



III -166 - VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS POR MEIO DO COPROCESSAMENTO EM INDÚSTRIA PRODUTORA DE CIMENTO PORTLAND: UMA INICIATIVA ENTRE OS ESTADOS DA BAHIA E SERGIPE

Viviana Maria Zanta⁽¹⁾

Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP (1997). Professor Titular do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA desde 2017.

Brenda de Jesus Araújo Sousa⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela UFBA (2023). Analista Operacional da Solvi Essencis Ambiental desde 2023.

Filipe da Silva Novaes⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela UCSAL (2019). Supervisor de Operações da Solvi Essencis Ambiental desde 2022.

Luciano Matos Queiroz⁽¹⁾

Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP (2009). Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA desde 2009.

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Aristides Novis, 02, 4º andar, Sala 10. Federação. Salvador - BA - CEP: 40210-630 - Brasil - Tel: (71) 3283-9796 - e-mail: zanta@ufba.br

RESUMO

No Brasil, mesmo após quase 15 anos da publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, soluções tecnológicas mais sustentáveis que promovam a valorização de resíduos sólidos industriais (RSI) ainda são incipientes. O coprocessamento pode possibilitar a conversão de alguns tipos de RSI em Combustível Derivado de Resíduo (CDR) para produção de cimento Portland, mas, segundo estimativas das entidades de classe, apenas 3% dos resíduos são valorizados por meio dessa rota no Brasil, apesar dos ganhos na diversificação a matriz energética, redução da dependência de combustíveis fósseis e preservação dos recursos naturais. Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho foi apresentar uma iniciativa de valorização energética de resíduos industriais por meio de coprocessamento em indústria produtora de cimento Portland entre os estados da Bahia e Sergipe. Por meio da análise dos dados qualitativos fornecidos por uma empresa gerenciadora de resíduos classe I e classe II, localizada no estado da Bahia, região nordeste do Brasil, selecionaram-se três resíduos (R1, R2 e R3) para a confecção de um “blend” visando avaliar sua adequabilidade aos critérios de valorização como CDR definidos por uma indústria produtora de cimento Portland localizada na região. Os resultados mostraram que um “blend” constituído por proporções de resíduos oriundos do armazenamento de petróleo (R1) e da produção de óleo de soja (R2) atendeu aos critérios mínimos definidos pela cimenteira, mas ainda há necessidade de suplantiar alguns gargalos como melhorar o processo de homogeneização e implementação de rigoroso controle de qualidade da produção dos “blends”.

PALAVRAS-CHAVE: Coprocessamento, Resíduos Sólidos Industriais, Valorização Energética

INTRODUÇÃO

Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 499/2020 (Brasil, 2020), o coprocessamento é uma das técnicas de destinação final que possibilita agregar valor aos resíduos sólidos. Resíduos com características adequadas podem ser empregados para constituir uma mistura (“blend”) a ser utilizada como combustível, denominado “Combustível Derivado de Resíduo” (CDR), substituindo parcial ou integralmente o uso de combustíveis de origem fóssil, como o carvão ou petróleo e, ainda, como parcela substituída da matéria prima (calcário, areia e argila) em fornos de produção de clínquer na fabricação de cimento Portland.

Segundo o Panorama do Coprocessamento, elaborado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), em 2021, foram coprocessados cerca de 2,48 milhões toneladas de resíduos. Considerando que o



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



Brasil gerou, aproximadamente, 80 milhões de resíduos nesse mesmo ano, conclui-se que o coprocessamento contribuiu somente com 3% do tratamento e, portanto, pode-se afirmar que a alternativa ainda é pouco utilizada no Brasil (Brasil, 2023). Alguns obstáculos são: os elevados custos de implantação, manutenção e operação dos sistemas; a escassez de mão de obra qualificada; as restrições impostas pelos critérios técnicos das cimenteiras e recomendações das normas vigentes para constituição do CDR. Destacam-se, também, a necessidade de controles rígidos de monitoramento de emissões atmosféricas; a garantia da segurança de trabalhadores da indústria cimenteira e a escassez de regulamentações e normativas ambientais que tratam sobre o tema, sobretudo, na região norte, nordeste e centro-oeste do país, o que gera insegurança jurídica afastando potenciais investidores.

Considerando o estágio de implementação das ações previstas Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), ainda é lenta a evolução e a implementação de iniciativas de coleta seletiva e ações de logística reversa no Brasil e, portanto, pode-se afirmar que a valorização energética dos resíduos sólidos é uma das estratégias que permite enfrentar o desafio de prover a população com a prestação de serviços de saneamento básico adequados e, simultaneamente, atender algumas das premissas previstas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas (ODS), sobretudo os ODS 6 e 10.

Considerando essas oportunidades e desafios, o objetivo principal deste trabalho foi conceber uma iniciativa de valorização energética de resíduos industriais por meio de coprocessamento em indústria produtora de cimento Portland entre os estados da Bahia e Sergipe. Especificamente, buscou-se: (i) Levantar informações e critérios técnicos para valorização energética de resíduos sólidos industriais por meio do coprocessamento em indústria produtora de cimento Portland; (ii) Obter características que permitam a valorização por coprocessamento de três resíduos industriais (borra de tanque de armazenagem de petróleo, lodo obtido na produção de óleo de soja e borra do processo de produção de tinta); (iii) Elaborar um “blend” a partir dos resíduos caracterizados de modo a viabilizar a valorização energética por meio do coprocessamento; (iv) Realizar uma análise econômica preliminar da iniciativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Por meio da análise de documentos legais e disponibilizados em sítios de associações e órgãos governamentais brasileiros, buscaram-se critérios e parâmetros para elaboração de “blend” e coprocessamento de resíduos sólidos. A análise documental englobou o levantamento da legislação nacional e estadual relacionada às áreas de resíduos sólidos e coprocessamento, além de sítios de associações brasileiras que atuam na área de resíduos sólidos.

Para complementar essas informações e investigar critérios técnicos e barreiras relacionadas ao coprocessamento, realizaram-se entrevistas com um profissional da área operacional de empresa que atua no segmento de preparação do CDR e um profissional pertencente à equipe comercial de uma cimenteira que pratica o coprocessamento e localizada no estado de Sergipe. Os objetivos específicos das entrevistas foram: (1) identificar os principais parâmetros técnicos exigidos e (2) coletar informações sobre os procedimentos de elaboração dos “blends” utilizados em escala real.

Por fim, por meio da análise dos dados qualitativos fornecidos por uma empresa gerenciadora de resíduos classe I e classe II, localizada no estado da Bahia, região nordeste do Brasil, selecionaram-se três resíduos (R1, R2 e R3) para a confecção de um “blend”. Os critérios de seleção dos resíduos basearam-se no elevado poder calorífico e baixo teor de cinzas ou na presença de algum composto ou elemento atrativo para produção de cimento Portland. Ademais, para garantir atratividade econômica, observaram-se o montante e a frequência de recebimento desses resíduos.

As amostras contendo, aproximadamente, 10 kg de cada resíduo foram coletadas e armazenadas em uma área impermeabilizada e coberta de um Galpão para estoque de resíduos Classe I. Alíquotas de R1, R2 e R3 na proporção de 1:2:1 (2,5:5;2,5) em massa (kg) e em base úmida foram misturadas e homogêneas

manualmente com auxílio de uma pá em um recipiente plástico com capacidade nominal de 1,0 m³. Alíquotas de 100 g dos resíduos selecionados e do “blend” produzido foram coletadas e encaminhadas para caracterização em laboratório credenciado pelo INMETRO. Os parâmetros analisados foram: poder calorífico inferior e superior, cloro, umidade, cinzas, sílica e enxofre. Destaca-se que esse elenco de parâmetros foi definido pelo setor técnico da cimenteira que dispensou a análise dos parâmetros: compostos orgânicos e metais pesados. A Figura 1 mostra as amostras de resíduos utilizados para confecção do “blend”.



Figura 1: Amostras de resíduos e características da baía utilizada na confecção dos “blends”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cimenteiras mais próximas da empresa gestora de resíduos, situam-se no estado Bahia, em Campo Formoso, a cerca de 370 km de distância da fonte, e no estado de Sergipe, no município de Laranjeiras, a cerca de 307 km de distância da fonte. Segundo o especialista da empresa gestora de resíduos entrevistado, o coprocessamento ainda é atrativo sob o ponto de vista econômico até distâncias de 500 km da fonte geradora. Segundo o respondente, quando a qualidade do “blend” é atrativa para as produtoras de cimento Portland, há negociações para redução dos custos de transporte que permitem garantir atratividade econômica da iniciativa.

Nos estados da Bahia e Sergipe não existem regulamentações específicas que determinem critérios mínimos para a produção de “blend”. No entanto, os setores comercial e operacional das produtoras de cimento Portland entrevistados informaram que os principais requisitos são a adequação do poder calorífico, baixo teor de cloro e de cinzas. No entanto, caso o “blend” apresente poder calorífico inferior maior que 2.700 Kcal/kg, o critério teor de cinzas pode ser flexibilizado, embora não possa ser nunca superior a 30%.

Porém, deve-se destacar que os laudos técnicos de classificação quanto à periculosidade são insuficientes para a tomada de decisão de seleção de resíduos para formação do “blend”, pois não apresentam informações essenciais presentes nas legislações estaduais. Quanto a esse aspecto, destaca-se a necessidade da adoção de uma postura mais proativa e coerente com o preconizado na hierarquia da gestão de resíduos sólidos presente na Política Nacional de Resíduos Sólidos por parte dos geradores, pois resíduos são recursos que devem ser valorizados e reinseridos na cadeia produtiva. Investimentos em estudos e análises para se verificar o potencial de valorização dos resíduos podem ser traduzir em benefícios ambientais e sociais e monetários. A Tabela 1 mostra os resultados de caracterização dos resíduos e do “blend”.

Tabela 1: Resultados de caracterização dos resíduos e dos “blends”.



Parâmetros	Unidade	Cimenteira (Critério)	R1	R2	R3	Blend
Poder Calorífico Inferior	Kcal/kg	> 2700	3400	6190	383	2950
Poder Calorífico Superior	Kcal/kg	-	3670	6680	414	3180
Cloro	% p/p	<0,4	0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Cinzas (Base Seca)	% p/p	30	60,9	1,2	94	46,4
Sílica + Insolúveis	% p/p	-	60,5	1,2	91	45,4
Umidade	% p/p	25	5,16	4	15	12,2
Enxofre	% p/p	<30	0,3	<0,05	2,5	0,46

O resíduo R1 (borra de tanque de armazenagem de petróleo) apresentou PCI igual a 3.400 Kcal/kg. Porém, o teor de cinzas foi de, aproximadamente, 60%. Esse valor não torna R1 atrativo, pois as cimenteiras limitam o teor de cinzas em 30% no máximo. Portanto, borras oleosas dessa natureza e origem necessitam ser misturadas com outros resíduos que tenham menores teores de cinzas para atender ao preconizado pelas produtoras de cimento Portland. Por outro lado, avalia-se que R1 é promissor para ser utilizado na composição do “blend” para coprocessamento, já que possui um elevado teor de sílica (aproximadamente 60%) indicando que poderia ser incorporada ao clínquer do cimento.

O resíduo R2 (lodo obtido na produção de óleo de soja) foi aquele que apresentou os resultados mais satisfatórios. O PCI foi quase o dobro do valor de R1 e um teor de cinzas igual a 1,15%. Ademais, a geração desse resíduo é, aproximadamente, igual a 60 toneladas por mês o que eleva a atratividade e viabilidade econômica da iniciativa.

Entretanto, o resíduo R3 (borra do processo de produção de tinta) apresentou teor de cinzas igual a 93,6% e PCI abaixo de 500 Kcal/kg, apresentando-se como um resíduo sem atratividade técnica para o coprocessamento em indústria produtora de cimento Portland. Esse resultado reforça a dificuldade enfrentada pelos gestores de resíduos industriais brasileiros para encontrar uma alternativa de valorização. Pode-se afirmar que essa ainda é uma área que carece de pesquisas para identificar novas rotas de valorização e iniciativas de não geração.

Observa-se que o “blend” foi elaborado com dois resíduos, cujos PCI atendem aos valores de referência propostos pelas indústrias produtoras de cimento Portland. Entretanto, essas características não resultaram em melhoria no PCI do “blend”. Esse aspecto pode ser resultado da ineficiência da homogeneização, pois a mistura dos resíduos foi realizada manualmente com auxílio somente de uma pá e, provavelmente, não evitou a formação de massas empelotadas. Portanto, mesmo na pequena escala, deve-se realizar um pré condicionamento dos resíduos por meio de uma etapa de peneiramento e preferencialmente, promover a mistura mecanizada.

Realizando uma avaliação econômica preliminar, verificou-se que o investimento na etapa de caracterização físico-química embora oneroso (R\$ 1.300,00 por amostra), é necessário e imprescindível para otimização do processo. Maiores valores de PCI podem representar valorização no preço de venda do “blend” como CDR. Para iniciativa realizada entre os estados fronteiriços da Bahia e Sergipe, estimando o valor de comercialização do CDR em R\$100,00 por tonelada, uma massa de 40 toneladas de “blend” elaborado com R1 e R2 pagaria os custos de produção e realização de análises físico-químicas.

CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu concluir que:

- A ausência de critérios técnicos amplamente adotados é um fator limitante para a adoção da valorização de resíduos industriais como CDR em indústrias produtoras de cimento Portland no Brasil. A adoção dessa rota na larga escala enfrenta limitações oriundas da própria variação da qualidade dos resíduos potencialmente atrativos,



- No caso analisado, O resíduo R1, oriundo dos tanques de armazenagem de petróleo, apresentou um alto poder calorífico, mas um teor de cinzas acima do aceitável, limitando sua utilização. Já o resíduo oriundo da produção de óleo de soja (R2) mostrou-se mais atrativo, com elevado poder calorífico e reduzido teor de cinzas, sendo recomendado para compor o “blend” utilizado como CDR. Já o resíduo oriundo da produção de tintas (R3) não se mostrou adequado para o coprocessamento, devido ao baixo poder calorífico e alto teor de cinzas.

- A escalabilidade da iniciativa depende de investimentos na produção automatizada e garantia da qualidade dos “blends” utilizados como CDR e esses custos devem ser criteriosamente avaliados no estudo de viabilidade econômica dessa rota de valorização.

- A análise preliminar mostrou que a comercialização do CDR é suficiente para custear a caracterização detalhada dos resíduos. Esse aspecto possibilitaria elaborar “blends” com apurado controle de qualidade, ampliando o rol de possibilidades de valorização como CDR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 499, de 6 de outubro de 2020. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 out. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-conama/mma-n-499-de-6-de-outubro-de-2020-281790575>. Acesso em: 10 jun. 2023.
2. BRASIL. Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos- SINIR, 2023. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em: 10 de junho de 2023.
3. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 11 jun. 2023.