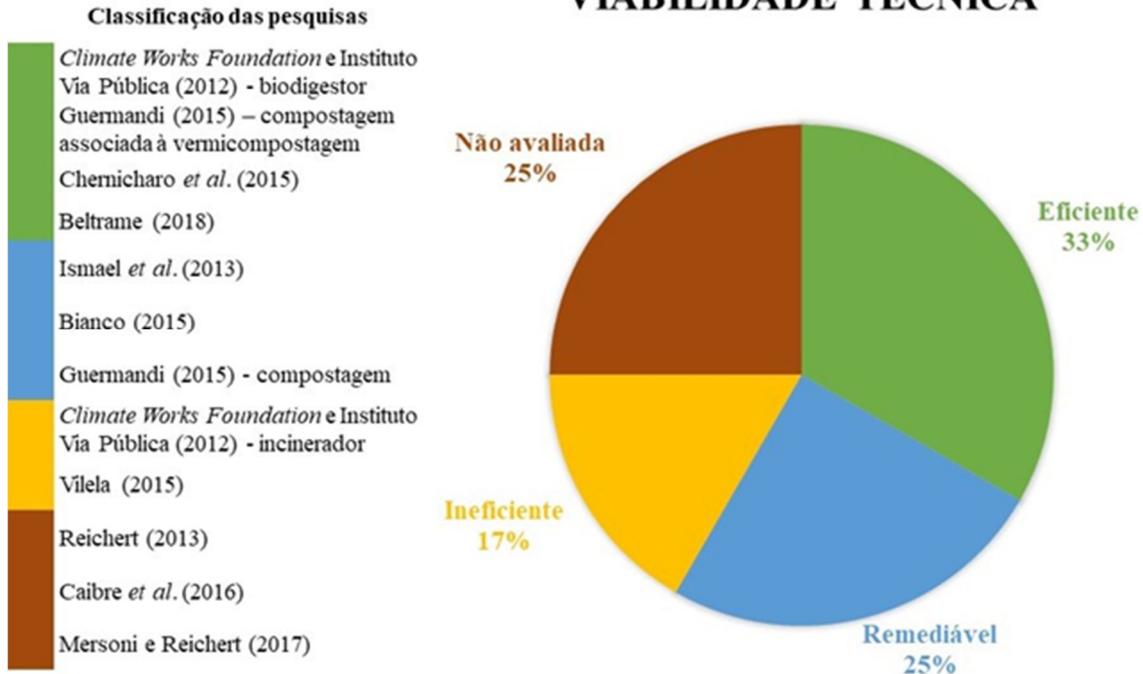


Gráfico 1: Classificação das pesquisas de acordo com a viabilidade técnica do tratamento estudado.
Fonte: Autores.

Quanto a viabilidade econômica, considerando as características individuais de cada tratamento e sem levantar comparativos dos custos de todo o processo (equipamentos, materiais, transporte, mão de obra, qualificação de funcionários), segue o Gráfico 2 representando desde a viabilidade, aos casos inviáveis, ou que não avaliaram economicamente a possibilidade do processo de tratamento.

VIABILIDADE ECONÔMICA

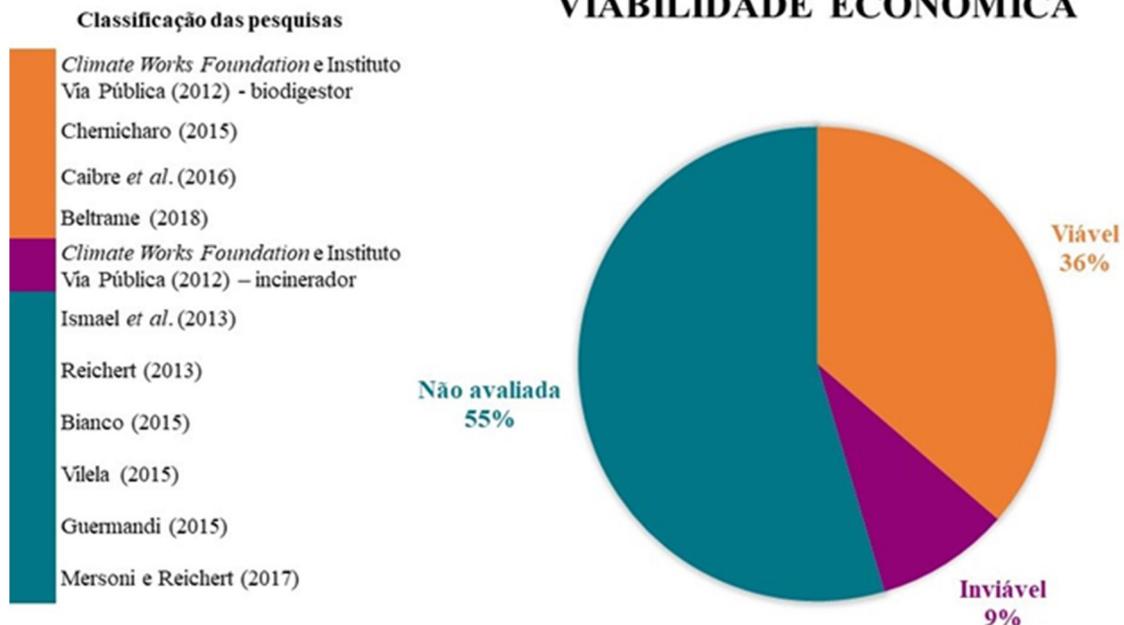


Gráfico 2: Classificação das pesquisas de acordo com a viabilidade econômica do tratamento estudado.
Fonte: Autores.

A Tabela 1 analisa a viabilidade técnica e econômica de acordo com o processo. A aplicação pode ser eficiente quando atinge todos os parâmetros de qualidade do substrato regulamentados, parcialmente eficiente quando o processo necessita



de adaptações, até ineficiente. Quanto aos custos, pode ser viável ou inviável economicamente. Ambos cálculos de representatividade consideraram como total de estudos apenas os que abordaram o aspecto avaliado.

Tabela 1. Viabilidades técnica e econômica por processo de tratamento. Fonte: Autores.

Técnica	Aplicação	Representatividade/total de estudos (%)	Custos de implementação	Representatividade/total de estudos (%)
Compostagem	parcialmente eficiente	67	viável	100
Vermicompostagem ¹	eficiente	100	-	-
Biometanização	eficiente	50	viável	100
Incineração ²	ineficiente	100	inviável	100
Pirólise	-	-	viável	100

¹ Associada à compostagem. ² Trata-se do incinerador *mass burn*.

Quanto a viabilidade ambiental, em qualquer situação de implementação de estação de tratamento para a fração orgânica, seja qual for a técnica, desde que regulamentada por órgãos ambientais competentes, e fiscalizada desde sua elaboração até a execução, avaliando o local de implantação, e considerando os processos deste estudo, a maioria são viáveis ambientalmente, pois produzem subprodutos reaproveitáveis e minimizam o impacto ambiental dos aterros sanitários, exceto incineradores *mass burn*, porque o tratamento gerou resíduos perigosos segundo o estudo de *Climate Works Foundation* e Instituto Via Pública (2012). Porém, segundo Mersoni e Reichert (2017), se considerarmos a questão de avaliação de ciclo de vida, redução na geração de rejeitos e impacto ambiental dos aterros sanitários, tal viabilidade se amplia se considerarmos as técnicas de tratamento combinadas.

CONCLUSÕES

Considerando a dificuldade em unir estratégias sustentáveis, a grande quantidade de resíduos orgânicos sendo dispostos em aterros sanitários e os altos valores pagos por isso, a falta de conhecimento técnico dos gestores municipais e a necessidade de cumprimento da legislação federal, além da possibilidade de vincular valorização de resíduos à atividades sociais, o trabalho contribuiu para o reconhecimento parcial dos processos de tratamento viáveis tecnicamente, economicamente e ambientalmente para municípios brasileiros, norteando a elaboração de cenários que devem ser parte dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos segundo a Lei nº 12.305/2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2012.** São Paulo, 2013. 116 p.
- _____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2016.** São Paulo, 2017. 64 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.
- _____. **ABNT NBR 16849: Resíduos Sólidos Urbanos para fins energéticos – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 30 p.
- Brasil. Congresso Nacional. Decreto nº 7.404, de 23 de Dezembro de 2010. Sanciona a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa; e dá outras providências. Brasília, DF.
- Brasil. Congresso Nacional. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Ministério de Minas e Energia. Ministério do Desenvolvimento Regional. Portaria Interministerial nº 274, de 30 de Abril de 2019. Disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos referida no § 1º do art. 9º da Lei nº 12.305, de 2010 e no art. 37 do Decreto nº 7.404, de 2010. Brasília, DF.
- CAIBRE, D. I.; PANDOLFO, A.; BERTICELLI, R.; BRUM, E. M.; GOMES, A. P. Análise da viabilidade econômica do processo de pirólise para tratamento de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso aplicado a uma cidade de médio porte. **Revista de Ciências Ambientais.** Canoas, v. 10, n. 2, p. 67 – 88, 2016.
- CLIMATE WORKS FOUNDATION. INSTITUTO VIA PÚBLICA. **Estudo de alternativas de tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos. Incinerador *mass burn* e Biodigestor anaeróbio.** Subsídios técnicos à elaboração dos Planos Locais de Gestão dos Resíduos Sólidos. 2012. 40 p.



10. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 481, de 03 de Outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Brasília, DF.
11. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais. **Caderno de licenciamento ambiental**. Brasília, 2009. 91 p.
12. 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. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 863 – 875, 2017.
13. REICHERT, G. A. **Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação do ciclo de vida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre**. 2013. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.