

AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS EM FEIRAS LIVRES NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO E POTENCIALIDADE DE GERAÇÃO DE METANO E ENERGIA ELÉTRICA – UM ESTUDO DE CASO.

Joyce Da Silva Oliveira, Marco Aurélio Gattamorta

RESUMO

A produção de alimentos de origem vegetal e animal demandam elevado consumo de recursos naturais e energia. Ao se considerar a cadeia produtiva dos alimentos, desde a produção até a oferta ao consumidor e descarte, nota-se uma elevada perda de recursos naturais e energia quando o produto deixa de atender o seu objetivo de garantir alimento às pessoas. O descarte de resíduos orgânicos em aterros sanitários acaba resultando em redução no tempo de operação e no desperdício de potencialidades destes resíduos, como produção de biogás, metano e energia elétrica. Com o objetivo de minimizar os impactos negativos do descarte de resíduos orgânicos, este trabalho avaliou a capacidade de produção de metano e geração de energia a partir da análise de resíduos orgânicos descartados em duas feiras livres do Bairro Bela Vista, na cidade de São Paulo. Para isto, realizou-se levantamento qualitativo e quantitativo dos resíduos orgânicos descartados nestas feiras livres e estimou-se a quantidade de metano e energia elétrica utilizando-se o modelo empírico *School Canyon*. Bagaços de cana e restos de verduras foram os resíduos orgânicos predominantes nas duas feiras livres analisadas no Bairro da Bela Vista. A estimativa de metano gerado foi de $Q_{(CH_4)i}$, 1.059,67 m³/ano e 1.412,89 m³/ano, capazes de abastecer, quando convertidos em energia elétrica (kWh), 6 a 8 casas, anualmente. Esta quantidade seria baixa, considerando os investimentos em tecnologias de conversão de metano em energia. No entanto, tecnologias de pequeno e médio porte, como o *Homebiogás*, poderiam ser avaliadas, permitindo o aproveitamento do metano para utilização em cozinhas, no preparo de alimentos, em escolas públicas. Desta maneira, ao avaliar a trajetória dos alimentos e a perda dos recursos usados ao longo de sua cadeia produtiva, reaproveitar a energia dos resíduos, na forma de metano, pode ser uma alternativa viável localmente e podem resultar em benefícios ambientais como

desonerar aterros sanitários, reduzir consumo de combustíveis fósseis para o transporte dos resíduos e minimizar a liberação de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: resíduo orgânico; feiras livres; biogás; energia renovável.

ABSTRACT

The production of plant and animal foods require high consumption of natural resources and energy. When considering the food production chain, from production to supply to the consumer and disposal, there is a high loss of natural resources and energy when the product fails to meet its objective of guaranteeing food to people. The disposal of organic waste in landfills ends up resulting in a reduction in the time of operation and in the waste of the potential of this waste, such as the production of biogas, methane and electricity. With the objective of minimizing the negative impacts of the disposal of organic waste, this work evaluated the capacity of methane production and energy generation based on the analysis of organic waste discarded in two open fairs in Bairro Bela Vista, in the city of São Paulo. For this, a qualitative and quantitative survey of the organic waste discarded in these open markets was carried out and the amount of methane and electricity was estimated using the School Canyon empirical model. Sugarcane bagasse and vegetable remains were the predominant organic residues in the two open markets analyzed in Bairro da Bela Vista. The estimated methane generated was $Q_{(CH_4)_i}$, 1,059.67 m³ / year and 1,412.89 m³ / year, capable of supplying 6 to 8 houses, when converted into electricity (kWh), annually. This amount would be low, considering investments in technologies for converting methane into energy. However, small and medium-sized technologies, such as Homebiogás, could be evaluated, allowing the use of methane for use in kitchens, in food preparation, in public schools. Thus, when assessing the trajectory of food and the loss of resources used throughout its production chain, reusing the energy from waste, in the form of methane, can be a viable alternative locally and can result in environmental benefits such as increasing landfills operating time, reduce consumption of fossil fuels for the transportation of waste and minimize the release of greenhouse gases.

Keywords: food waste; free fairs; biogas; renewable energy.

INTRODUÇÃO

Os padrões de vida atuais apresentam uma demanda cada vez maior dos recursos naturais e de energia elétrica. O crescimento da população e de seu consumo desenfreado também tem gerado um aumento na quantidade de resíduos que são enviados para os aterros sanitários. Os resíduos orgânicos, no entanto, podem ser utilizados para a geração de compostos orgânicos e energia utilizando tecnologias de biodigestores.

O desperdício e perda de alimentos ocorre tanto nas primeiras etapas de produção, na colheita, bem como em toda trajetória do alimento, como no armazenamento, transporte e chegada aos comércios e consumidores.

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) alerta que cerca de 30% de tudo que é produzido no mundo é perdido ou desperdiçado, ou seja, aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas por ano. No Brasil, em 2013, foram descartados cerca de 26,3 milhões de toneladas de alimentos. Além do descarte inadequado de alimentos, do ponto de vista quantitativo, deve-se também considerar os impactos diretos e indiretos do ciclo de vida de produtos agropecuários, como mão-de-obra, água, energia, combustível, entre outros recursos (FAO, 2018).

Com o crescente avanço da industrialização e urbanização no Brasil, a modernização do setor agrário se tornou necessária para produzir alimentos e produtos para exportação, visando o controle da balança comercial do país. Este novo modelo da agricultura no Brasil, iniciado a partir dos anos de 1950, apresentou resultados satisfatórios com relação a exportação e produção, chegando à década de 1960 muito mais estruturado, com o país se destacando no cenário mundial voltado também para a criação de equipamentos e instalações de desenvolvimentos de insumos agrícolas (TEIXEIRA, 2005).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) há um crescimento e incentivo à modernização do setor, visto que este se destaca no cenário econômico, contribuindo individualmente com cerca de 25% do Produto Interno Bruto (PIB) e o Valor Bruto de Produção (VBP), em 2018, foi de R\$ 383,9 bilhões na Agricultura e R\$ 186 bilhões na Pecuária. Para exemplificar, a safra de grãos como arroz, feijão, milho, soja e amendoim em 2018/19 foi estimada em cerca de 234,1 milhões de toneladas e a produção de café em torno de 54,48 milhões de sacas beneficiadas (CONAB, 2019).

O acesso aos recursos produzidos pela agricultura ocorre através de mercados e feiras livres. No Brasil, as feiras livres são uma tradição urbana de mercado varejista ao ar livre, voltada para a distribuição local de gêneros alimentícios e produtos básicos. É de periodicidade semanal, organizada como serviço de utilidade pública sendo relativamente importante no abastecimento urbano (MASCARENHAS & DOLZANI, 2008). Assim como nos mercados, nas feiras livres também ocorre o descarte de muitos alimentos em função do seu aspecto visual (cor, tamanho, lesões nos frutos e folhas), considerando principalmente o aspecto de aceitação pelo consumidor, e mesmo que muitos deles ainda pudessem ser consumidos sem riscos sanitários.

Segundo a iniciativa “Sem Desperdício” (2019), realizada pela WWF-Brasil, Embrapa e FAO, as perdas de alimentos ocorrem ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita. O percentual de descarte de produtos perecíveis, na América Latina, são: leguminosas oleaginosas (20%), cereais (25%), raízes e tubérculos (40%), frutas e hortaliças (55%), produtos lácteos (20%) e pescados (33%), tanto em mercados quanto em feiras livres. Além dos aspectos relativos à qualidade dos alimentos desperdiçados que ainda poderiam ser consumidos, a quantidade de matéria orgânica descartada nas feiras livres também resulta em perda da capacidade energética e de compostos orgânicos passíveis de serem utilizados na própria agricultura, demandando uma avaliação de alternativas técnicas que permitam uma redução deste desperdício, tendo em vista que são atrativos tanto para o setor energético e de produção de biogás (REIS, 2012; FERREIRA, 2015).

O biogás é um combustível gasoso similar ao gás natural e que pode apresentar elevado percentual de metano na sua composição (55-70%), resultante de processos fermentativos que, em condições adequadas, permitem, a partir da fermentação anaeróbica de dejetos animais, resíduos vegetais, industrial e domiciliar e que, em condições adequadas, podem ser utilizados para geração de calor ou produção de energia elétrica (SOUZA, 2004; COLDEBELLA, 2006; FERREIRA, 2015).

A utilização do gás para a produção de energia, a partir da tecnologia dos biodigestores, é uma excelente alternativa para o tratamento de resíduos orgânicos e que possui impactos positivos na redução de volume de resíduos destinados a aterros, bem como contribuindo com a diminuição de contaminação

da água, solo e do ar, com ganhos ambientais relacionados geração de energia limpa fertilizantes orgânicos de grande importância para as pastagens e adubação em geral (BARBOSA & LANGER, 2011).

Considerando as potencialidades de aproveitamento energético e de fertilizantes orgânicos dos resíduos de feiras livres, este trabalho foi desenvolvido com os objetivos de identificar os descartes orgânicos em feiras livres na cidade de São Paulo. Para tanto, foram utilizados dados secundários para levantamento de feiras livres e coletados dados primários de resíduos orgânicos descartados em duas feiras livres no bairro da Bela Vista. Estes dados foram utilizados para estimar, a partir do modelo empírico School Canyon, a potencialidade de geração de metano e energia elétrica e avaliar a viabilidade de implementação de projetos de biodigestores em âmbito local ou regional, considerados, neste estudo, como bairros ou regiões da cidade de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi elaborado a partir de dados primários e secundários. Os dados secundários foram obtidos a partir de pesquisa em sites oficiais da Prefeitura Municipal de São Paulo e no Portal GeoSampa, com o objetivo de identificar e quantificar as feiras livres existentes na cidade de São Paulo e caracterizá-las quanto à localização e horário de funcionamento, enquanto plataformas de pesquisa de teses e artigos científicos foram utilizados para a elaboração de uma revisão de literatura, relacionando as palavras-chaves “feira livre”, “gestão de resíduos sólidos orgânicos”, “energia renovável”, “biogás” e “metano”.

Para este estudo, foram selecionadas duas feiras no bairro Bela Vista, visitadas de 10 de setembro a 04 de outubro de 2019, totalizando quatro semanas. Durante este período foram observados os descartes orgânicos das 13:00 às 14:30, sendo nas terças-feiras na rua Cardeal Leme, dispendo de 94 feirantes, e as sextas-feiras na rua Maria José, com 122 feirantes cadastrados, de acordo com o site da Prefeitura da Cidade de São Paulo (FEIRAMAPS). Em cada visita foram identificados e quantificados os resíduos orgânicos separados para descarte e recolhimento pela INOVA GSU Limpa São Paulo. Antes do recolhimento, os sacos eram identificados e quantificados quanto ao volume, tipo de resíduo orgânico e quantidade. Para quantificação dos resíduos orgânicos

foram realizadas amostragens de resíduos orgânicos de origem vegetal e obtidos dados de volume e massa, de acordo com Kielh (1998). A partir destes dados, realizou-se cálculos para estimar a produção de biogás e metano passíveis de serem gerados por estes resíduos, utilizando modelo empírico *School Canyon*, de acordo com o proposto por Pavan (2010).

REVISÃO DE LITERATURA

Na época do Brasil Colonial a população se reunia em locais pré-estipulados para comercialização de vários gêneros tropicais, metais preciosos e produtos variados, a fim de munir suas necessidades comerciais e desempenhar atividades socioculturais. Deste modo a comercialização foi se popularizando e se fortalecendo como uma das formas mais antigas e tradicionais de comércio, lazer e de sociabilidade das cidades, sendo caracterizados, na atualidade, como feiras livres (CHAVES, 2011).

A feira livre é um modelo de mercado varejista ao ar livre, voltado para o fornecimento de gêneros alimentícios e produtos básicos, ocorrendo semanalmente em inúmeros bairros, de acordo com o tamanho da cidade e a distribuição da população atendida (MASCARENHAS & DOLZANI, 2008). Apesar de ser um modelo bastante comum em diversas cidades brasileiras, a ausência de ações fiscalizatórias em alguns locais acaba por gerar problemas como barracas com pouca estrutura, má higienização, falta de segurança, desorganização e até comercialização de produtos não permitidos, acontecimentos estes que afetam negativamente a maneira de olhar da sociedade para as feiras livres e pode colocar em risco sua existência (COUTINHO et. al, 2006).

A legislação que regulamenta o funcionamento das feiras livres é de âmbito municipal, sendo responsável por regularizar a matrícula do feirante, realizar a cobrança e/ou isenção de taxas, e estabelecer a localização, dimensão, funcionamento (dias e horários), produtos comercializados e segurança sanitária entre outras exigências visando a seguridade do feirante, da localidade e do comprador. De acordo com o Decreto nº 11.199, de 02/08/74 do Município de São Paulo os produtos comercializados são divididos em grupos: frutas frescas (nacionais e estrangeiras), hortaliças, pescados de toda espécie (frescos, resfriados ou congelados), aves abatidas, artigos para jardinagem

(flores, plantas, sementes), cereais e grãos, artigos e utensílios para casa (vassouras, talheres e utilidades domésticas), artefatos de madeira, artesanatos e armarinhos em geral (PMSP, 2020).

Para a realização de um plano de sistema integrado de gerenciamento de resíduos sólidos nas feiras livres ou em qualquer outro segmento gerador, é essencial conhecer o material que é produzido, para planejar as etapas de acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final (VAZ et al. 2003).

Feiras livres em municípios pequenos são importantes do ponto de vista cultural e socioeconômicos, visto que desenvolvem o comércio das pequenas agroindústrias, agricultura familiar, produtos artesanais e contribuem para circulação de capital da região (COUTINHO et. al, 2006), bem como se tornam fonte de sobrevivência da população de baixa renda, e sua relevância não só abrange as atividades econômicas, mas também permite o atendimento das necessidades da população local (CHAVES, 2011).

No momento atual, segundo dados do Boston Consulting Group, estima-se que anualmente o mundo desperdiça 1,6 bilhões de toneladas de alimentos por ano e, no caso da América Latina, este desperdício é de cerca de 127 milhões de toneladas anuais (BCG, 2018). Ao se considerar a América Latina, este desperdício resulta em calorias perdidas, que, quantificadas, correspondem, em termos percentuais, considerando cada etapa da cadeia de abastecimento alimentar, em 28% na fase de produção, 6% na fase processamento, 22% no manuseio e armazenamento, 17% na distribuição e comercialização e 28% na fase de consumo (FAO, 2016).

Constata-se, desta forma, que a longa trajetória do alimento à mesa do consumidor e os aspectos culturais em geral são responsáveis pelo desperdício de alimentos, que ocorre devido a exigência do padrão estético do alimento, no qual um pequeno defeito que não influencia na sua qualidade nutricional é suficiente para rejeição do item alimentar (ZARO, 2018).

As condições inadequadas nas etapas de distribuição, armazenamento e comercialização das frutas e hortaliças influenciam drasticamente na sua qualidade aumentando o percentual de perdas. Desta forma o ideal após a colheita é o manuseio mínimo, pois se trata de alimentos sensíveis que facilmente amassam e rompem a casca, devido à quantidade de água dentro

das frutas e hortaliças que também influenciam no seu período de conservação, se danificado ocasiona o crescimento de fungos e bactérias oportunistas. Assim sendo quanto menor o manuseio do mesmo menor a chance de danificações mecânicas (ZARO, 2018).

As feiras livres produzem nos seus setores de venda hortifrutigranjeiros, carnes, cereais, artesanatos, até alimentos já processados como pastel, salgados, entre outros, e, desta forma, os resíduos sólidos são gerados desde a recepção e organização dos alimentos nas barracas pelos feirantes até o consumo no local, pelos compradores. Neste caso, ambos são geradores de resíduos (VAZ et al. 2003).

De acordo com a Revista Hortifruti Brasil (2015) em “A vez dos Hortifrutis Feios”, as frutas e hortaliças mais comuns em ter imperfeições como deformidades, tamanhos variados, pintas e rachaduras que podem não se adequar a exigência do mercado são batatas, tomates, cenouras, bananas, mangas e cebolas. Isso ocorre de acordo com região e as condições climáticas, bem como em função do transporte e armazenamento. Nessas circunstâncias, as frutas e hortaliças perdem suas características de mercado e se desvalorizam, podendo ser doadas, vendidas para o consumidor menos rigoroso ou, na grande maioria das vezes, descartadas. Ao se descartar um alimento passível de ser consumido perde-se, além dos nutrientes e calorias, todo o investimento relacionado ao solo, água, energia e os demais recursos utilizados ao longo da sua cadeia produtiva.

A cidade de São Paulo dispõe a cerca de 883 feiras livres no qual Autoridade Municipal de Limpeza Urbana – AMLURB sendo operado pela empresa INOVA GSU é responsável pela varrição e coleta dos resíduos (GALVÃO,2019). No tocante à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, conforme o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo – PGIRS (2014), tem-se como objetivo garantir a “máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e sua valorização, com o incentivo à retenção de resíduos na fonte e a elaboração de um plano de coletas seletivas, envolvendo resíduos domiciliares orgânicos, resíduos domiciliares recicláveis secos, resíduos da construção civil, resíduos orgânicos de feiras, sacolões, mercados, e escolas, bem como a indução de práticas de coletas seletivas para empresas que devam ter seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos”. O PGIRS

atende as Leis Federais nº 11.445/2007 e nº 12.305/2010, que dispõem, respectivamente, sobre os serviços de saneamento básico, incluindo a gestão de resíduos sólidos urbanos, e a execução do gerenciamento dos resíduos pelos setores públicos e privados, dentre outras providências.

Para atender ao PGIRS, foi implementada na cidade de São Paulo, em agosto de 2015, um projeto piloto denominado Feiras e Jardins Sustentáveis para tratamento de resíduos de feiras livres e podas de árvores, com uma nova tecnologia: o pátio de compostagem por sistema de leiras estáticas de aeração passiva, com capacidade de operar até 10 toneladas de resíduo/dia e inseridos em área urbana na região da Subprefeitura Lapa. Atuando em 52 feiras livres da Subprefeitura da Lapa, Casa Verde, Freguesia do Ó e Pirituba, reciclou 2.642 toneladas de resíduos, produzindo 528 toneladas de composto orgânico e, conseqüentemente, evitando a disposição desses resíduos orgânicos nos aterros sanitários (GALVÃO, 2019). O projeto vem se expandindo dispondo de 5 pátios ativos sendo nas regiões da Lapa, Sé, Moóca, Ermelino Matarazzo e São Matheus, coletando resíduos orgânicos de 156 feiras livres das respectivas subprefeituras. Os indicadores qualitativos de 2015 registrou cerca de 3.900 toneladas de resíduos orgânicos transformando-as em 624 toneladas de composto de qualidade (ARZB, 2019).

Para obter bons resultados de segregação dos resíduos, além do trabalho das equipes de conscientização ambiental junto aos feirantes e frequentadores das feiras livres, os varredores que atuam na limpeza da feira foram treinados para um bom processo de separação das FLV (frutas, legumes e verduras) dos demais resíduos, realizando a triagem previamente a coleta pelo caminhão compactador. De acordo com a AMLURB, o volume coletado de resíduos orgânicos nas feiras livres foram cerca de 68.764 toneladas no ano de 2018 (GALVÃO,2019).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, no Art. 3º da Lei 12.305/2010, aponta algumas técnicas para gestão adequada dos resíduos, a partir da “destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações”, com o objetivo de reduzir a carga destes nos aterros sanitários e reduzir as emissões dos gases do efeito estufa, a partir do incentivo ao aproveitamento energético (FERREIRA, 2015).

Para analisar a viabilidade de aproveitamento energético, deve-se considerar que a decomposição dos resíduos orgânicos gera, a partir de processos fermentativos, o biogás. Este biogás caracteriza-se pela mistura de gases combustíveis, como o metano (CH₄) e outros, como dióxido de carbono (CO₂), gases nitrogenados, hidrogênio gasoso e monóxido de carbono (COLDEBELLA, 2006). Para Barbosa e Langer (2011), o tratamento dos resíduos gerados a partir da tecnologia dos biodigestores e utilização do gás para produção de energia é uma excelente alternativa para aproveitamento dos resíduos orgânicos, visto que reduz o volume destes materiais que são encaminhados para os aterros sanitários e, desta forma, contribuem com a diminuição de contaminação da água, solo e ar, bem como com o aumento do tempo de vida útil destes aterros e, conseqüentemente, geram benefícios ambientais e retorno energético.

No que tange ainda ao aproveitamento do biogás, cabe ressaltar que o aproveitamento energético dos resíduos permite o atendimento aos objetivos 7 (Energia acessível e limpa - Aumento da participação de energias renováveis na matriz energética) e 12 (Consumo e produção responsáveis - Reduzir a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso) dos 17 objetivos globais para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) proposto pela Organização das Nações Unidas - ONU (2015). Desta forma, explorar as potencialidades do tratamento de resíduos orgânicos através da tecnologia dos biodigestores para o aproveitamento energético também contribui para a construção de municípios que almejam ampliar a sustentabilidade em sua gestão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cidade de São Paulo dispõe de 877 feiras livres e 6 feiras orgânicas totalizando 883 feiras livres distribuídas pelo município, divididas por Subprefeituras de acordo com a necessidade do abastecimento local. Dados sobre a quantidade de feiras livres e feirantes foram organizados por subprefeitura (Tabela 1).

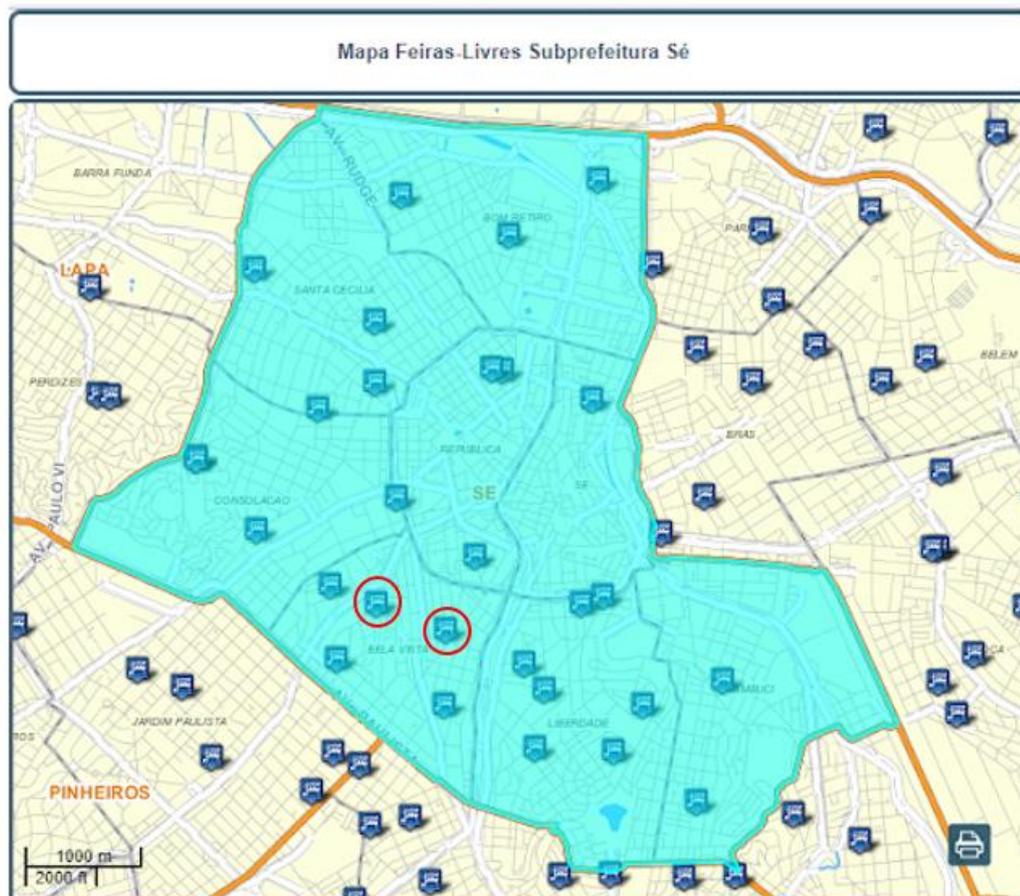
Tabela 1. Feiras livres da Cidade de São Paulo por Subprefeitura

Subprefeitura	Nº total de Feiras livres	Nº total de Feirantes	Variação de Feirantes	
			Máximo	Mínimo
Cidade Adhemar	19	1.334	204	11
Aricanduva/ Vila Formosa	29	1.704	116	1
Butantã	34	1.227	107	1
Campo Limpo/ Capão Redondo	25	1.202	113	6
Capela Socorro	34	1.679	172	10
Cidade Tiradentes	15	940	145	1
Casa Verde	29	1.366	121	1
Ermelino Matarazzo	16	1.180	173	12
Freguesia do Ó/ Brasilândia	26	1.230	108	10
Guaianazes	18	616	11	11
Ipiranga	46	2.286	141	7
Itaquera	43	1.919	115	6
Itaim Paulista	26	1.725	172	10
Jabaquara	14	927	166	13
Jaçanã / Tremembé	15	847	169	7
Lapa	25	1.155	116	11
M' Boi Mirim	23	1.107	145	2
Vila Maria / Vila Guilherme	29	1.833	133	8
Moóca	46	2.704	129	1
São Miguel Paulista	28	2.049	224	16
Parelheiros	8	143	33	6
Penha	49	2.887	185	11
Pinheiros	23	1.593	180	20
Pirituba/Jaragua	38	1.433	132	2
Perus	10	361	90	11
Santo Amaro	26	1.224	99	10
Sé	32	2.352	163	5
São Mateus	36	1.734	150	1
Santana / Tucuruvi	33	1.620	155	4
Vila Mariana/ Vila Prudente/ Sapopemba	37	2.617	188	10
Total de feiras livres	877			

Fonte: Autores, 2019.

No mapa 1 observa-se a distribuição das feiras livres em parte da região da Subprefeitura da Sé, retratada pela cor turquesa. Esta subprefeitura foi

escolhida para a obtenção dos dados qualitativos e quantitativos de resíduos orgânicos, em função da facilidade de acesso e proximidade com o Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, que foi utilizado para a segregação e caracterização dos resíduos. Duas feiras livres foram utilizadas neste projeto – Rua Cardeal Leme e Rua Maria José - e encontram-se demarcadas em vermelho.



Mapa 1. Mapa das feiras livre da Subprefeitura Sé. Em vermelho, as feiras livres estudadas neste artigo da rua Cardeal Leme e Maria José. Fonte: GeoSampa (2019).

Pela tabela 1 percebe-se que, apesar da modernidade e aumento das redes de mercados hortifruti-granjeiros, as feiras livres ainda estão presentes no cotidiano dos paulistanos, contribuindo com o fornecimento de gêneros alimentícios e produtos básicos, com cerca de 2.887 feirantes cadastrados, ou seja, existe uma significativa empregabilidade de pessoas nessas atividades, tornando-as importante social e economicamente.

Os resíduos como restos de folhas de verdura, palha de milho, tomate, casca de abacaxi e melancia, dentre outros, eram deixados pelos feirantes em caixotes de madeira e plástico ou lançados no chão, sendo recolhidos pelos varredores que ao decorrer da feira, que os depositavam em sacos plásticos de 200L.

Para estimar a quantidade de resíduos orgânicos descartados eram contados quantidade de sacos e caixotes naquele momento, bem como, feita uma breve entrevista com os feirantes para compreender a dinâmica dos descartes naquele dia, calculando o volume em litros dos descartados.

Para a determinação da massa de resíduos orgânicos descartados calculou-se a densidade de cada resíduo, de acordo com a equação 1:

$$\text{Equação 1: } D = \frac{m}{v}$$

Sendo, D (densidade), m (massa) e v (volume)

Para definir o valor da massa, selecionou-se um recipiente de 1 litro (0,001 m³), que foi preenchido com cada tipo de resíduo orgânico coletado na feira livre. O recipiente preenchido foi pesado e, a partir da relação entre o volume fixo e a massa obtida, calculou-se a densidade média de cada resíduo, utilizando-se a equação $D = \frac{m}{v}$. Em seguida com a mesma equação, utilizamos o valor calculado de D e multiplicamos pelo volume do resíduo amostrado nas feiras livres, em função da quantidade de sacos e do volume dos caixotes utilizados para descarte. A estimativa de quantidade de resíduos foi calculada em kg, para cada uma das feiras livres amostradas (Tabela 2 e Tabela 3)

Tabela 2. Quantificação de resíduos orgânicos identificados na feira livre da Rua Cardeal Leme, durante 4 semanas e de acordo com o tipo de resíduo identificado.

Feira R. Cardeal Leme					
Tipo de resíduo	Quantidade de Resíduo (Kg)				Total no mês
	Dia 10/09	Dia 17/09	Dia 24/09	Dia 01/10	
Bagaço de Cana	23,4	93,6	93,6	93,6	304,2
Casca de Abacaxi e Melancia	0,62	0,29	0,82	0,82	2,55
Casca de Mandioca	0	0,7	0	0	0,7
Palha de Milho Fresca	0,64	0,08	0,4	0,16	1,28
Resto de Folhas de Verduras	27,76	52,1	69,75	79,54	229,15
Total de resíduos (kg) gerados no mês					537,88

Tabela 3. Quantificação de resíduos orgânicos identificados na feira livre da Rua Maria José, durante 4 semanas e de acordo com o tipo de resíduo identificado.

Feira R. Maria José					
Tipo de resíduo	Quantidade de Resíduo (Kg)				Total no mês
	Dia 13/09	Dia 20/09	Dia 27/09	Dia 04/10	
Bagaço de Cana	163,8	163,8	163,8	187,2	678,6
Casca de Abacaxi e Melancia	1,6	0	3,2	4,8	9,6
Casca de Mandioca	0	0,7	0,7	0,7	2,1
Palha de Milho Fresca	1,6	0	3,2	4,8	9,6
Resto de Tomate	0	0	2,8	4,2	7
Resto de Folhas de Verduras	63,30	101,77	102,26	147,1	414,43
Total de resíduos (kg) gerados no mês					1.121,33

Conforme as tabelas 2 e 3 as massas totais dos resíduos descartados em 4 semanas pelas feiras livres da rua Cardeal Leme e rua Maria José foram, respectivamente, 537,88 kg e 1.121,33 kg, totalizando 1.659,21 kg/mês. Bagaço de cana e restos de folhas de verduras foram, em massa, os principais resíduos orgânicos detectados nas duas feiras livres, em todas as semanas analisadas

neste estudo. Extrapolou-se os resultados quantitativos obtidos em quatro semanas (um mês) para o período de um ano e, desta forma, a quantidade estimada de resíduos orgânicos em um ano, pelas duas feiras livres amostradas, seria de 1659,21 kg/mês multiplicado por 12 meses, totalizando 19.910,52 kg/ano ou 19,91 ton/ano.

Procedeu-se, a partir da massa estimada, os cálculos para determinação da quantidade de metano e potencial de geração de energia elétrica. Para estas estimativas utilizou-se o modelo empírico *School Canyon*, proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – US-EPA (United States Environmental Protection Agency) – e conforme descrito por Pavan (2010), e selecionada em função das características semelhantes àquelas indicadas pelo autor. Desta forma, empregou-se a equação 2 para determinação de Q (m³/ano) de metano em um ano (t=1)

$$\text{Equação 2: } Q_{(CH_4)i} = k \cdot L_o \cdot m_i \cdot e^{-kt_i}$$

Na qual:

$Q_{(CH_4)i}$ é a vazão de metano produzida no ano i a partir da seção i do resíduo (m³/ano)

i é o incremento de tempo em um ano

k é a constante de geração de metano (anos⁻¹)

L_o é o potencial de geração de metano (m³ CH₄/t resíduos)

m_i é massa de resíduo depositada no ano (toneladas)

t_i é o tempo passado desde o fechamento (anos)

Considerou-se, para estimativa de geração de metano e energia, os valores L_o mínimo e máximo de, respectivamente, 300 e 225, em m³ CH₄/t resíduos, de acordo com o World Bank (2003) *apud* Pavan (2010) e aplicou-se um valor de $k = 0,09$ anos⁻¹, dado que a precipitação anual na cidade de São Paulo é superior a 1000 mm anuais e os resíduos são altamente degradáveis.

Assim, aplicando-se os valores na equação 2 e considerando 19,91 toneladas anuais estimados para as duas feiras livres, tem-se, respectivamente, os valores mínimo e máximo de $Q_{(CH_4)i}$, 1.059,67 m³/ano e 1.412,89 m³/ano.

Para estimar a geração de energia em kWh utilizou-se a metodologia de Macedo (2008) citado por Santos e Junior (2013), considerando que cada 1m³ metano (CH₄) equivalem a 10,5305 KWH. Assim, aplicando-se os valores de $Q_{(CH_4)i}$ calculados, tem-se uma quantidade de energia anual mínima de 11.158,85 kwh/ano e máxima de 14.878,44 kwh/ano.

Assim, ao se considerar os valores de consumo de energia em torno de 150 kWh/mês (SANTOS & JUNIOR, 2013) ou 1800 kWh/ano, estima-se que os valores calculados acima poderiam abastecer entre 6 a 8 residências, anualmente. Estes valores podem ser considerados relativamente baixos, considerando a logística e o investimento para a aquisição de tecnologias de conversão de metano em energia elétrica.

No entanto, ao explorar outras possibilidades de aproveitamento dos resíduos descartados das duas feiras livres, o uso do metano produzido pelo biogás em baixa e média escala se torna um atrativo quando avalia-se tecnologias de pequena escala. Das tecnologias do mercado, uma recentemente apontada como eficaz é o *Homebiogás*, um biodigestor autônomo de pequena ou média escala isenta de energia elétrica que converte o resíduo orgânico em gás de cozinha e fertilizante líquido.

Esta tecnologia poderia ser instalada em escolas públicas em torno das feiras livres das ruas Cardeal Leme e Maria José. Utilizando o sistema *Homebiogás 7.0*, que permite uma alimentação de 30 L de resíduos por dia e é capaz de gerar até 2.500 L de gás que rendem 6 – 8 horas de gás de cozinha. São 8 escolas públicas próximas as duas feiras livres: Centro Escola Infantil e creche (CEI) Indir Bela Vista e Diret 13 de Maio; Escola Municipal de Ensino Infantil (EMEI) Angelo Martino; Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF) João Mendes Júnior e Celso Leite Ribeiro Filho e Escolas Estadual (E.E) Maria José Maria Augusta Saraiva e Rodrigo Alves, como é apresentado no mapa 2.

em tecnologias de baixo custo pode-se, portanto, buscar soluções locais que resultem em benefícios ambientais como desonerar aterros sanitários, reduzir consumo de combustíveis fósseis para o transporte dos resíduos e minimizar a liberação de gases de efeito estufa, aproveitando-os energeticamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso proposto tinha como objetivo avaliar as potencialidades de utilização de resíduos orgânicos de feiras livres para geração de metano e energia. A partir do levantamento de resíduos orgânicos de duas feiras livres do bairro da Bela Vista, foi possível detectar que bagaços de cana e restos de verduras foram os resíduos orgânicos predominantes nas feiras livres analisadas e, ao estimar a quantidade de metano gerado, obteve-se valores mínimo e máximo de $Q_{(CH_4)i}$, 1.059,67 m³/ano e 1.412,89 m³/ano, capazes de abastecer, quando convertidos em energia elétrica (kWh), 6 a 8 casas, anualmente. Esta quantidade seria baixa, considerando os investimentos em tecnologias de conversão de metano em energia. No entanto, tecnologias de pequeno e médio porte, como o *Homebiogás*, poderiam ser avaliadas, permitindo o aproveitamento do metano para utilização em cozinhas, no preparo de alimentos, em escolas públicas. O estudo de caso apresentado aponta para a importância de buscar soluções locais e identificar tecnologias que contribuam para o aproveitamento dos resíduos orgânicos, bem como gerem benefícios ambientais locais, regionais e globais, como redução da liberação de gases de efeito estufa e ampliação do tempo de vida de aterros sanitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ARZB- Aliança Resíduo Zero Brasil. **Programa Feiras e Jardins Sustentáveis**. 2019 Disponível em <<http://residuozero.org.br/boas-praticas/programa-feiras-e-jardins-sustentaveis/>> Acesso: 04/10/2019

BARBOSA, G.; LANGER, M. **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental**. Unoesc & Ciência ACSA , v. 2, n. 1, p.87-93, 2011.

BCG - Boston Consulting Group. **Tackling the 1.6-Billion ton food loss and waste crisis**. Disponível em: <<https://www.bcg.com/pt-br/publications/2018/tackling-1.6-billion-ton-foodloss-and-waste-crisis.aspx>>. Acesso: 19/05/2019 as 13:00.

CHAVES, G. R. **Análise Socioeconômica e cultural da Feira Livre do Município de Remígio PB**. Monografia do Curso de Geografia. Universidade Estadual do Paraná. Campina Grande, 2011. p.1-107.

COLDEBELLA, A. SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J.; KOHELE, A. C. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite**. Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural, 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Central de Informações Agropecuárias**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acesso em: 20/02/2019 as 21:00

COUTINHO, E.P.; NEVES H.C.N; NEVES, H.C.N.; SILVA, E.M.G. **Feiras Livres do Brejo Paraibano: Crise e perspectivas**. In: XLIV CONGRESSO DA SOBER “Questões Agrárias, Educação no Campo e Desenvolvimento”. Fortaleza, 23 a 27 de Julho de 2006. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/5/663.pdf>>. Acesso: 26/05/2019 as 13:00.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Avanços no combate às perdas e ao desperdício de alimentos.** 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1062706/>>. Acesso em: 20/02/2019 as 21:00.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Semana Nacional de conscientização da Perda e Desperdício de Alimentos.** 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1163036/>>. Acesso em: 20/02/2019 as 18:00.

FEIRAMAPS – **Lista de feiras livre Prefeitura da Cidade de São Paulo.** Disponível em: <https://www9.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/sdte/pesquisa/feiras/lista_completa.html>. Acesso em 23/07/19 as 21:00.

FERREIRA, B. O. **Avaliação de um sistema de metanização de resíduos orgânicos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2015. 124f.

GALVÃO, R. G. **COMPOSTAGEM EM ÁREAS URBANAS: lições aprendidas no projeto feiras e jardins sustentáveis da Lapa, São Paulo – SP, Brasil.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis. Universidade Nove de Julho – UNINOVE. 2019.

HORTIFRUTI BRASIL. **A vez dos HFs Feios.** CEPEA-ESALQ/USP Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Agosto de 2015. Disponível em : <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/capa/a-vez-dos-hfs-feios.aspx>>. Acesso: 26/05/2019 as 16:00.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT, COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. Lixo Silva, C. A.; Andreoli, C. V. **Compostagem como Alternativa à Disposição Final dos Resíduos Sólidos Gerados ...** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 2,

p. 027-040, abr./jun. 2010: Manual de Gerenciamento Integrado. 2ª ed. São Paulo, 2000. 370p.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba,:E. J. Kiehl, 1998.

Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências**. Diário Oficial da União de 08 de janeiro de 2007. p 3.e retificado em 11.1.2007.

Lei Federal nº 12.305 de 02 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**. Diário Oficial da União, nº 147, 03 de agosto de 2010.

MASCARENHAS, G.; DOLZANI, M.C.S. **Feira livre: Territorialidade Popular E Cultura Na Metrópole Contemporânea**. Ateliê Geográfico, V.2, n.2, pp.72–87, 2008.

Organização das Nações Unidas – ONU. **17 objetivos globais para o Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. 2015: Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 20/09/2019.

PAVAN, M. C. O. **Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: avaliação e diretrizes para tecnologia potencialmente aplicáveis no Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010. 187f.

PGIRS - Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo. Acesso em 04/ 10/2019. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>>Acesso em: 03/10/2019

PMSP - Prefeitura Municipal de São Paulo, 1974. Decreto no. 11.199, de 2 de agosto de 1974. **Dispões sobre o funcionamento das feiras livres no município e dá outras providências.**

REIS, A. S. **Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2012. 79f.

SANTOS, E. L. B.; JUNIOR G. N. **Produção de Biogás a partir de dejetos de origem animal.** Tekhne e Lagos, Botucatu, Sp, v4, n. 2, agosto 2013.

SOUZA, S.N.M.; PEREIRA, W.C.; NOGUEIRA, C.E.C.; PAVAN, A.A.; SORDI, A. **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor-gerador utilizando biogás da suinocultura.** Acta Scientiarum Technology, Maringá, v.26, p.127-133, 2004.

TEIXEIRA, J. C. **Modernização da agricultura no Brasil: Impactos econômicos, sociais e ambientais.** *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros* p.03, 2005.

VAZ, S.L.M; COSTA N.C.; GUSMÃO O.S; AZEVEDO L.S. **Diagnóstico dos resíduos sólidos produzidos em uma feira livre: o caso da feira livre do Tomba.** Sitientibus, Feira de Santana n.28, p.145-159, jan./jun.,2003.

WWF-BRASIL; EMBRAPA; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Sem Desperdício.** 2019. Disponível em <<https://www.semdesperdicio.org/>>. Acesso: 13/02/2019.

ZARO, M. (org.). **Desperdício de alimentos** [recurso eletrônico] : **velhos hábitos, novos desafios.** Caxias do Sul, RS: EducS, 2018. 417p.