



DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DA FRAÇÃO ORGÂNICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PRODUZIDOS NA COMPANHIA DE ENTREPÓSOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO, CEAGESP

Mario Jose Lucero Culi¹ (lucero culi@gmail.com), Ronan Cleber Contrera¹ (ronancontrera@usp.br)

1 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

RESUMO

Os resíduos sólidos possuem um potencial energético importante, e que normalmente é dissipado em aterros sanitários perdendo essa capacidade de gerar energia de forma sustentável. O CEAGESP gerou no ano 2015 uma quantidade de 60.195 t ano⁻¹, e para o ano 2035 de acordo ao modelo linear será de 115.064,7 t ano⁻¹. De essa quantidade de resíduos uma porcentagem é reciclada, para o ano 2015 a quantidade reciclada foi de 24,3%; o resto foi enviado para aterro sanitário. Entre os diversos tipos de tratamento para os resíduos sólidos se encontra a digestão anaeróbia, a qual permite gerar biogás, como resultado da ação metabólica dos microrganismos, que pode ser aproveitado para geração de calor ou eletricidade. Diversos tipos de tecnologia permitem tratar os resíduos por digestão anaeróbia, entre as quais destacam o processo DICOM, DRANCO, BIOCEL, BTA, VALORGA, SEBAC e KOMPOGAS. De acordo aos cálculos do potencial energético através dos diversos processos este oscila entre 3,1 MW (processo BioCEL) até 7,0 MW (DRANCO) para o ano 2015; e para o ano 2035, 5,9 MW (BioCEL) e 13,5 MW (DRANCO). A geração de biogás obtida em base aos dados de geração das diversos tecnologias foi entre 73.454 m³ de biogás (BioCEL) e 127.132 m³ de biogás (DRANCO) para o ano 2015; e para 2035 a geração seria de 140.410 m³ de biogás (BioCEL) e 243.017 m³ de biogás (DRANCO). O número de residências para abastecer de eletricidade estaria na média em 769 para o ano 2015 e 1469 para o ano 2035.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Digestão Anaeróbia; Biogás.

DETERMINATION OF THE ENERGY POTENTIAL OF THE ORGANIC FRACTION OF SOLID WASTE PRODUCED AT WAREHOUSES COMPANY OF SÃO PAULO, CEAGESP

ABSTRACT

Solid waste has an important energy potential, which is normally dissipated in landfills, losing that ability to generate sustainable energy. CEAGESP generated in 2015 an amount of 60,195 t year⁻¹, and for the year 2035 according to the linear model will be produced 115,064.7 t year⁻¹. Of this amount of waste a percentage is recycled, for the year 2015 the amount recycled was of 24.3%; The rest was sent to landfill. Among the various types of treatment for solid waste, where one of them is anaerobic digestion, which allows the generation of biogas as a result of the metabolic action of microorganisms, it can be used for the generation of heat or electricity. Various types of technology allow to treat waste by anaerobic digestion, among which the DICOM, DRANCO, BIOCEL, BTA, VALORGA, SEBAC and KOMPOGAS process stand out. According to the calculations, the energy potential that could be generated through the various processes ranges will be between 3.1 MW (BioCEL process) to 7.0 MW (DRANCO) for 2015 and 2035, 5.9 MW (BioCEL) and 13.5 MW (DRANCO). The generation of biogas obtained on the basis of the generation data of the various technologies was between 73,454 m³ of biogas (BioCEL) and 127,132 m³ of biogas (DRANCO) for the year 2015; and by 2035 the generation would be 140,410 m³ of biogas (BioCEL) and 243,016 m³ of biogas (DRANCO). The number of households to supply electricity would average 773 by 2015 and 1478 by 2035.

Keywords: Solid waste, Anaerobic Digestion, Biogás.

1. INTRODUÇÃO

A gestão aplicada aos resíduos sólidos permite estabelecer estratégias de tratamento que permitam aproveitar a capacidade energética neles contida. De acordo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305 de agosto de 2010 e regulamentada no Decreto Nº 7.404 de dezembro de 2010, determina uma linha de gestão que prioriza o tratamento e aproveitamento, ou em última instância sua disposição final adequada. A Política estipula uma hierarquia de gestão, na seguinte linha: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final.

A Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), empresa pública vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, se especializa no nexos de toda a cadeia produtiva de hortícolas e diversos tipos de produtos de consumo como são legumes, ovos, peixes entre outros. De acordo a estatísticas do CEAGESP (2016), no ano 2015 o volume movimentado durante o ano foi de 3.371.803 t de Legumes, frutas e verduras; com um valor de R\$ 42,022 milhões; por conseguinte uma geração de resíduos significativa que precisa de uma gestão adequada. Os tratamentos mais importantes para tratamento de resíduos sólidos orgânicos são: digestão anaeróbia, compostagem e incineração. Cada um de eles possui vantagens e desvantagens que permitem extrair o potencial energético em eles.

Digestão anaeróbia

A Digestão Anaeróbia consiste na degradação da matéria orgânica pela ação de micro-organismos cujo produto metabólico gera biogás em condições anaeróbias. O processo se divide em quatro estágios: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CHERNICHARO 2011). Entre os principais benefícios da digestão anaeróbia se encontra a geração de biogás cuja composição básica é Dióxido de Carbono, CO₂, e Metano, CH₄; o metano é um gás inflamável que pode ser usado para gerar ou eletricidade ou como fonte de calor. Alguns tipos de tecnologia de digestão anaeróbia são: DICOM, BTA, DRANCO, KOMPOGAS, SEBAC, as quais são descritas a continuação:

- DICOM: Consiste em um tipo de tratamento biológico da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos, FORSU, cuja metodologia combina o compostagem aeróbio e a digestão anaeróbia termofílica de alta taxa de sólidos em um contendor (WALKER et al., 2012).
- BTA: Consiste em três fases separadas: acidificação, hidrólise de sólidos e metanização; cuja metodologia precisa de um pré-tratamento chamado waste-pulper, o qual consiste na remoção de resíduos não biodegradáveis e gerar resíduo adequado de entrada para digestão; posteriormente a acidificação de substâncias dissolvidas, depois a separação do dissolvido e não dissolvido; conseqüentemente a separação de hidrólise anaeróbia de sólidos biodegradável, e por último, a metanização de material dissolvido (KUBLER; SCHERTLER 1994).
- DRANCO (*Dry Anaerobic Conversion*): Foi desenvolvido para conversão de resíduos sólidos orgânicos, especificamente RSU, em energia e húmus como produto final, chamado humutex; a metodologia consiste nas seguintes etapas: redução de tamanho e separação das diferentes frações como pré-tratamento. Posteriormente passa pelo fermentador onde é digerido, e o resíduo digerido passa por desidratação à Teor de Sólidos, TS, de 60% em uma prensa de parafuso (SIX; BAERE, 1992).
- SEBAC (*Sequential Batch Anaerobic Composting*): Ele se desenvolve em três estágios: A etapa 1 consiste em triturar grosseiramente o resíduo biodegradável a mais o menos 10 cm, para posteriormente ser colocado no reator umedecido e inoculado por lixiviado da etapa 3. Na etapa 2 de maturidade a fermentação é ativa e balançada. A etapa 3 permite completar a conversão de partículas cujo lixiviado retorna para etapa 1 (CHYNOWETH et al., 1991).
- Kompogas: Consiste em um reator horizontal de mistura completa e fluxo contínuo, as etapas da metodologia são: pré-tratamento dos resíduos, principalmente separação magnética e por peneira rotatória, posteriormente o digestor de fluxo horizontal, logo depois

o gás é enviado à uma unidade de geração de calor e energia e o resíduo passa desidratação e pasteurização; por último o resíduo é amadurecido por revolvimento (WELLINGER et al., 1997).

- Valorga: Consiste principalmente em um digestor mesofílico semi-contínuo de alta taxa e etapa única de tipo flux pistonado, cujos reatores são cilíndricos verticais com emcaixe lateral para fluxo da fermentação da matéria. As etapas do processo Valorga são: Pretratamento, peneira rotatória, triagem manual e separação magnética; posteriormente os digestores, o biogás é purificado e o resíduo da digestão é desidratado por filtro prensa e conseqüentemente estabilizado em condições aeróbias (LACLOS; SANTI-JOLY, 1997). O processo
- BIOCEL: está fundamentado em um reator retangular mesofílico em bateladas e baixo pressão de até 500 Pa e tempo de retenção de 21 dias, o resíduo é carregado por pás. As etapas da metodologia são: Pretratamento, separação de resíduos orgânico prévio a entrar na estação; digestores BIOCEL; logo depois o resíduo digerido é separado da água em excesso e tratado por compostagem (BRUMMELER 2000).

Na Tabela 1 apresentam-se dados de eficiências dos diversos tipos de tecnologias anteriormente descritos. Na qual se consideram as seguintes características: Composição de resíduos, temperatura (T), Tamanho da estação, teor de sólidos (TS), Tempo de Retenção Hidráulico (TRH), Taxa de geração de biogás, Porcentagem de metano, redução de sólidos voláteis (SV_{red.}).

Tabela 1. Características de diversos tipos de tecnologia anaeróbia

Processo	Composição Resíduo	T °C	Tamanho estação (m ³)	TS (%)	TRH (d)	Biogás m ³ .Kg ⁻¹ SV	CH ₄ (%)	SV red.
BTA ^a	FORSU	50-56	3,4	6-16%	21	0,41	0,67	0,55
BioCEL ^a	FORSU	37	5,0	35%	30	0,26	n.d.	n.d.
VALORG ^a	Alimentos e jardim	40	2 x 3300	30%	20	0,35	n.d.	n.d.
DRANCO ^a	FORSU-Sem papel	55	56	30-35%	15-21	0,45	0,55	0,55
SEBAC ^a	FORSU	55	3 x 0,7		21	0,34	n.d.	n.d.
KOMPOGAS ^a	Frutas e legumes	55	15	18-40	13	0,34	0,6 - 0,65	n.d.
DICOM ^b	FORSU	55	900	12	17	0,44	n.d.	0,4

*n.d.: Não definido

Fonte: ^aHartmann; Ahring (2006). ^bWalker et al., (2012)

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi determinar o potencial energético da fração orgânica dos resíduos sólidos produzidos no CEAGESP visando seu aproveitamento

3. METODOLOGIA

A metodologia usada na pesquisa baseou-se na investigação documental e revisão de literatura, a fim de determinar as quantidades de potencial energético das frações encontradas nos Resíduos Sólidos Urbanos, RSU, do CEAGESP. Os dados analisados foram pesquisados em diversas instituições e bases de dados importantes. A metodologia baseou-se nas seguintes partes: 1. Delimitar a área de estudo da pesquisa, 2. Contextualização do estudo realizado, 3. Legislação pertinente, 4. Fontes da informação, 5. Análises dos dados, 6. Etapas da pesquisa.

3.1 Área do estudo

A área do estudo centrou-se na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerias de São Paulo, CEAGESP considerando os dados de geração estatísticos do mesmo.

3.2 Contextualização do estudo

A problemática dos resíduos sólidos em Brasil começou-se a discutir a partir da década dos 90's e culminou com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº. 12.395, de 2 de agosto de 2010. Nela estabeleceu-se a hierarquia de gestão dos resíduos gerados, estipulando o tratamento dos mesmos antes da disposição final. O Plano de Gestão da cidade de São Paulo, do ano 2014, estipula uma linha de gestão com o uso de duas sacolas para separar os resíduos nos domicílios (Sacola verde: recicláveis e sacola cinza: não recicláveis), somado a isso a etapa de triagem. Mas o plano não estabelece tratamento para o aproveitamento energético, prévio à disposição final dos resíduos.

3.3 Legislação

O fundamento da proposta de modificação está baseado na Política Nacional de Resíduos, Lei nº. 12.395, de 2 de agosto de 2010; que enfatiza o tratamento de resíduos previa a sua disposição final em aterros sanitários. E ao mesmo tempo, priorizando a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos e adotando tecnologias de aproveitamento energético dos RSU.

3.4 Fontes de informação

As fontes de informação utilizadas na pesquisa foram: O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, A Prefeitura de São Paulo, O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento; assim como bases de dados: *Sciencedirect*, Ebsco e Scielo.

3.5 Análises dos dados

A análise dos dados realizou-se de forma quantitativa mediante o cálculo de potência energética produzida em MW, através dos dados de eficiências das diversas tecnologias; assim também em base ao número de viviendas que se poderia fornecer de eletricidade com o potencial existente nos resíduos.

3.6 Etapas da pesquisa

As etapas da pesquisa foram as seguintes:

1. A primeira etapa consistiu na pesquisa de dados geográficos, estadísticos de população, quantidade de geração de resíduos sólidos do CEAGESP.
2. A segunda etapa versou sobre a contextualização da pesquisa, enfocando na legislação pertinente na área de resíduos sólidos e no plano de gestão dos resíduos sólidos do município de São Paulo.
3. Conseqüentemente procedeu-se com a esquematização da proposta de modificação do plano de gestão do município de São Paulo tendo como base o Plano de Gestão da cidade de São Paulo do ano 2014 e Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº. 12.395, de 2 de agosto de 2010.
4. Posteriormente, procurou-se diversos tipos de tecnologias desenvolvidas, nas áreas adotadas, em bases de dados indexadas como são: *Sciencedirect*, Ebsco e Scielo, enfatizando eficiências e taxas de geração dos processos.
5. Quantificação de produtos finais a obter por cada etapa da gestão, de acordo com os tipos de tecnologia adotada nas mesmas.

- Determinação do potencial de energético com base nos dados de produtos obtidos e eficiências de turbinas de geração de eletricidade

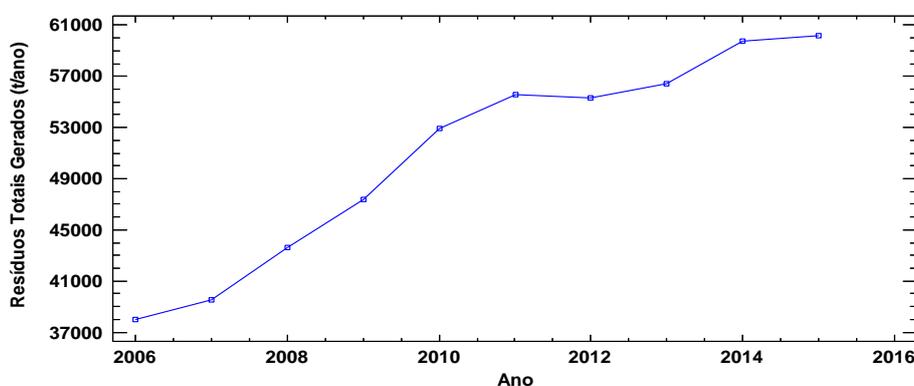
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro passo no cálculo do potencial de energia nos resíduos gerados no CEAGESP precisou-se analisar estatisticamente os dados de geração de resíduos, os quais apresentam-se a continuação:

4.1 Projeção de resíduos gerados. Ajuste estatístico

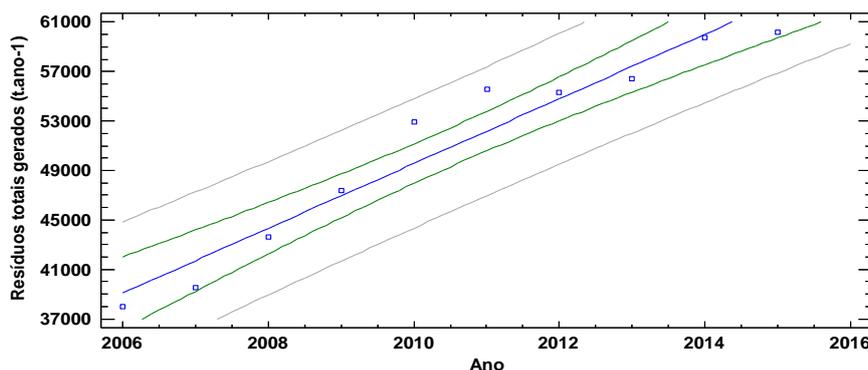
Os dados de geração de resíduos do CEAGESP foram obtidos dos relatórios de geração por ano dos relatórios dos anos 2013, 2014 e 2015 disponíveis no site <http://www.ceagesp.gov.br/a-ceagesp/auditorias/relatorios-de-gestao/>. Os quais são apresentados na Figura 1.

Figura 1. Registro histórico de geração de resíduos do CEAGESP. Anos 2006 – 2015.



Fonte: CEAGESP (2011, 2016).

Figura 2. Ajuste linear dos dados históricos. Regressão linear



O ajuste estatístico realizou-se por regressão linear devido a que entre todos os modelos analisados foi o que apresentou melhor valor-P e coeficiente de correlação os coeficientes obtidos ajuste apresentam-se na Tabela 2. E a análises da ANOVA na tabela 3.

Tabela 2. Coeficientes do ajuste estatístico. Mínimos Quadrados Estândar Estatístico

Parâmetro	Estimado	Erro	T	Valor-P
Intercepto	-5,21749E6	477670	-10,9228	0,0
Pendente	2620,42	237,587	11,0293	0,0

Tabela 3. Análises de variância

Fuente	Soma de Quadrados	Gl	Quadrado Médio	Raço-F	Valor-P
Modelo	5,66496E8	1	5,66496E8	121.65	0,0
Resíduo	3,72555E7	8	4,65693E6		
Total (Corr.)	6,03752E8	9			

Coefficiente de Correlação = 0,96
R-quadrada = 93,8293%
R-quadrado (ajustado para g.l.) = 93,05%
Erro estándar = 2157,99
Erro absoluto médio = 1554,88
Estatístico Durbin-Watson = 0,79 (P=0,003)

O resultado do ajuste com um modelo linear pode-se descrever através da equação 1.

$$\text{Resíduos Totais Gerados (t ano}^{-1}\text{)} = -5,21749E^6 + 2620.42 \cdot \text{Ano} \quad (\text{Eq. 1})$$

Dado que o valor-P da ANOVA foi menor a 0,05 existe uma relação estatisticamente significativa entre resíduos totais gerados e a variável ano com um nível de significância do 95%. O estatístico R-quadrado indica que o modelo ajustado explica 93,82% da variabilidade em Resíduos totais gerados. O coeficiente de correlação foi de 0,97 o qual indica uma relação relativamente forte entre as variáveis.

4.2 Balanço de massa de resíduos

Para melhorar a gestão dos resíduos é preciso usar depósitos para coleta dentro do CEAGESP de acordo aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 275, de 25 de abril de 2001, a qual estipula a seguinte configuração de cores: azul, papel/papelão; vermelho, plástico; verde, vidro; amarelo, metal; preto, madeira; marrom, resíduos orgânicos; cinza, resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação (rejeitos).

Para estabelecer as diversas quantidades de resíduos geradas por divisões, considerou-se a geração de resíduos por mês, estabelecendo três categorias: matéria orgânica, recicláveis e rejeitos. Se considera que a composição dos resíduos é igual a composição dos resíduos urbanos da cidade de São Paulo (SÃO PAULO, 2016), no qual a matéria orgânica corresponde a um 51,2%. Por conseguinte, se teria que em 2015 para um total de resíduos gerados de 60.195,0 t ano⁻¹, equivalente à 5.016 t mês⁻¹; a quantidade de matéria orgânica seria de 2.568,32 t mês⁻¹. E para o ano 2035 a quantidade de resíduos gerados seria de 115.064,7 t ano⁻¹, equivalente à 9.588,7 t mês⁻¹, e de matéria orgânica seria de 4.909,427 t mês⁻¹

4.3 Potencial energético

De acordo as características de diversos tipos de tecnologias apresentados na Tabela 1, calculou-se a quantidade média de geração de biogás com os resíduos gerados no CAGESP, cujos resultados apresentam-se na Tabela 3 para o ano 2015 e na Tabela 4 para o ano 2035 utilizando a equação 1 do modelo ajustado para calcular a geração de resíduos o ano 2035..

Tabela 3. Geração de biogás por tipo de tecnologia relativa ao ano 2015

Descrição	BTA	BioCEL	DRANCO	KOMPOGAS	SEBAC	VALORGA	DICOM	Unidade
Capacidade	3,4	5	56	200	2,1	3x3300	900	
Matéria Orgânica	2.568	2.568	2.568	2.568	2.568	2.568	2.568	t mês ⁻¹

	2.568.320	2.568.320	2.568.320	2.568.320	2.568.320	2.568.320	2.568.320	kg mês ⁻¹
Porcentagem SV ^a (massa)	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	
Quantidade SV	282.515	282.515	282.515	282.515	282.515	282.515	282.515	kg SV mês
Taxa de geração de biogás	0,39	0,26	0,45	0,39	0,34	0,35	0,44	m ³ biogás kg ⁻¹ SV
% CH ₄	0,73	0,55	0,73	0,69	0,64	0,55	0,55	
TRH	12	30	18	13	21	20	12	dia
Volume de biogás gerado	110.181	73.454	127.132	110.181	96.055	98.880	124.307	m ³
Volume de metano	80.432	133.553	174.153	160.848	150.086	179.782	226.012	
Potencial energético do biogás ^b	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	kW m ³
Potência a gerar a partir do biogás	522.809	868.092	1.131.996	1.045.512	975.560	1.168.586	1.469.079	kW
Potência por mês	523	868	1.132	1.046	976	1.169	1.469	MW
Potência por dia	17	9	20	16	13	12	15	MW
Potência Saída	6,1	3,1	7,0	5,7	4,7	4,1	5,2	MW
Eficiência Estação	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	
Consumo vivenda ^c	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	kW
No. de vivendas	914	459	1.055	858	699	618	777	

Fontes: a: CARNEIRO et al., 2016. b: CASSINI, 2003 e c: Empresa de Pesquisa Energéticas, 2016.

De acordo aos resultados obtidos do ano 2015 a geração de biogás estaria entre 127.131,8 (DRANCO) e 73.453,95 (BioCEL) m³ de biogás gerado tendo uma média de 105.741,4. Já que alguns tipos de tecnologia não apresentavam porcentagem de metano, adotou-se uma média de 55%. A geração energia seriam as seguintes: 3,1 MW processo BTA, 6,1 BioCEL, 7,0 MW DRANCO, 5,7 MW KOMPOGAS, 4,7 MW SEBAC, 4,1 MW VALORGA e 5,2 MW DICOM; o número de vivendas abastecer de eletricidade estaria entre 1.055 e 459 vivendas. Os diversos tipos de tecnologia se pode obter um resíduo final que tratado por compostagem pode servir como composto na agricultura. Para considerações praticas adotou-se uma eficiência média de 35%.

A análise é outro fator fundamental na implementação de aproveitamento energético o qual não se considera neste trabalho; mas que deve ser feito assim como testes com as diversas tecnologias com o resíduo do lugar a implementar.

De acordo com os resultados da Tabela 4, para o ano 2035 a geração de biogás estaria entre 243.017,6 e 140.410 m³ de biogás, com uma média de 202.128,1 m³. Obtendo uma geração de energia entre 11,7 MW processo BTA, 5,9 MW BioCEL, 13,5 MW DRANCO, 10,9 KOMPOGAS MW, 10,9 MW SEBAC, 8,9 MW, 7,9 VALORGA e 9,9 MW DICOM para abastecer entre 878 e 2.017 residências.

Tabela 4. Geração de biogás por tipo de tecnologia ano 2035

Descrição	BTA	BioCEL	DRANCO	Kompogas	SEBAC	VALORGA	DICOM	Unidade
Capacidade	3,4	5	56	200	2,1	3x3300	900	
Matéria Orgânica	4.909	4.909	4.909	4.909	4.909	4.909	4.909	t mês ⁻¹
	4.909.42	4.909.42	4.909.42	4.909.42	4.909.42	4.909.42	4.909.42	kg mês ⁻¹
	7	7	7	7	7	7	7	
Porcentagem SV ^a (massa)	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	
Quantidade SV	540.037	540.037	540.037	540.037	540.037	540.037	540.037	kg SV mês ⁻¹
Taxa de geração de biogás	0,39	0,26	0,45	0,39	0,34	0,35	0,44	m ³ biogás kg ⁻¹ SV
% CH ₄	0,73	0,55	0,73	0,69	0,64	0,55	0,55	
TRH	12	30	18	13	21	20	12	dia
Volume de biogás gerado	210.614	140.410	243.017	210.614	183.613	189.013	237.616	

Volume de metano	153.749	77.225	177.402	144.271	117.512	103.957	130.689	
Potencial energético do biogás ^b	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	kW m ³
Potência a gerar a partir do biogás	999.365	501.964	1.153.114	937.761	763.828	675.721	849.478	kw
Potência por mês	999	502	1.153	938	764	676	849	MW
Potência por dia	33	17	38	31	25	23	28	MW
Potência Neta Estação	11,7	5,9	13,5	10,9	8,9	7,9	9,9	MW
Eficiência Estação	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	
Consumo vivendas ^c	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	Kw
No. de residências	1.748	878	2.017	1.640	1.336	1.182	1.486	

Fontes: a: CARNEIRO et al., 2016. b: CASSINI, 2003 e c: Empresa de Pesquisa Energéticas, 2016.

5. CONCLUSÃO

Do presente trabalho pode-se concluir que o potencial energético dos resíduos sólidos coletados do CEAGESP possui características interessantes, que podem gerar entre 3,1 MW processo BioCEL à 7,0 MW com tecnologia DRANCO, conseguindo abastecer entre 459 e 1055 residências para o ano 2015. Para o ano 2035 se teria uma geração de 5,9 MW com processo BioCEL, e 13,5 MW processo DRANCO, conseguindo abastecer entre 878 e 2.017 residências.

REFERÊNCIAS

APPELS, L.; BAEYENS, J.; DEGRÈVE, J.; DEWIL, R. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 34, n. 6, p. 755–781, 2008.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº. 12.395**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, 2 de agosto de 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 17 abr. 2017.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Decreto nº. 7.404**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, 23 de dezembro de 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 17 abr. 2017.

CASSINI, S. **Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento do Biogás**. Vitória, Brasil: ABES RJ, 2003. 204 p. Disponível em: <<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/ProsabStulio.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2015

CARNEIRO, P.; BRITO, G.; POVINELLI, J. Digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos em sistema de duas fases utilizando mistura de percolado de aterro sanitário e lodo anaeróbio como inóculo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., 2005, Campo Grande. **Anais eletrônicos...** Washington: BVSDE.PAHO, 2016. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/III-064.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

CHARLES, W.; WALKER, L.; CORD-RUWISCH, R. Effect of pre-aeration and inoculum on the start-up of batch thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 8, p. 2329–2335, 2009.

CHEN, J. L.; ORTIZ, R.; STEELE, T.W; STUCKEY, D. C. Toxicants inhibiting anaerobic digestion: A review. **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 8, p. 1523–1534, 2014.

CHYNOWETH, D. P.; BOSCH, G.; EARLE, J. F.; LEGRAND, R.; LIU, K. Anaerobic Composting of Municipal Solid Waste. v. 28, 1991.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICAS. **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**. No. 113. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/Resenha%20Mensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20EI%20-%20Janeiro%202017.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2017.

LACLOS, H.; DESBOIS, S.; SAINT-JOLY, C. Anaerobic Digestion of Municipal Solid Waste. **Water Science & Technology**, v. 36, n. 6–7, p. 457–462, 1997.

DONOSO-BRAVO, A.; MAILIER, J.; MARTIN, C.; RODRÍGUEZ, J.; ACEVES-LARA, C.; WOUWER, A. Model selection, identification and validation in anaerobic digestion: A review. **Water Research**, v. 45, n. 17, p. 5347–5364, 2011.

HARTMANN, H.; AHRING, B. K. Strategies for the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste: An overview. **Water Science and Technology**, v. 53, n. 8, p. 7–22, 2006.

HESSAMI, M.; CHRISTENSEN, S.; GANI, R. Anaerobic digestion of household organic waste to produce biogas. **Renewable Energy**, v. 9, n. 1–4, p. 954–957, 1996.

HOLM-NIELSEN, J. B.; AL SEADI, T.; OLESKOWICZ-POPIEL, P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5478–5484, 2009.

KARAGIANNIDIS, A.; PERKOULIDIS, G. A multi-criteria ranking of different technologies for the anaerobic digestion for energy recovery of the organic fraction of municipal solid wastes. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 8, p. 2355–2360, 2009.

KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T.; DAWSON, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. **Waste Management**, v. 31, n. 8, p. 1737–1744, 2011.

KÜBLER, H.; SCHERTLER, C. Three-phase anaerobic digestion of organics wastes. **Wat. Sci. Tech.**, v. 30, no. 12, p. 367-374, 1994.

LASTECLA, G. et al. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: Biogas production and its purification. **Energy Conversion and Management**, v. 43, n. 1, p. 63–75, 2002.

LI, Y.; PARK, S. Y.; ZHU, J. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 821–826, 2011.

MADSEN, M.; HOLM-NIELSEN, J. B.; ESBENSEN, K. H. Monitoring of anaerobic digestion processes: A review perspective. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 3141-3155, 2011.

MATA-ALVAREZ, J.; MACÉ, S.; LLABRÉS, P. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. **Bioresource technology**, v. 74, p. 3-6, 2000.

NASIR, I. M.; GHAZI, T. I. M.; OMAR, R. Production of biogas from solid organic wastes through anaerobic digestion: A review. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 95, n. 2, p. 321–329, 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria Municipal de Serviços. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2016.

SÃO PAULO. (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo). **Prestação de Contas Ordinária Anual. Relatório de Gestão 2015**. São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/05/relatorio_gestao_2015.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2017

SÃO PAULO. (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo). **Prestação de Contas Ordinária Anual. Relatório de Gestão 2010**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/03/relatorio_gestao_2010.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2017

SIX, W.; DE BAERE, L. Dry anaerobic conversion of municipal solid waste by means of the Dranco process. **Water Science and Technology**, v. 25, n. 7, p. 295–300, 1992.

TEN BRUMMELER, E. Full scale experience with the BIOCEL process. **Water Science and Technology**, v. 41, n. 3, p. 299–304, 2000.

WALKER, L.; CORD-RUWISCH, R.; SCIBERRAS, S. Performance of a commercial-scale DiCOM™ demonstration facility treating mixed municipal solid waste in comparison with laboratory-scale data. **Bioresource Technology**, v. 126, p. 404–411, 2012.

WALKER, L. R. A Technology Combining Composting and Treatment of Municipal Solid Waste. 2010.

WALKER, L.; CHARLES, W.; CORD-RUWISCH, R. Comparison of static, in-vessel composting of MSW with thermophilic anaerobic digestion and combinations of the two processes. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 16, p. 3799–3807, 2009.

WARD, A. J. et al. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 17, p. 7928–7940, 2008.

WELLINGER, A.; WYDER, K.; METZLER, A. E. Kompogas - A new system for the anaerobic treatment of source separated waste. **Water Science and Technology**, v. 27, n. 2, p. 153–158, 1993.

YADVIKA et al. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques - A review. **Bioresource Technology**, v. 95, n. 1, p. 1–10, 2004.