

SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA DE CIMENTO: ROTA DO COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUO PRODUZIDO EM PERNAMBUCO

Flávio Leôncio Guedes (*), José Fernando Thomé Jucá, Soraya Givanetti El-Deir, Fábio Victor de Souza Andrade, José Antônio Ribeiro de Araújo

* Universidade Federal de Pernambuco, f_l_guedes@hotmail.com

RESUMO

No Brasil a indústria cimenteira contribui atualmente com 6% a 8% do CO₂ emitido, sendo responsável por uma grande parcela das emissões de Gases do Efeito Estufa. Os combustíveis que alimentam os fornos das cimenteiras são, na maioria das vezes, oriundos de fontes não renováveis, como o petróleo e o carvão. No qual, dentre os mais utilizados, destaca-se o coque do petróleo, devido ao seu elevado poder calorífico. A utilização de combustíveis alternativos, em permuta aos combustíveis fósseis não renováveis, representa a segunda principal alternativa do setor. A rota tecnológica de RSU é o conjunto de tecnologias, processos e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final. Para o tratamento e valorização foi definido conforme valor em termos de energia e matéria que estão contidas nestes resíduos, no qual deve-se aproveitar antes da disposição final, utilizando-os como recursos, antes que os rejeitos sejam descartados em aterros. Após isso analisa-se a viabilidade da produção do combustível derivado de resíduo. A produção no Centro de Tratamento de Resíduos é oriundo de nove municípios de Pernambuco. O objetivo deste trabalho foi analisar a rota do aproveitamento energético do RSU através na produção de CDR.

PALAVRAS-CHAVE: Combustível Derivado de Resíduo, Indústria do Cimento, Resíduos Sólidos Urbanos, Rota Tecnológica, Aproveitamento Energético.

INTRODUÇÃO

Os debates sobre impactos ambientais ganharam grande visibilidade após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92. Desde então estão sendo buscados mecanismos que atenuem a emissão dos gases de efeito estufa (GEE).

Um tema de destaque nessas discussões é o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU), pois, embora a queima de combustíveis fósseis seja a principal fonte de emissão de GEE, os resíduos sólidos (RS) têm papel importante nesse cenário, uma vez que contribuem também para a emissão desses gases responsáveis pelas alterações no clima (IPCC, 2007). Além disso, o gerenciamento inadequado dos RSU gera diretamente outros impactos importantes, tanto ambientais quanto sociais e econômicos.

No Brasil a indústria cimenteira contribui atualmente com 6% a 8% do CO₂ emitido, sendo responsável por uma grande parcela das emissões de GEE (JOHN, 2000). Os combustíveis que alimentam os fornos das cimenteiras são, na maioria das vezes, oriundos de fontes não renováveis, como o petróleo e o carvão. No qual, dentre os mais utilizados, destaca-se o coque do petróleo, devido ao seu elevado poder calorífico. Entretanto, atualmente, a busca desse setor por outras fontes de energia tem crescido. Uma alternativa para as indústrias de cimento é a utilização do combustível derivado de resíduo (CDR), oriundos de resíduos não viabilizados em processos de reciclagem material, e por possuir valor energético elevado, são valorizados e transformados em combustível (JUCÁ et al., 2014).

Segundo Visedo e Pecchio (2019), a utilização de combustíveis alternativos, em permuta aos combustíveis fósseis não renováveis, como o coque de petróleo, representa a segunda principal alternativa do setor. O uso de RSU (17% de substituição) com elevado conteúdo de biomassa em sua composição, representa alto potencial.

A permuta pelo combustível derivado de resíduo deve ser viável relação às tecnologias disponíveis e de acordo com aspectos socioambientais e econômicos. A rota tecnológica de RSU é o conjunto de tecnologias, processos e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final (PROTEGEER, 2019). Inicia-se na geração e encerra-se na com a disposição final em aterro sanitário.

O CDR produzido no Centro de Tratamento de Resíduos Pernambuco (CTR-PE) é oriundo de nove municípios pernambucanos. Estes resíduos passíveis de recuperação energética classificam-se como fonte alternativa de energia para todos os efeitos previstos na legislação (BRASIL, 2019). Nas últimas décadas foram desenvolvidas diversas tecnologias que permitem que os RS possam ser transformados em algo bem útil à sociedade, passando a ter um valor econômico, acarretando diminuição do material destinado ao aterro e mitigando impactos ambientais (GUEDES et al., 2019).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi analisar a rota do aproveitamento energético do RSU através da produção de CDR do CTR-PE, na unidade em operação no município de Igarassu, no estado de Pernambuco, baseados em futuros cenários de gestão dos resíduos sólidos.

METODOLOGIA

A pesquisa ocorreu no Central de Tratamento de Resíduos Ltda (CTR-PE) (Figura 1), localizada em Igarassu – PE, sob as coordenadas -07 43' 14,61076"E e -34 56' 34,52233"W, dispõe de Aterro Sanitário para resíduos classes I, II-A e II-B, reciclagem de madeira de palete, resíduo da construção civil e produção de CDR. Recebe em média 1.800 t. dia-1 dos municípios de Olinda, de Abreu e Lima, de Igarassu, de Itapissuma, de Itamaracá, de Araçoiaba, de Paulista, de Condado e de Goiana. Estes RSU recebidos, quando não servíveis para reciclagem e passíveis de recuperação energética, são transformados em CDR.



Figura 1. Vista CTR PE. Fonte: TCE (2016).

Para o tratamento e a valorização de RSU foi definido o reconhecimento conforme Barros (2012), logo, atribui-se valores em termos de energia aos materiais que estão contidos nestes resíduos, a fim de serem aproveitados antes da disposição final, utilizando-os como recursos, dispondo no aterro apenas os rejeitos. Após a separação dos resíduos e dos rejeitos, faz-se a análise dos materiais com potencial de reciclagem e, por fim, os com viabilidade para produção do combustível derivado de resíduo (Figuras 2).

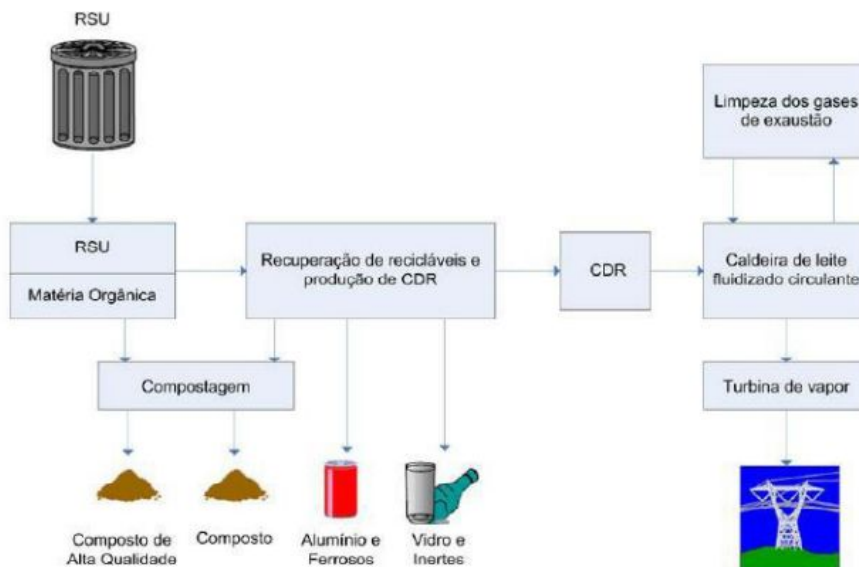


Figura 2. Esquema de Produção de CDR. Fonte: PROTEGEER (2019).

O processo adotado é consoante ao estabelecido como rejeito pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, ou seja, os resíduos que depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e de recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade a disposição final ambientalmente em aterros sanitários. (BRASIL, 2010).

Em relação ao poder calorífico do CDR produzido, foi feita análise do poder calorífico inferior (PCI) e do poder calorífico superior (PCS), utilizando em todas as análises calorimétricas o Calorímetro Digital Automático IKA – WERKE, modelo C2000, de acordo com a NBR 8633 (ABNT, 1984).

RESULTADOS

Os resíduos não viabilizados para reciclagem material são transformados em CDR após a triagem no CTR – PE. Estes podem ser utilizados como combustível, em indústrias de produção de cimento e em centrais de energia elétrica (JUCÁ *et al.*, 2014).

De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), há quatro fábricas de cimento que trabalham com aproveitamento de energia através do coprocessamento (Tabela 1). Destaca-se que essas indústrias estão situadas a menos de 100 km do CTR – PE, aumentando a viabilidade econômica.

Tabela 1. Indústrias de cimento no estado da Paraíba. Fonte: SNIC (2019).

Indústrias de Coprocessamento	Cidade	Distância em relação ao CTR – PE (km)
Lafarge Holcim	Caaporã	44,9
Brennand Cimentos	Pitimbu	51,1
Elizabeth Cimentos	Alhandra	58,4
Intercement	Joao Pessoa	74,9

As cidades do estado de Pernambuco que destinam o RSU ao CTR – PE (Tabela 2), produzem uma quantidade significativa de resíduos sólidos, e após a triagem são utilizados como fonte alternativa de energia previsto em legislação, trazendo ao RSU um valor econômico, além de diminuir a quantidade de resíduos dispostos em aterro sanitário. Percebe-se que o município de Olinda contribui com a maior destinação de RSU no CTR – PE, equivalendo a 33,49% dos RSU recebidos pela unidade, seguido do município de Paulista, com 22,05%, logo, esses dois municípios correspondem a mais de 50% dos RSU destinados para o Centro. Os sete restantes municípios contribuem com menos de 10% cada.

Tabela 2. Dados dos municípios que destinam os RSU para o CDR – PE. Fonte: IBGE (2019); CTR – PE (2019).

Município	População (estimadas para 2019)	Área da unidade territorial 2018 (km ²)	RSU Peso Ton/mês (MAI/2019)	Percentual correspondente ao total de RSU recebido pelo CTR – PE (%)
Olinda	392.482	41,300	10.583,99	33,49
Paulista	331.774	96,846	6.967,39	22,05
Igarassu	117.019	305,782	3.145,02	9,95
Abreu e Lima	99.990	126,193	2.957,52	9,36
Goiana	79.758	445,886	2.470,59	7,82
Condado	26.421	89,645	1.987,20	6,29
Araçoiaba	20.524	96,381	1.325,60	4,19
Itamaracá	26.258	66,770	1.222,22	3,87
Itapissuma	26.651	74,235	945,35	2,99

O CTR – PE recebe aproximadamente 38.000 ton.mês⁻¹, com uma média de 4.072 caminhões recepcionados e 1.250 ton. dia⁻¹ de resíduos Classe II, conforme Figura 3.

Quantidade de Resíduos Recebida - Classe II

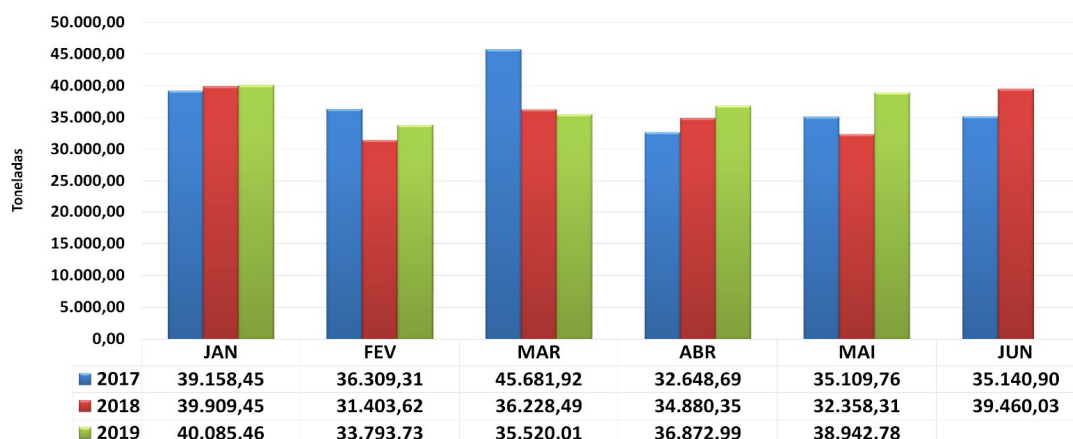


Figura 3. Histórico das quantidades de resíduos recebidas - Classe II, nos últimos 3 anos.
Fonte CTR PE (2019)

Um dos fatores para viabilidade de uso do CDR como substituição de combustíveis fósseis é analisar o poder calorífico, que é a quantidade de energia por unidade de massa liberada na oxidação de um determinado combustível.

Este combustível se aplica aos materiais com um valor calorífico elevado, recuperados da coleta de resíduos. Quanto a sua composição, pode conter material orgânico com umidade baixa, e não devem possuir frações de contaminação, nem substâncias orgânicas críticas, pois essas frações críticas geram um CDR de baixa qualidade (JUCÁ *et al.*, 2014).

A utilização de CDR para alimentar fornos na indústria de cimento, por requerer insumos com PCI de, ao menos, 2.000 kcal/kg (MARTIN, 2008), consome parte dos recicláveis (aqueles com poder calorífico, como papel e plástico) juntamente à fração orgânica do lixo, para geração elétrica. Três amostras de CDR produzido no CTR PE em dias diferentes e seguidas foram coletadas e o material foi analisado no Calorímetro Digital C2000 IKA-WERKE, para determinação de PCI e PCS (Tabela 3). O atual teor de umidade das amostras reduz o poder calorífico dos RSU, mas nem por isso o torna menos atrativo para a geração de energia elétrica através do CDR.

Tabela 3. Análise de PCI do CTR – PE. Fonte: CTR – PE (2019).

Amostra	Teor de Umidade	Poder Calorífico Inferior	
	%	kJ/kg	kcal/kg
1º dia	61,69	23.270,00	5.557,95
2º dia	63,18	17.140,00	4.093,82
3º dia	62,70	22.840,00	5.455,24

CONCLUSÕES

A rota do CDR produzido no Centro de Tratamento de Pernambuco se apresentou de maneira viável em relação à localização do CTR e das indústrias de cimento, pois uma dos fatores de maior impacto do produto é o transporte.

O PCI obtido é viável para aproveitamento energético como combustível alternativo para substituir combustíveis derivados petróleo, mesmo estando com valor de umidade > 60% em suas amostras. Diante disso, a busca por alternativas que reduzam a umidade do CDR produzido tornará ainda mais vantajoso para as cimenteiras a utilização desse combustível.

Nesse contexto, sabendo que a utilização de aterros é um recurso para a disposição final, após de esgotadas todas as possibilidades de recuperação e tratamento disponíveis e viáveis economicamente, o aproveitamento energético de RSU agrega valor econômico, e promove oportunidades de negócio, além de mitigar impactos ambientais associados à gestão dos RSU.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, R. T. DE V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.
- BRASIL. **Lei 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. Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 23/02/2020.
- BRASIL. **Lei nº 12.187 de 15 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2009. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 24/02/2020.
- BRASIL. Portaria interministerial nº 274. (2019). **Recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos**. Meio Ambiente. Gabinete do Ministro. Brasília, 2019.
- CTR-PE. Centro de Tratamento de Resíduos de Pernambuco. Relatório de Atividades CTR-PE. 2019
- GUEDES, F.L.; OLIVEIRA, A.D.; ALMEIDA, A.J.G.; JUCÁ, J.F.T. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos: um estudo sobre o combustível derivado de resíduo**. II Seminário Integrador. PPGE. UFPE. 2019.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: resíduos sólidos**. 2010. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 23/02/2020.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Core Writing Team, Pachauri RK, Reisinger A, editors. Geneva: IPCC; 2007.
- JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 120f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- JUCÁ, J. F. T.; LIMA, J. D.; MARIANO, M. O. H.; FIRMO, A. L. B.; LIMA, D. G. A.; LUCENA, L. F. L.; FARIAS, P. R. R.; JUNIOR, F. H. C.; CARVALHO, E. H.; FERREIRA, J. A.; REICHERT, G. A. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Jaboatão dos Guararapes: Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE. 2014.
- MARTIN, G.M.B.H. **Tecnologias de incineração de resíduos urbanos**. 2008 Disponível em <http://www.martingmbh.de/index_en.php?level=0&CatID=2&inhalt_id=1>. Acesso em 25/02/2020.
- PROTEGEER. **Cooperação para Proteção do Clima na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Tecnologias e Rotas Tecnológicas para RSU**. 2019. Disponível em <http://protegeer.gov.br/images/documents/461/Tecnologias%20para%20Valoriza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Org%C3%A2nicos%20e%20Recicl%C3%A1veis%20e%20Rotas%20Tecnol%C3%B3gicas_Geraldo%20A.%20Reichert.pdf>. Acesso em 25/02/2020.
- SINIR. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/>>. Acesso em: 20/01/ 2020.
- TCE – PE. **Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco**. CTR-PE – Central de Tratamento de Resíduos Ltda. Igarassu. 2017. Disponível em: <https://www.tce.pe.gov.br/internet/docs/tce/Destino%20Final%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos_2017_Ficha%20de%20Inspe%C3%A7%C3%A3o_170914_CTR%20Pernambuco.pdf>. Acesso em: 20/01/ 2020.
- VISEDO, G. ; PECCHIO, M. **ROADMAP tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050** / coordenado por Gonzalo Visedo e Marcelo Pecchio. Rio de Janeiro: SNIC, 2019 64 p. 2019.