

92 - VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM ABORDAGEM DA BIOECONOMIA CIRCULAR EM UM MUNICÍPIO DO NORDESTE DO BRASIL

Victor Carlos de Lima Arruda⁽¹⁾

Qualificação do Autor Principal em estilo normal, fonte Times New Roman, corpo 10, alinhamento de parágrafo justificado, que deverá abranger um resumo curricular que não exceda a 5 (cinco) linhas.

Samara Gonçalves Fernandes da Costa⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) na UFPB.

Claudia Coutinho Nóbrega⁽³⁾

Professora Doutora no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba UFPB

Júlia Lessa Feitosa Virgolino⁽⁴⁾

Escola de Biosistemas e Engenharia de Alimentos, University College Dublin, Irlanda.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal da Paraíba Campus I - Castelo Branco, João Pessoa - PB, 58050-085, Brasil - País - Tel: +55 (83) 3216-7150 – e-mail - claudiacnobrega@gmail.com

RESUMO

No Brasil, o manejo de resíduos sólidos urbanos (RSU) é de responsabilidade municipal que o considera oneroso, principalmente, nos municípios de pequeno e médio porte. Uma alternativa para atenuar os custos e possibilitar retorno econômico à municipalidade e a sociedade é o aproveitamento dos resíduos transformando em novos materiais na cadeia de produção. Assim, esta pesquisa analisou os processos de beneficiamento dos RSU, com ênfase nos resíduos domiciliares, a partir de uma perspectiva da bioeconomia circular. O estudo de caso foi realizado no município de Pedras de Fogo - Paraíba, nordeste do Brasil. Como resultados, estimou-se uma geração de cerca 17,16 t/dia de RSU, sendo 20% resíduos recicláveis e 43% de resíduos orgânicos. Foi realizada uma modelagem de diferentes cenários com diferentes eficiências de recuperação desse material. Com relação aos resíduos orgânicos, estimando a produção de biogás, foi possível calcular o potencial de geração de 817,61 m³ de biogás por dia, o que pode gerar cerca de 52,91 kWh de energia, o equivalente para abastecer 383 famílias por mês ou proporcionar uma economia de R\$ 23.600,09 aos cofres públicos. Observando o cenário de altos valores de combustíveis fósseis, energia elétrica e da cesta básica no País, apresentou-se uma alternativa ao estimar o uso do biogás para cocção de alimentos em substituição ao GLP, obtendo assim um equivalente a 509 botijões de 13 kg a cada mês, significando R\$ 47.550,72 por mês. Em relação aos resíduos recicláveis, em um cenário de 100% de eficiência na coleta desse material, seria possível obter um ganho em torno de R\$ 69.302,72. A descoberta de tais potencialidades é de grande relevância, pois embasa e fomenta uma melhor gestão municipal, além de incentivar articulações entre municípios circunvizinhos, deixando-os mais fortes e melhor estruturados para o cumprimento das políticas públicas, do desenvolvimento econômico, da justiça social e do equilíbrio ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Domiciliares, Reaproveitamento, Bioeconomia, Economia Circular.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a evolução tecnológica aumentaram a demanda por recursos naturais e por fontes de energia, todavia a natureza dispõe de recursos finitos, ou ainda, recursos que não se renovam tão rápido quanto aos processos produtivos e de consumo. A cadeia econômica linear, vigente, não é sustentável, o que causa crises econômicas, políticas, sociais e ambientais.

Nesse sentido a Economia Circular (EC) apresenta-se como alternativa para a mudança de paradigma. A EC é fundamentada na permanência dos recursos e energia nos sistemas e na transição para fontes de energia renovável. Segundo a Ellen Macarthur Foundation (2020), a EC possui dois fluxos. O primeiro se refere ao fluxo econômico tecnológico de recuperação e restauração de produtos, componentes e materiais através do reuso, reparo, da remanufatura e da reciclagem, em último caso. O segundo, é o ciclo onde se dá o consumo de materiais orgânicos, que são projetados para retornarem ao sistema através de processos de tratamento como a compostagem e a digestão anaeróbia. O ciclo biológico, também chamado de Bioeconomia, é o responsável por regenerar os sistemas vivos, como o solo por exemplo, e assim proporciona recursos renováveis para a economia.

Nas cidades, a destinação inadequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) para aterros sanitários causa a elevação dos custos de tratamento, diminui o tempo de vida útil desses equipamentos e ainda agrava os impactos ambientais. Nesse sentido, o correto gerenciamento dos RSU auxilia na identificação de oportunidades e maximiza potencialidades que as cidades, sozinhas ou articuladas, possuem para melhorarem seus sistemas. Por exemplo, a geração de renda a catadores de materiais recicláveis e, além disso, a valorização dos resíduos orgânicos municipais em biorrefinarias que propicia um ambiente para a Bioeconomia. As biorrefinarias podem ser empregadas para produção de biocombustíveis, biogás, bioetanol, insumos da indústria química, biofertilizantes e outros bioinsumos para agricultura e ainda para geração de energia.

OBJETIVO

Diante do exposto, esta pesquisa teve por objetivo analisar os processos de beneficiamento dos resíduos sólidos urbanos - RSU, com foco nos resíduos sólidos domiciliares (RSD), a partir de uma perspectiva da bioeconomia circular.

METODOLOGIA APLICADA

A presente pesquisa teve área de estudo o município de Pedras de Fogo, localizado no estado da Paraíba, nordeste do Brasil. Possui uma área territorial de 406,73 km² e população estimada em 28.607 habitantes para o ano de 2021 (IBGE, 2021). A Figura 1 mostra a localização do município de Pedras de Fogo/PB.

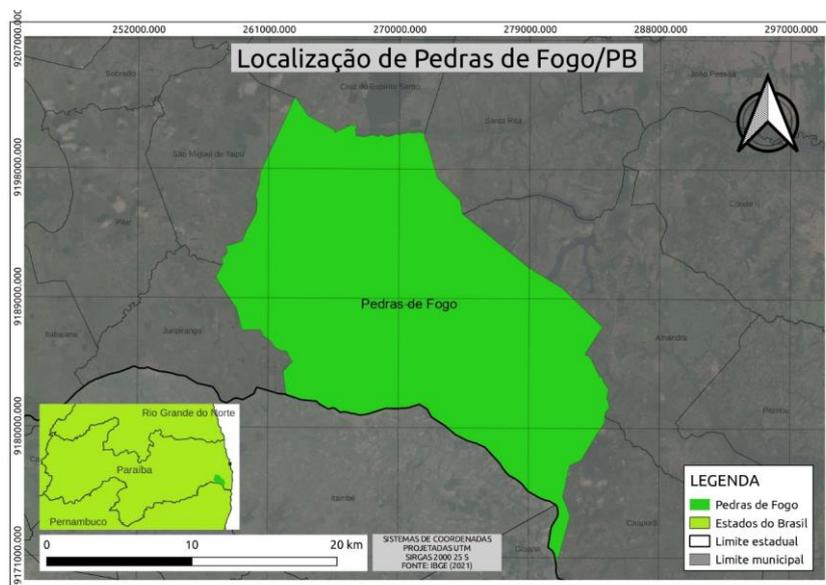


Figura 1: Mapa de Localização de Pedras de Fogo-PB. Fonte: Arruda, 2021.

Inicialmente foi realizada a identificação da rota tecnológica do gerenciamento de RSD da área de estudo desde o atual funcionamento, agentes responsáveis pela coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos. Para isso foram realizadas visitas técnicas, reuniões e entrevistas com gestores municipais; técnicos das Secretaria

Municipal de Infraestrutura, da Secretaria Municipal de Meio Ambiente; com agentes de limpeza; catadores de materiais recicláveis associados ou independentes; empreendedores do ramo da reciclagem e populares.

Para obter maior precisão nas estimativas foi necessário caracterizar os RSD através de uma análise gravimétrica que ocorreu durante os dias 09 e 11 de novembro de 2021 (Figura 2).



Figura 2: Análise gravimétrica. Fonte: Arruda, 2021.

Para a definição das fronteiras e limites do sistema, utilizou-se os dados primários e secundários para estabelecer o número de habitantes cobertos pelo serviço de coleta de resíduos e, consequentemente, estimar a geração per capita de resíduos. Outras fronteiras escolhidas foram as formas de tratamento, disposição final e valoração econômica dos resíduos e materiais.

A confecção do valor potencial teórico atingido nos cenários de reciclagem foi feita a partir dos valores do preço médio para o Nordeste em R\$/kg obtidos no Anuário da Reciclagem 2020 (ANCAT, 2020) e pelo volume de resíduos estimados.

O potencial de biogás foi calculado através dos dados estimados da geração de RSD e o coeficiente da geração de metano por resíduos orgânicos domiciliares segregados, retirados dos trabalhos técnicos PROBIOGÁS (2015).

O potencial de geração de energia elétrica foi calculado através dos dados do PCI do Biogás 60% de CH₄, da conversão de KWh/m³, e do rendimento do gerador de 26%, segundo De Souza, (2016). O valor econômico agregado foi estimado com a produção potencial de biogás e o valor do preço do KWh pago pelas famílias na cidade estudada.

A estimativa do aproveitamento térmico foi realizada através da equivalência mostrada por Sganzela (1983) e do potencial de geração de biogás estimado anteriormente. O valor econômico direto foi calculado a partir da convenção do preço médio de mercado do botijão de 13 kg para outubro de 2021 - segundo a Petrobras. Outros dados auxiliares foram: a geração em m³/Kg de resíduos orgânicos; o teor de metano no biogás; a geração de KWh/m³ de biogás; a tarifa energética por KWh; o consumo energético médio das famílias; a equivalência energética de 1m³ e quilogramas de GLP e a densidade relativa do gás, bem como seu poder calorífico inferior.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Rota tecnológica e Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos

Segundo a Prefeitura Municipal de Pedras de Fogo (PMPF), atualmente, o Serviço de Limpeza Urbana, a Coleta e transporte; a roça do meio-fio e a poda, é terceirizada. A Empresa contratada, a SINCOL, conta com 28 funcionários atuando no município, sendo 12 Garis, 4 motoristas, 4 roçadores, 2 podadores, 2 vigilantes e 4 auxiliares para

demais serviços, ambos em regime CLT. A coleta e transporte dos RSD é realizado por caminhões compactadores na zona urbana e por caminhão tipo caçamba na zona rural. Os resíduos têm sua disposição final no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP), localizada na cidade de João Pessoa, a 48,1 Km de Pedras de Fogo. Desse modo, a disposição final também é terceirizada.

A coleta é setorizada sendo feita em dias alternados em diferentes bairros e comunidades da cidade. Através da observação in loco e das entrevistas e reuniões realizadas com os agentes e populares foi possível identificar e, conseqüentemente, esboçar o fluxo de RSU na cidade (Figura 3).

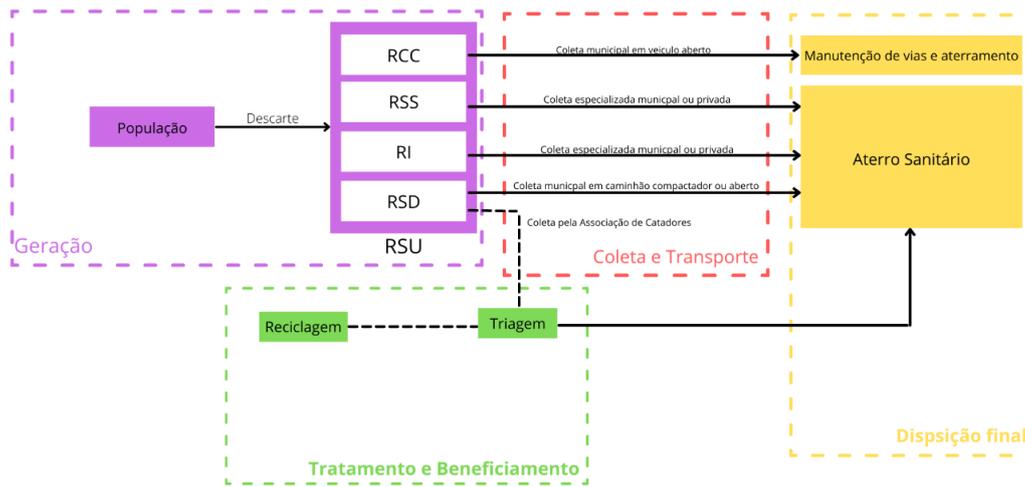


Figura 3: Rota Tecnológica do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Domiciliares da Cidade de Pedras de Fogo – PB. Fonte: Arruda, 2021

Por meio da Figura 3, pode-se observar que além da coleta seletiva promovida pelos catadores associados não há qualquer outra ação de beneficiamento voluntária no sistema. Desse modo a maior parte dos resíduos que poderiam ser aproveitados estão sendo enviados juntamente com os rejeitos para o ASMJP, descumprindo o que preconiza a PNRS já que tais resíduos são materiais economicamente valoráveis.

Em relação a caracterização realizada, obteve-se que 43% dos resíduos gerados são orgânicos seguidos dos resíduos verdes com 12,2%. Os outros componentes são mostrados no gráfico da Figura 4:

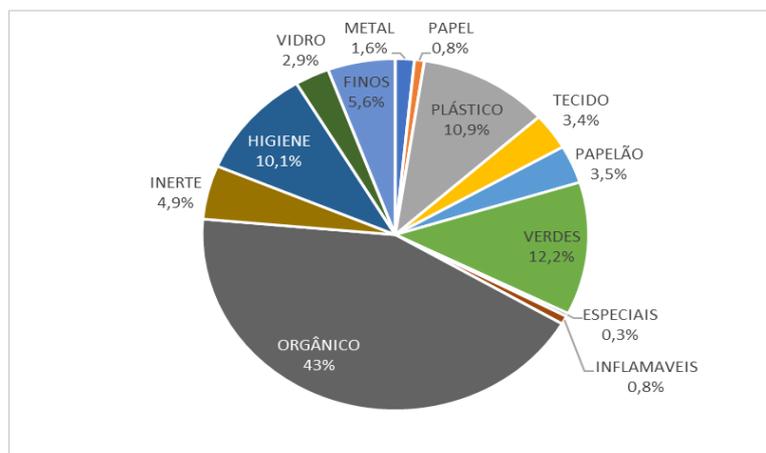


Figura 4: Composição gravimétrica. Fonte: Arruda et al, 2021.

No município não há política consolidada para o beneficiamento e valoração econômica de resíduos. Porém, existem iniciativas de coleta seletiva e uma associação de catadores de materiais recicláveis, a Associação de Catadores de Lixo de Pedras de Fogo - ACLIPEF, que possui 28 membros atuando em todo perímetro urbano. Ainda há empreendedores que atuam na área da reciclagem, atravessando os materiais coletados pelos catadores, selecionando, beneficiando com lavagem e trituração e transportando.

Valoração Teórica dos Resíduos Sólidos Urbanos

A estimativa das potencialidades da cidade foi feita a partir dos fundamentos da Economia Circular e da Bioeconomia. Com a definição dos limites e fronteiras do sistema idealizado foi possível valorar teoricamente o impacto econômico os RSU, através das considerações conceituais e da modelagem com os parâmetros de referência encontrados na literatura.

A partir da população (Pop) e da geração per capita de resíduos domiciliares (Gpc) foi possível estimar a geração dos RSU.

$$\begin{aligned}
 GERSU &= Pop \times Gpc && \text{Equação (1)} \\
 GERSU &= 28.607 \times 0,5997 \\
 GERSU &= 17.155,7 \text{ kg/dia}
 \end{aligned}$$

Para determinar a geração segundo a sua tratabilidade assumiu-se uma classificação em quatro frações (Figura 5): recicláveis (plásticos, papel, metal, papelão e vidro), orgânicos, rejeitos (inerte, inflamáveis, higiene pessoal e finos) e resíduos verdes

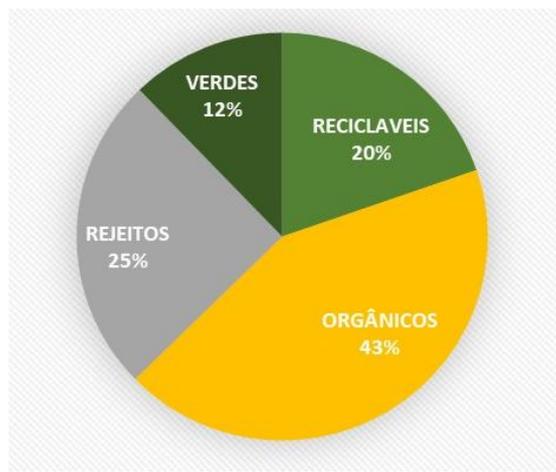


Figura 5: Percentual da composição em quatro frações de resíduos.
Fonte: Arruda, 2021.

A partir da equação (2) obteve-se as seguintes gerações segundo a tratabilidade:

$$\begin{aligned}
 GERSU \times \text{Percentual} &= GER(\text{Tipo de resíduo}) \quad (\text{Equação 02}) \\
 RSUR &= GERSU \times \% \text{Reciclável} \Rightarrow RSUR = 3.376,96 \text{ kg/dia} \\
 RSUO &= GERSU \times \% \text{Orgânico} \Rightarrow RSUO = 7.376,96 \text{ kg/dia} \\
 RV &= GERSU \times \% \text{Verdes} \Rightarrow RV = 20.092,99 \text{ kg/dia} \\
 Rejeitos &= GERSU \times \% \text{Rejeitos} \Rightarrow Rejeitos = 4306,08 \text{ kg/dia}
 \end{aligned}$$

Valoração Teórica dos Recicláveis

Considerando que cerca de 20% dos RSD do município são recicláveis pode-se estimar os seguintes cenários de comercialização para a reciclagem de plástico, papel, papelão, metal e vidro (Tabelas 1 e 2):

Tabela 1: Valor econômico diário estimado através comercialização de recicláveis

Material	Preço R\$/Kg	Potencial diário (kg/dia)	Eficiência da coleta (%)					
			5	10	20	30	50	100
METAL	0,38	274,5	R\$ 5,22	R\$ 10,43	R\$ 20,86	R\$ 31,29	R\$ 52,15	R\$ 104,31
PAPELÃO	0,30	137,2	R\$ 2,06	R\$ 4,12	R\$ 8,23	R\$ 12,35	R\$ 20,59	R\$ 41,17
PLÁSTICO	1,02	1870,0	R\$ 95,37	R\$ 190,74	R\$ 381,47	R\$ 572,21	R\$ 953,69	R\$ 1.907,37
PAPELÃO	0,34	600,5	R\$ 10,21	R\$ 20,42	R\$ 40,83	R\$ 61,25	R\$ 102,08	R\$ 204,15
VIDRO	0,10	497,5	R\$ 2,49	R\$ 4,98	R\$ 9,95	R\$ 14,93	R\$ 24,88	R\$ 49,75
		TOTAL	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
		Potencial	120,34	240,68	481,35	722,03	1.203,38	2.406,76
Material	Preço R\$/Kg	Potencial mensal (kg/mês)	Eficiência da coleta (%)					
			5	10	20	30	50	100
METAL	0,38	8234,74	R\$ 156,46	R\$ 312,92	R\$ 625,84	R\$ 938,76	R\$ 1.564,60	R\$ 3.129,20
PAPELÃO	0,30	4117,37	R\$ 61,76	R\$ 123,52	R\$ 247,04	R\$ 370,56	R\$ 617,61	R\$ 1.235,21
PLÁSTICO	1,02	56099,19	R\$ 2.861,06	R\$ 5.722,12	R\$ 11.444,23	R\$ 17.166,35	R\$ 28.610,58	R\$ 57.221,17
PAPELÃO	0,34	18013,50	R\$ 306,23	R\$ 612,46	R\$ 1.224,92	R\$ 1.837,38	R\$ 3.062,30	R\$ 6.124,59
VIDRO	0,10	14925,47	R\$ 74,63	R\$ 149,25	R\$ 298,51	R\$ 447,76	R\$ 746,27	R\$ 1.492,55
		TOTAL	R\$ 3.465,14	R\$ 6.930,27	R\$ 13.860,54	R\$ 20.790,82	R\$ 34.651,36	R\$ 69.302,72

Fonte: Arruda, 2021

Tabela 2: Valor econômico mensal estimada da comercialização de recicláveis

Fonte: Arruda, 2021

Como observa-se os ganhos econômicos potenciais para a reciclagem são bastante significantes ao aumentar a eficiência da coleta, significando que o investimento em reciclagem deve ser analisado e viabilizado. No menor cenário para a comercialização do plástico com 5% de eficácia de coleta, ou seja, coleta e seleção de 5% do plástico gerado e descartado no município, observa-se cerca de R\$ 2900,00 vendidos em plástico para uma seleção de 2,8 t aproximadamente no espaço de um mês. Para o mesmo material, e agora, considerando o melhor cenário, de 100% do plástico gerado e descartado sendo destinado para a reciclagem, pode-se estimar ganhos em torno de R\$ 57.200,00 ao mês.

Aproveitamento de Resíduos Orgânicos Domiciliares através da Biometanização:

Potencial da Geração de Biogás

Para estimar a geração potencial de biogás foi necessário o auxílio dos seguintes parâmetros conforme a Tabela 3:

Tabela 3: Geração potencial de metano por substrato

SUBSTRATO ORGÂNICO	m ³ CH ₄ /Kg substrato		
	mínimo	Máximo	média
ROD MISTURADO	0,041	0,094	0,0675
ROD SEPARADO	0,044	0,089	0,0665
RDO ALIMENTAR	0,059	0,097	0,078
R CX DE GORDURA	0,146	0,333	0,2395

Fonte: Adaptado de PROBIOGÁS, 2015

Onde, RDO são os resíduos domiciliares orgânicos e R CX são os resíduos da Caixa de Gordura.

Dessa forma, convencionando a implantação da coleta segregada de resíduos domiciliares orgânicos (RDO separados) e assumindo a média da produção de metano por kg de resíduo pode-se obter a geração potencial de metano e, conseqüentemente, o biogás, como se mostra na equação (3):

$$Pot\ m^3CH_4 = RSUO \times m^3CH_4/Kg\ substrato\ (ROD - separado) \text{ (equação 03)}$$

$$Pot\ m^3CH_4 = 7.376,96 \times 1000 \times 0,0665 \Rightarrow$$

$$Pot\ m^3CH_4 = 490,57\ m^3/dia$$

Onde, $Pot\ m^3CH_4$ é a geração potencial de metros cúbicos de metano em um dia.

A geração potencial estimada de 490,57 m³ por dia, ou seja, 20,44 m³CH₄ por hora, que se assumirmos uma composição de 60% de metano, pode ser entendida como 34,07 m³ de biogás por hora ou 817,61 m³ por dia.

Potencial de geração de energia elétrica

Os parâmetros utilizados para determinar o potencial energético por m³ de biogás foram adaptados de Avellar (2001) com o incremento da conversão de Kcal para KWh, como mostra a tabela 7:

Tabela 4: Parâmetros para estimativa da geração de energia elétrica

%CH ₄ /m ³ Biogás	Peso específico	PCI		
	kg/m ³	kcal/kg	kcal/m ³	KWh/m ³
10	1,8393	465,43	856,07	0,995604059037
40	1,46	2233,85	3261,42	3,793032623

60	1,2143	4229,98	5136,46	5,973708462382
65	1,1518	4831,14	5564,51	6,471521701476
75	1,0268	6253,01	6420,59	7,467146946884
95	0,7768	10469,60	8132,79	9,45842928064
99	0,7268	11661,02	8475,23	9,856691717768

Fonte: Adaptado de AVELLAR, 2001 apud LIMA, PASSAMINI, 2012

Desse modo, estabelece-se que para o biogás 60% haverá uma geração potencial de 5,97 kWh por m³. Para determinar o Potencial Teórico de Produção de Eletricidade (PTP) e, conseqüentemente, o Potencial Técnico de Geração (PTG), considerando o rendimento do motor-gerador de 26%, como sugerido por De Souza (2016) podem-se expressar as equações (4) e (5):

$$PTP = PCI \times P_{\text{Biogás}} \text{ (equação 04)}$$

$$PTG = PTP \times \eta \text{ (equação 05)}$$

Onde, o P_{Biogás} é o potencial de Biogás em metros cúbicos gerados por hora. Assim tem-se:

$$PTG = 5,97 \times 34,07 \times 0,26 \Rightarrow$$

$$PTG = 52,91 \text{ kWh}$$

O potencial técnico gerado é de 52,9 kWh, ou seja, cerca de 1270 kW por dia. Para estimar o valor financeiro possivelmente economizado atribuído (VFA), expressado na equação (6), considerou-se o preço de R\$ 0,61948 por kWh para uma residência convencional sem benefício, ou seja, Tarifa do tipo B convencional segundo a concessionária de energia elétrica no local, a Neoenergia Pernambuco - CELPE, através da Resolução Homologatória N° 2.861 de 27 de abril de 2021.

$$VFA(\text{ao dia}) = T \times PTG \times 24 \text{ (equação 06)}$$

Onde, T é a tarifa do tipo B1 para uma residência convencional.

$$VFA(\text{ao dia}) = 0,61948 \times 52,91 \times 24 \Rightarrow$$

$$VFA(\text{ao dia}) = 786,67 \text{ reais.}$$

O valor financeiro pôde ser estimado em R\$ 786,70 por dia, ou até R\$23.600,10 ao mês. Quando comparado com o consumo médio mensal das famílias nordestinas de 99,49 kWh, segundo Abraão e Souza (2021), a geração de energia é equivalente ao consumo mensal de 383 famílias.

Potencial para aproveitamento térmico

A partir dos resultados obtidos para a geração de biogás e embasados na equivalência de 1 m³ para 0,45 kg de GLP apresentada por Sganzerla (1983), pode-se obter, através da equação (7), o aproveitamento teórico equivalente de GLP (ATeq):

$$ATEq = P_{Biogás} \times 24 \times Eq_{GLP} \text{ (equação 07)}$$

$$ATEq(\text{ao dia}) = 20,44 \times 24 \times 0,45 \Rightarrow$$

$$ATEq(\text{ao dia}) = 220,76 \text{ kg de GLP}$$

O aproveitamento potencial do biogás equivale a cerca de 221 kg de GLP por dia, ou ainda, 6,62 T de GLP ao mês, o que significaria 509 botijões de 13 Kg. Financeiramente, considerando o preço médio unitário do Botijão de 13 kg de GLP de R\$ 93,34 para outubro de 2021 (PETROBRAS, 2021), equivale a R\$ 47.550,76 ao mês.

Rota Tecnológica ou Fluxo da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos aplicando o beneficiamento de materiais:

Ao aplicar conceitos de Economia e Bioeconomia Circular pode-se elaborar um esquema que mostra o fluxograma para melhor gerenciamento de RSD (Figura 12) sendo uma das primeiras considerações para a transição a coleta segregada.

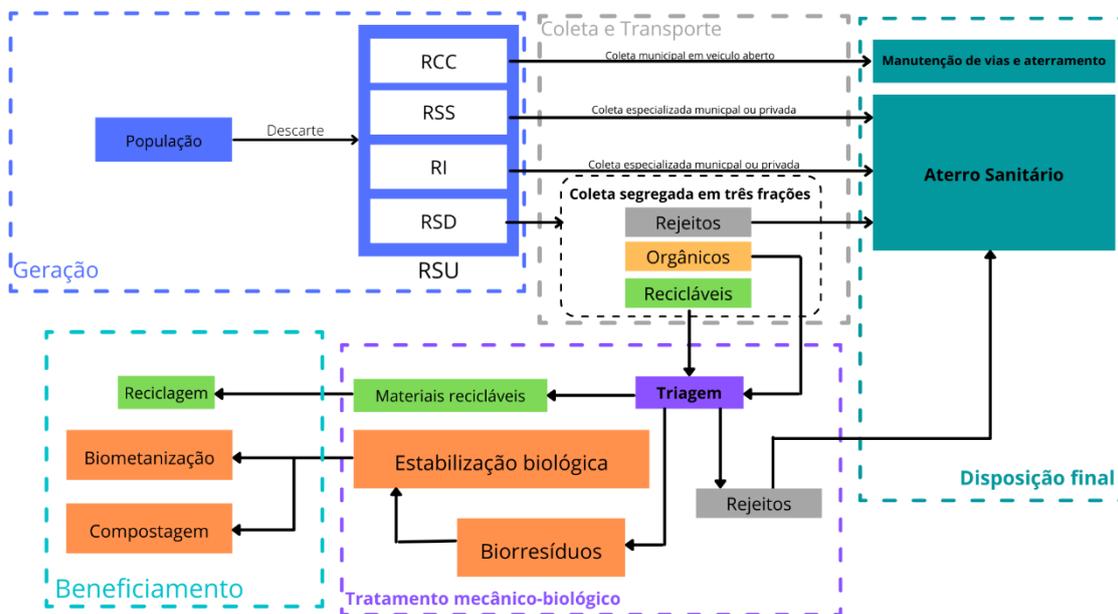


Figura 1 - Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e o beneficiamento de materiais.

Fonte: Autoria própria, 2021.

A implementação desse arranjo tecnológico deve ser feita por etapas, como proposto em PROBIOGÁS (2015). Adaptando para a realidade do município estudado, a primeira etapa a ser implantada deverá ser o tratamento mecânico para a segregação dos recicláveis, dessa forma favorecendo a incorporação dos agentes de segregação de recicláveis, bem como, consolidando um tratamento de menor complexidade e de retorno ambiental e financeiro já conhecido. Paralelamente, sensibilizando a comunidade sobre a importância da segregação na fonte. Em segundo momento, o tratamento biológico, que combina a biometanização e a compostagem. Uma vez já difundida a coleta seletiva, o arranjo já pode agregar a biometanização e o pós-tratamento com a compostagem.

Segundo a PROBIOGÁS (2015) a biometanização por meio da Digestão Anaeróbia Úmida Contínua (CSTR) é a mais indicada para os RDO separados na fonte, pois possuem índices menores que 15% de sólidos totais e devem apresentar baixo nível de contaminação. A partir do mesmo documento pode-se identificar que para uma produção mínima de 25 m³/h CH₄, e que nesta modelagem atingiu 20,44 m³, tem-se os investimentos em torno de 12.000 a 35.000 R\$/m³ CH₄ no ano de sua publicação, 2015. Pode-se corrigir os valores na

Calculadora do Cidadão no sítio eletrônico do Banco Central, conforme o Índice Geral de Preços do Mercado (IGPM-Brasil) que registra a inflação de preços de matérias-primas agrícolas e industriais até bens e serviços.

Obteve-se assim os valores de investimento entre R\$ 586.487,50 a R\$ 1710.588,25. Para a obtenção dos valores de investimentos não foram consideradas as variáveis econômicas, políticas ou tecnológicas envolvidas para a precificação de insumos e da infraestrutura demandada para a instalação de uma planta de biometanização, bem como não foi especificada as variações unitárias em cada equipamento envolvido para a construção de um empreendimento desse porte.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O gerenciamento dos RSD do município de Pedras de Fogo – PB apresentou uma fonte potencial para valorização sob a perspectiva da bioeconomia circular quando articuladas com outros municípios ou ainda quando combinadas com outras boas práticas para a cadeia de materiais, como a coleta seletiva, a compostagem, o beneficiamento de materiais recicláveis com a participação de cooperativas de segregadores.

Os resultados obtidos indicaram que o aproveitamento dos RSD e, em especial, os resíduos domiciliares orgânicos podem propiciar vantagens econômicas e sociais como, por exemplo, a produção e destinação de biogás para cocção equivalente a 509 botijões de gás ao mês, podendo assistir a famílias com vulnerabilidade socioeconômicas, sobretudo em um contexto de recuperação econômica nacional agravado pela pandemia do COVID-19. Até recentemente a municipalidade destinava os RSD para o Lixão causando passivos ambientais e no ano de 2021 foram tomadas decisões para adequação ambiental, evidenciando que a governança política está estritamente ligada a sustentabilidade. As descobertas das potencialidades no município indicam a transformação dos problemas em solução, dando cabo das inconformidades legais, da insalubridade ambiental e social, do agravamento da saúde pública e de maiores danos econômicos.

Devido ao porte do município, percebeu-se que a viabilidade técnica – financeira para a implementação da Usina de biometanização em parceria com a cidade de Itambé, formando um único centro econômico para as duas cidades. Compartilhando desde recursos humanos, investimento e custos financeiros de operação, o tratamento e o beneficiamento dos RSD.

Este trabalho, ainda que necessitem de maiores estudos, apontam caminhos possíveis para o beneficiamento de RSD, desde que fomentados com investimentos técnicos e tecnológicos, e ainda evidenciam de forma preliminar que a articulação intermunicipal, a cooperação entre as instituições e a adesão da população são determinantes para a aplicação de políticas públicas de cunho sustentável que trazem justiça social, retorno econômico, equilíbrio ecológico e atingem a satisfação pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANCAT. ANUÁRIO DA RECICLAGEM. Brasília, 2020. Disponível em: <https://ancat.org.br/anuario-da-reciclagem-2021-retrata-a-realidade-dos-catadores-de-materiais-reciclaveis-e-de-suas-organizacoes-no-brasil>.
2. Arruda, Victor Carlos de Lima. ANÁLISE SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PEDRAS DE FOGO – PB. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Federal da Paraíba/UFPB - João Pessoa, 2021. 49 f.
3. Ellen Macarthur Foundation. ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020. What-is-the-circular-economy. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy>>. Acesso em 15 dez 2020.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades - Pedras de Fogo. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pedras-de-fogo/panorama>>. Acesso em 14 ago 2021.
5. PETROBRAS. Preço de venda de combustíveis. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/precos-de-venda-de-combustiveis/index.htm?gclid=Cj0KCQjwjo2JBhCRARIsAFG667Vp4zp_Qd0y3j6tcgWVpdIQKsGKfMf40Ax-fANQrtDgp5NQinCrgyEaAr2LEALw_wcB#glp>. Acesso em 1 nov 2021.
6. SGANZERLA, E. Biodigestor: uma solução. Porto Alegre: Agropecuária, 1983. 88 p.