



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

PANORAMA DO COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS COM CARACTERÍSTICAS DE INFLAMABILIDADE NO RIO GRANDE DO SUL

Emanuela Fin (*), Ana Carolina Tramontina, Francine Zanatta, Taísa Trevisan

* Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS. Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade. Contato: manufin@gmail.com

RESUMO

A geração de resíduos sólidos industriais e sua disposição final ambientalmente segura representa um dos maiores desafios para a sociedade contemporânea, pois seu gerenciamento inadequado pode resultar em riscos à saúde pública e à qualidade ambiental, requerendo soluções e inovações tecnológicas para o manejo e destinação final que visem à sustentabilidade. O coprocessamento de resíduos em fornos das industriais cimenteiras, com adequado controle ambiental, tem se mostrado uma alternativa tecnológica economicamente viável e ambientalmente adequada, quando comparado com outras formas de destinação. Com base neste contexto, o presente estudo propõe analisar o panorama do coprocessamento de resíduos com características de inflamabilidade no estado do Rio Grande do Sul, após aprovação da Portaria Fepam/RS nº 16/10, visando os benefícios desta alternativa tecnológica para o ambiente e sociedade, além dos desafios e potencialidades da sua utilização. A pesquisa utilizará abordagem qualitativa e quantitativa e os dados serão coletados e analisados através de dados secundários disponibilizados pelo SIGECORS da FEPAM/RS.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Industriais, Destinação de Resíduos, Coprocessamento, Alternativa Tecnológica.

ABSTRACT

The industrial solid waste generation and its environmentally safe disposal represents one of the greatest challenges for contemporary society, since its inadequate management can result in risks to public health and environmental quality, requiring solutions and technological innovations for the management and final disposal. The co-processing of residues in cement kilns, with adequate environmental control, has been shown to be an economically viable and environmentally adequate technological alternative when compared to other forms of destination. Based on this context, the aim of the present study is to analyze the scenario of the residues with flammability characteristics co-processing in the state of Rio Grande do Sul, after approval of the Fepam Ordinance no. 16/10, aiming at the benefits of this technological alternative for the environment and society, as well as the challenges and potentialities of its use. The research will use a qualitative and quantitative approach and data will be collected and analyzed through secondary data provided by SIGECORS of FEPAM / RS.

KEY WORDS: Industrial Solid Waste, Waste Destination, Coprocessing, Technological Alternative.

INTRODUÇÃO

O atual modelo de produção industrial, aliado à expansão demográfica acarreta uma grande geração de resíduos e escassez de recursos naturais. A geração de resíduos industriais e sua disposição final ambientalmente segura representa um dos maiores desafios para a sociedade contemporânea, pois seu gerenciamento inadequado pode resultar em riscos à saúde pública e à qualidade ambiental, requerendo soluções e inovações tecnológicas para o manejo e destinação final que visem à sustentabilidade.

No Brasil, após a regulamentação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS (Lei 12.305/10), os setores industriais passaram a ter maior responsabilidade ambiental em relação ao gerenciamento dos resíduos gerados, priorizando a não geração e a adoção de práticas que assegurem que os resíduos sejam reintegrados ao ciclo produtivo. Em paralelo, legislações mais severas no Rio Grande do Sul, como a Portaria FEPAM nº 16/2010, dispõe sobre o controle da disposição final de resíduos Classe I com características de inflamabilidade no solo, classificados como perigosos pela NBR 10004/2004, coibindo a destinação final desses resíduos em aterros industriais classe I e centrais de recebimento e destinação de resíduos classe I, estimulando a busca por outras destinações ambientalmente adequadas fomentadas pela PNRS (FEPAM, 2010).



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

Diante deste contexto, a destinação final dos resíduos industriais não passíveis de reutilização e reciclagem constitui um problema tanto em âmbito legal, quanto ambiental, ocasionando preocupações cada vez maiores nas empresas geradoras, em função da pressão exercida pelos órgãos de controle (NETO; BARROS, 2011).

Dentre as alternativas, a técnica do coprocessamento em fornos da indústria cimenteira, amplamente utilizada na Europa, Estados Unidos e Japão, tem se expandido por demonstrar ser a destinação ambiental e socialmente mais adequada para os resíduos perigosos provenientes de diversos processos industriais (ROCHA; LINS; SANTO, 2011; SELLITTO et al., 2013). O coprocessamento pode ser definido como tecnologia de queima de resíduos (como pneus, óleos usados, plásticos, tintas etc.) e de biomassa (moinha de carvão vegetal, casca de arroz, bagaço de cana etc.) em fornos de cimento, em substituição parcial de combustíveis tradicionais não renováveis, como o coque de petróleo, o óleo combustível e o carvão mineral, e também de matérias-primas convencionais (CRUZ; HUPFFER; JAHNO, 2016).

Para o aproveitamento energético através do coprocessamento, os resíduos são primeiramente enviados para centrais de blendagens para a preparação dos *blends*, que são misturas de vários resíduos com objetivo de obter alto poder calorífico. Nesta etapa são analisados padrões químicos de controle como pH, % Cloro, % H₂O e Poder Calorífico. Após esse processo ocorre o envio para as cimenteiras, onde serão utilizados em percentuais de substituição de combustíveis fósseis. Os fornos utilizados para a fabricação de cimento possuem condições favoráveis para a destruição total dos resíduos, como temperaturas elevadas e longos ciclos produtivos, promovendo a incorporação das cinzas geradas do processo ao cimento, não havendo geração de partículas (BARROS, 2014).

Conforme avaliação da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2016), essa tecnologia vem sendo cada vez mais utilizada no Brasil, seja por razões ambientais, energéticas e econômicas, ou por incentivo de políticas públicas. Ao considerar a dimensão da crise ambiental, a técnica de coprocessamento estimula a mudança do processo linear de utilização de recursos naturais para processamento e descarte para uma lógica circular, na qual os materiais são constantemente reciclados e reutilizados. Esse processo contribui para a preservação de recursos naturais, redução de custos do processo e das emissões de CO₂, com eliminação definitiva de grandes volumes de resíduos e sem geração de novos passivos ambientais, evitando focos de doenças, poluição e exploração do solo (FOSTER; ROBERTO; TOSHIRO, 2016).

Desta forma, esta pesquisa justifica-se pela necessidade de se realizar um diagnóstico ambiental do setor de coprocessamento no estado do Rio Grande do Sul, uma atividade de elevado potencial poluidor quando não monitorada, porém quando bem aplicada fomenta a economia circular, trazendo benefícios para a sociedade e ambiente. Além disso, a pesquisa propõe divulgar dados e informações importantes, até então ausentes ou pouco divulgadas na bibliografia, potencializando a utilização da técnica em novos processos produtivos.

OBJETIVOS

Com base na premissa de alternativas ambientalmente adequadas para destinação dos resíduos sólidos industriais, o estudo propõe analisar o panorama do coprocessamento dos resíduos industriais com características de inflamabilidade no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul, visando os benefícios desta alternativa tecnológica para o ambiente e sociedade, com os seguintes objetivos específicos:

- Quantificar os resíduos industriais coprocessados, no período de 2010 a 2017, estimando a eliminação do passivo ambiental no cenário estadual com o emprego desta tecnologia.
- Identificar os ramos industriais representativos no estado com potencial de geração de resíduos com características de inflamabilidade e, dificuldades e potencialidades associadas à técnica de coprocessamento na gestão dos resíduos sólidos industriais.

METODOLOGIA

Ao considerar o seu desenvolvimento, esta pesquisa adotará uma abordagem mista do problema, quantitativa e qualitativa, ocorrendo em duas etapas. Em relação aos objetivos, trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória e descritiva, pois visa buscar um maior conhecimento do tema escolhido, descrevendo o processo de coprocessamento, bem como as dificuldades e potencialidades na aplicação desta técnica na gestão de resíduos.



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

Do ponto de vista das técnicas e procedimentos para a coleta de dados serão utilizadas pesquisa bibliográfica e pesquisa documental. A consulta e coleta de dados através da pesquisa documental, será realizada por meio de dados secundários disponibilizados pelo SIGECORS (Sistema de Gerenciamento e Controle dos Resíduos Sólidos Industriais) que representa um conjunto de procedimentos e modelos padronizados aplicados aos empreendimentos licenciados pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental). Uma das formas de controle e monitoramento dos resíduos sólidos gerados pelas empresas licenciadas é o envio de planilhas trimestrais de resíduos ao SIGECORS, com descrição do resíduo gerado ou armazenado, volume, forma de acondicionamento e destino final. Desta forma, através dessas informações prestadas aliadas ao sistema de informática do SIGECORS será selecionado o código informado para coprocessamento como destino final, a descrição dos resíduos e volumes correspondentes ao período de 2010 a 2017.

Desse modo, vale ressaltar que os dados coletados serão apenas das empresas que geram resíduos com características de inflamabilidade licenciadas pelo órgão ambiental estadual, a FEPAM. Após a coleta, os dados serão analisados, discutidos e representados graficamente.

RESULTADOS ESPERADOS

Tendo em vista que a pesquisa está em fase de desenvolvimento, serão apresentados neste trabalho os resultados esperados amparados em referências de resultados obtidos a nível nacional e estadual, como o panorama do coprocessamento do Brasil e panorama dos resíduos sólidos industriais no Rio Grande do Sul.

A PNRS define resíduos industriais como aqueles gerados nos processos produtivos e instalações industriais. Entre os resíduos industriais, inclui-se grande quantidade de material perigoso, que necessita de tratamento especial devido ao seu alto potencial de impacto ambiental e à saúde. Segundo a NBR 10:004 (2004), os resíduos com características de inflamabilidade são aqueles que apresentam baixo fulgor na fase líquida e são capazes de produzir fogo por fricção, por absorção de umidade ou alterações químicas espontâneas. Pela Portaria Fepam nº 16/10, a destinação final desses resíduos deverá ser realizada em unidades licenciadas de reprocessamento, recuperação, reciclagem, tratamento biológico, coprocessamento em fornos de clínquer ou incineração. Desta forma, essa portaria, além de visar a redução dos riscos de acidentes por substâncias inflamáveis (incêndios) nos aterros, prioriza a adoção de alternativas mais seguras de destinação final.

Respeitando a hierarquia da PNRS, quando os resíduos não podem ser reutilizados ou reciclados, a melhor alternativa é o seu aproveitamento energético, como ocorre no coprocessamento em fornos de clínquer. O coprocessamento consiste na destruição dos resíduos nos fornos durante o processo de produção do cimento, substituindo parte da matéria-prima e principalmente parte dos combustíveis fósseis não renováveis, sem alterar a qualidade do cimento ABCP (2016). Em termos legais, a técnica de coprocessamento está regulamentada no Brasil pela Resolução Conama nº 264/99, que dispõe sobre os procedimentos e os critérios específicos e pela Resolução Conama nº 316/02, que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, exigindo da indústria cimenteira todas as condições técnicas e ambientais para atender aos padrões de emissões atmosféricas, garantir a manutenção da qualidade ambiental e evitar danos e riscos à saúde. Segundo a ABCP (2016), em 2015, das 57 plantas integradas que possuíam fornos rotativos para a produção de clínquer no Brasil, 38 plantas estavam licenciadas para o coprocessamento de resíduos, representando 67% do parque industrial brasileiro de produção de cimento.

Os resíduos coprocessados no país, em 2015, representaram a eliminação de um passivo ambiental de 1,07 milhão de toneladas. Desse total, os combustíveis alternativos (resíduos+biomassa) representaram 76% e as matérias-primas alternativas 24%, em toneladas, correspondendo a um índice de substituição térmica de 9,7%. Dos substitutos de combustíveis destacam-se os pneus inservíveis e o *blend* de resíduos ambos apresentando 41% do total em toneladas e os combustíveis oriundos de biomassa representam 8% da matriz de combustíveis alternativos coprocessados, sendo deste total 48% de casca de arroz (ABCP, 2016).

Tendo como base o panorama do coprocessamento do país, espera-se obter a partir da pesquisa proposta, o panorama do coprocessamento do estado do Rio Grande do Sul. Para alcançar os objetivos, almeja-se com os dados coletados na Fepam, obter a descrição e o volume dos resíduos coprocessados no estado no período de 2010 a 2017, estimando a eliminação do passivo ambiental com a inserção da técnica de coprocessamento como alternativa de destinação final e valorização energética dos resíduos, estabelecida pela Portaria nº 16/2010, bem como analisar a eficácia da aplicação da legislação comparando os volumes anuais.

Além disso, espera-se identificar os resíduos com maior volume coprocessado, o setor industrial e região do estado com maior potencial de geração, com base nos dados informados pelas empresas licenciadas pela FEPAM. A partir do

percentual de resíduos coprocessados espera-se analisar o potencial crescimento do volume coprocessado, elencando as dificuldades de gestão desses resíduos pelas empresas geradoras e os benefícios nos aspectos ambientais, sociais, ambientais e tecnológicos desta técnica em comparação as demais alternativas de destinação final descritos na Portaria Fepam/RS nº 16/10.

No Estado do Rio Grande do Sul, a Resolução CONSEMA Nº 02/2000, dispõe de Norma Técnica que define critérios, procedimentos e aspectos técnicos de licenciamento ambiental para coprocessamento de resíduos, em fornos rotativos de produção de clínquer, para fabricação de cimento. De acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul 2015 – 2034 – PERS-RS (2014), constam no Estado duas unidades de blendagem para coprocessamento, onde, atualmente podem receber até 8 mil toneladas/mês de resíduos classe I e II – conforme capacidade licenciada. Ainda, segundo o PERS, existem apenas dois fornos de cimento com licença para coprocessar resíduos classe I e II, com capacidade limitada quanto a quantidade e tipos de resíduos aceitos e apenas um deles coprocessa resíduos classe I, por isso, uma grande quantidade de resíduos é destinada a fornos localizados em Santa Catarina e no Paraná.

Em relação aos geradores de resíduos sólidos industriais - RSI classe I e II, o PERS-RS (2014), de acordo com o banco de dados da FEPAM, em 2014, e nos dados do SIGECORS (2013), apresentou um total de 3.397 indústrias com Licença de Operação (LO) em vigor, classificadas em diferentes portes. A estimativa de geração de RSI em 2014 para o Rio Grande do Sul foi de 10.188.542,71 t/ano, das quais 873.235,50 foram classificadas como resíduos Classe I (9%). Do total dos RSI Classe I, 57,2% foram gerados por indústrias do ramo metalúrgico, seguido de 26,6% do ramo químico, 4,3% do ramo de transportes e 4,2% do ramo mecânico, conforme figura 1 (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

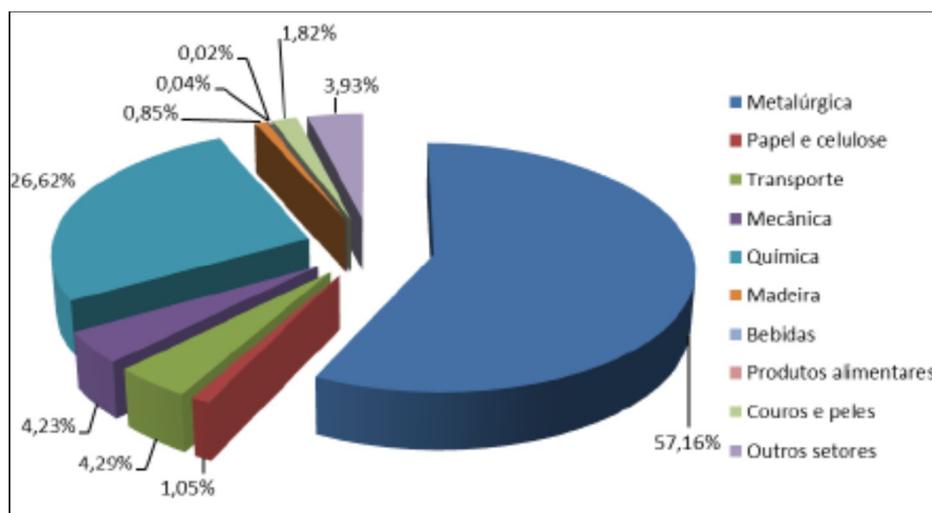


Figura 1: Distribuição de RSI Classe I gerado de acordo com o ramo industrial. Fonte: RIO GRANDE DO SUL (2014).

Segundo o PERS-RS, os resíduos sólidos industriais classe I com maior representatividade foram: 16% de borra do refino de óleos usados (borra ácida), 12% de lodo perigoso de ETE, 9% de Lodo de ETE com cromo. Outros resíduos perigosos de processo têm representatividade de 7% na composição, conforme figura 2 (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Com a restrição da Portaria Fepam nº 16/10 e a dificuldade de reprocessamento e reciclagem dos resíduos industriais com características de inflamabilidade, o coprocessamento tornou-se a opção mais utilizada pelas empresas geradoras. Porém a técnica de coprocessamento é restrita a alguns tipos de resíduos, pois é permitida somente para resíduos que possuem características mínimas de poder calorífico, umidade e limites para alguns componentes, como por exemplo, enxofre, cloro, chumbo, cromo, arsênico, entre outros, que são analisadas nas unidades de blendagem.

Além disso, conforme dados contidos no PERS-RS, os custos médios para preparação da blendagem e posterior destinação dos RSI para coprocessamento foram de R\$ 450 a R\$ 775/tonelada, podendo variar em função da composição de cada resíduo, tornando-se um obstáculo a muitas empresas de pequeno e médio porte, assim como a falta de conhecimento técnico do assunto (RIO GRANDE DO SUL, 2014). No entanto, no aspecto ambiental, o

coprocessamento se destaca principalmente como a destinação ambientalmente mais correta para resíduos industriais que não podem ser reciclados ou reutilizados, competindo com a disposição em aterros e incineração (ABCP, 2016).

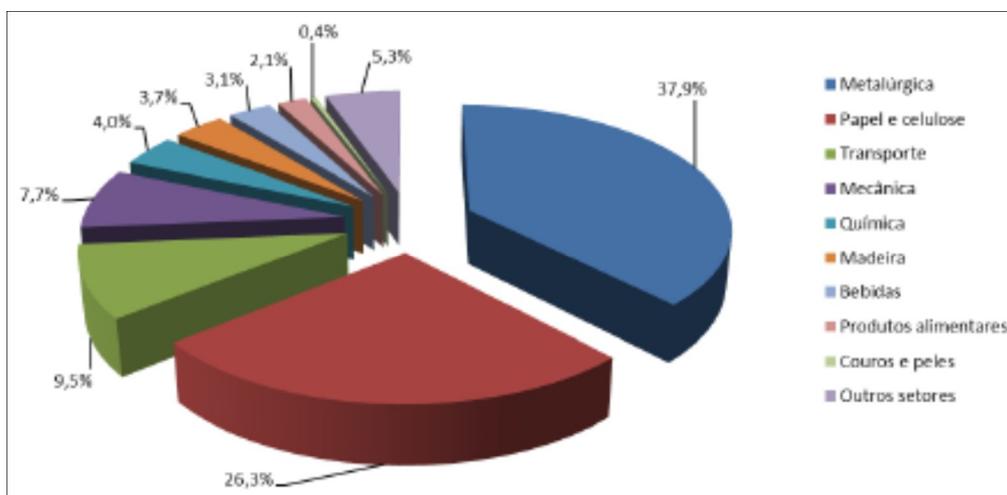


Figura 2: Composição de RSI Classe I no RS. Fonte: RIO GRANDE DO SUL (2014).

Porém, existem muitas discussões acerca dos benefícios e prejuízos da técnica para a sociedade e ao meio ambiente, destacando como maior preocupação, as emissões atmosféricas e seu efeito na saúde humana.

As emissões atmosféricas decorrentes da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer são compostas por diversas substâncias, tais como material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂), compostos orgânicos voláteis (COV), gases ácidos, metais e micro poluentes orgânicos. A falta de controle dessas emissões pode provocar danos a saúde humana, desde problemas na pele e irritação nos olhos, até doenças respiratórias, cardiovasculares e cancerígenas (RAMOS, 2015).

Por trabalhar com resíduos perigosos, a técnica de coprocessamento necessita que as cimenteiras e as blendeiras, tenham um excelente sistema de gerenciamento de resíduos, incluindo o transporte, manuseio e armazenamento temporário, de forma a minimizar os riscos associados à atividade. Para Malard (2016), uma correta operação na formação dos *blends* é essencial para obtenção de um melhor equilíbrio da eficiência energética no forno de clínquer, assim como para atendimento aos padrões de entrada de substâncias no forno e aos limites de emissões atmosféricas, preconizados nas normativas legais.

Ramos (2015) conclui que uma das maneiras de conseguir redução na emissão de CO₂ pela indústria cimenteira é o controle constante dos combustíveis utilizados, uma vez que a parcela da formação de CO₂ correspondente à matéria prima permanece estável em função da composição química das jazidas que alimentam as fábricas. Segundo Belato (2013), alguns estudos sobre a técnica de coprocessamento, mostram uma redução na emissão de poluentes, entre eles o CO₂, o NO₂ e o SO₂, dependendo do tipo de combustível alternativo processado, podendo diminuir significativamente com a utilização de combustíveis alternativos que possuem um menor teor de carbono em sua composição comparado com a dos combustíveis tradicionais.

Malard (2016) ressalta que a atividade de coprocessamento, aliada a produção de *blends*, operando com a observância de critérios técnicos e ambientais, com normas rígidas de segurança, tem grande potencial para minimizar os problemas ambientais associados principalmente à destinação final de resíduos sólidos industriais perigosos, resíduos não perigosos e a parcela combustível dos resíduos sólidos urbanos, além de reduzir os custos de produção e as emissões de CO₂ geradas pelo setor.

De acordo com Belato (2013), se a indústria cimenteira adotar os princípios básicos para evitar que seja adotado um coprocessamento inadequado de acordo com a visão técnica, ambiental e social, criados pela Holcim® em parceria com a GTZ (Agência de Cooperação Técnica Alemã), a queima de resíduos industriais e passivos ambientais é considerada a melhor opção de destinação final independente do país.

Dentre os benefícios que a técnica de coprocessamento proporciona, desde que realizada com o adequado controle ambiental, Malard (2016) cita, a redução dos custos de produção; a redução do consumo de combustíveis fósseis e da



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

emissão de CO₂, principal gás do efeito estufa; o aproveitamento de resíduos que poderiam ser destinados a aterros ou ter disposições finais inadequadas; o aproveitamento do potencial energético dos resíduos; a ausência de cinzas no processo de coprocessamento e consequentemente minimização dos impactos associados à sua disposição em aterros.

Além disso, contribui para a melhoria da saúde pública por retirar do ambiente os pneus descartados, evitando a procriação de vetores de doenças e poluição ambiental (ABCP, 2016). Em relação ao aspecto social, gera empregos, renda e impostos; caracterizando-se como um nicho de mercado em formação com vários segmentos (PROAMB, 2017).

Segundo Malard (2016), o coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer não traz à sociedade uma solução definitiva para a gestão dos resíduos, mas se respeitada a hierarquia estabelecida na Política Nacional de Resíduos Sólidos, configura excelente alternativa para o aproveitamento de resíduos, pela sua valorização como combustível alternativo ou como substituto de matéria-prima, atenuando o esgotamento dos recursos não renováveis.

Em relação às possibilidades de utilizar outros resíduos no coprocessamento, a ABCP (2016), destaca os resíduos sólidos urbanos com maior potencialidade de crescimento. Embora na Europa sua utilização seja expressiva, no Brasil depende-se de regulamentação específica para coprocessamento desse tipo de resíduo. Outro potencial de crescimento é o coprocessamento de biomassa e medicamentos vencidos que depende de ações de estímulo a serem desenvolvidas.

CONCLUSÕES

A prática do coprocessamento no Brasil tem se expandido e deve ser incentivada pelos benefícios econômicos, ambientais e sociais que proporciona, mas desde que realizada com o adequado controle ambiental. O coprocessamento está se tornando uma alternativa viável e sustentável para tratar diversos tipos de resíduos sólidos, além de reduzir os custos de processo das indústrias cimenteiras e combater a poluição ambiental, com a eliminação do passivo ambiental. Desta forma, o panorama do coprocessamento do RS, elaborado através desta pesquisa apresentará dados que servirão de base para futuras pesquisas e para empresas prestadoras desse serviço, apresentando um diagnóstico geral da técnica, contemplando os objetivos propostos. Nesse sentido, a pesquisa evidenciará também a potencialidade de crescimento do coprocessamento como alternativa eficiente para a destinação final e valorização dos resíduos sólidos industriais com características de inflamabilidade no estado do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Panorama do Coprocessamento Brasil 2016**. Disponível em: http://coprocessamento.org.br/cms/wp-content/uploads/2017/01/Panorama_coprocessamento_2016-1.pdf. Acesso em: 14 de setembro de 2017.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10004:2004. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <http://www.v3.eco.br/docs/NBR-n-10004-2004.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.
3. BARROS, T. R. **Blendagem e Coprocessamento de Resíduos Perigosos**. UNESP – TRSEG. ABRIL/2014. Disponível em: http://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbienta/Sandr_Mancini/2014-thalita.pdf. Acesso em: 25 de agosto de 2017.
4. BELATO, M. N. **Análise da Geração de Poluentes na Produção de Cimento Portland com o Coprocessamento de Resíduos Industriais**. Itajubá, 2013. 192 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá.
5. BRASIL. **Lei 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007_2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 10 de setembro de 2017.
6. _____. **Resolução CONAMA nº 264, de 26 de agosto de 1999**. “Define procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para o coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer, para a fabricação de cimento”. Brasil, 1999. Disponível em: <http://www.mp.rs.gov.br/legislacao/id1974.htm>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.
7. CRUZ, S.S. DA; HUPFFER, H.M.; JAHNO, V.D. **Destinação final de resíduos sólidos industriais: Panorama do Coprocessamento no Brasil**. Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Anais, 2016. Disponível em: http://www.firs.institutoventuri.org.br/images/t109_destina%cc3%87%cc3%83o_final_de_res%cc3%8dduos_s%cc3%93lidos_industriais_panorama_do_coprocessamento_no_brasil.pdf. Acesso em: 25 de agosto de 2017.

8. FOSTER, A.; ROBERTO, S.S.; TOSHIRO I. A. **Economia Circular e Resíduos Sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica.** Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 2016. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/115.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.
9. MALARD, M. A. A. **Avaliação Ambiental do setor de Coprocessamento no Estado de Minas Gerais.** Campinas, 2016. 246 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.
10. RAMOS, D. M. **Estudo da Formação e Emissão de Poluentes na Atmosfera Originários do Coprocessamento de Resíduos em Fábricas de Cimento.** Itajubá, 2015. 125 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá.
11. RIO GRANDE DO SUL. **Portaria nº 016, de 20 de abril de 2010.** Dispõe sobre o controle da disposição final de resíduos Classe I com características de inflamabilidade no solo, em sistemas de destinação final de resíduos denominados “aterro de resíduos classe I” e “central de recebimento e destinação de resíduos classe I”, no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id9979.htm>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.
12. _____. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul 2015 – 2034 – PERS-RS.** Porto Alegre: Ministério do Meio Ambiente / Governo do Estado do Rio Grande do Sul / FEPAM/RS / Engebio. 2014. Disponível em: <http://www.pers.rs.gov.br/noticias/arq/ENGB-SEMA-PERS-RS-40-Final-rev01.pdf>. Acesso em: 02 de maio de 2018.
13. _____. **Resolução CONSEMA Nº 02/2000.** Dispõe de norma sobre o licenciamento ambiental para coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/consema/Res02-00.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.
14. ROCHA, S. D. F.; LINS, V. F. C.; ESPIRITO SANTO, B. C. **Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer.** v.16, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n1/a03v16n1>. Acesso em: 25 de agosto de 2017.
15. SANTOS NETO, B. C.; BARROS, A. M. de. **Poluição atmosférica decorrente das emissões de material particulado na atividade de coprocessamento de resíduos industriais em fornos de cimento.** Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção, v. 3, n. 3, p. 61-66, mar. 2011. Disponível em: http://www.ingepro.com.br/Publ_2011/Marc/420%20pg%2061-66.pdf. Acesso em: Acesso em: 20 de agosto de 2017.