

## III-459 - ANÁLISE PRELIMINAR DE SOLIDIFICAÇÃO DE RESÍDUOS QUÍMICOS LÍQUIDOS GERADOS EM UMA IES COM VISTAS A DESTINAÇÃO FINAL ATRAVÉS DO COPROCESSAMENTO

### **Vania Elisabete Schneider<sup>(1)</sup>**

Graduada em Licenciatura Plena e Bacharelado em Biologia pela Universidade de Caxias do Sul; Especialista em Metodologia da Pesquisa e do Ensino Superior - Área de Concentração: Educação Ambiental; Mestre em Engenharia Civil - Área de Concentração - Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Estadual de Campinas; Doutora em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

### **Roberta Elamarine Neimaier Graeff<sup>(2)</sup>**

Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade de Caxias do Sul; Técnica do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul.

### **William Luan Deconto<sup>(3)</sup>**

Graduado em Tecnologia em Gestão da Qualidade pela Universidade de Caxias do Sul; Técnico do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul.

### **Mariana Riegel Grandó<sup>(4)</sup>**

Acadêmica de Engenharia Ambiental na Universidade de Caxias do Sul; Bolsista de Iniciação Científica no Instituto de Saneamento Ambiental

**Endereço<sup>(1)</sup>** : Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - Petrópolis – Caxias do Sul - RS - CEP: 95070560 - Brasil - Tel: (54) 3218 2507 - e-mail: [veschnei@ucs.br](mailto:veschnei@ucs.br)

## **RESUMO**

As atividades desenvolvidas em instituições de ensino superior, através do ensino, pesquisa ou extensão, demandam substâncias e produtos de diversas classes. Dentre estes estão os classificados como perigosos, por apresentarem características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e/ou toxicidade, conforme estabelecidas pela ABNT NBR 10.004. Estas atividades, conseqüentemente, geram resíduos perigosos que oferecem riscos potenciais aos seres vivos e ao ambiente. Sendo assim, é necessária adoção de processos de tratamento e/ou destinação final ambientalmente adequada destes. Neste contexto, este trabalho apresenta uma avaliação sobre a capacidade de solidificação de 16 categorias de resíduos químicos líquidos, gerados em atividades diversas desenvolvidas em uma IES, com vistas ao coprocessamento destes resíduos. Das 16 categorias testadas, apenas 8 solidificaram, e destas, nenhuma pode ser coprocessada, por apresentarem Poder Calorífico Inferior (PCI) menor do que 1.620 kcal/kg. Além disso, 3 amostras apresentaram concentração de cádmio e tálio superior a 100 mg/kg, o que também inviabiliza o processo. A categoria que se apresentou mais favorável ao tratamento proposto foi a de Solução de Formol, que, atendeu o limite máximo permitido para metais pesados e apresentou PCI de 1.274 kcal/kg. Desta forma, sugere-se a utilização de um agente solidificante que promova o aumento do poder calorífico do resíduo, como por exemplo, a serragem, a fim de que se alcance o PCI mínimo que viabilize o tratamento por coprocessamento. Ressalta-se que esta avaliação integra o Programa de Gerenciamento Ambiental da IES, onde a totalidade dos resíduos gerados são gerenciados e tratados ou destinados de forma ambientalmente adequada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coprocessamento, Instituição de Ensino Superior, Resíduos Perigosos, Solidificação de Resíduos.

## **INTRODUÇÃO**

As atividades desenvolvidas em Instituições de Ensino Superior (IES), através do ensino, pesquisa ou extensão, demandam substâncias e produtos de diversas classes. Dentre estes estão os classificados como perigosos, por apresentarem características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e/ou toxicidade, conforme estabelecidas pela ABNT NBR 10.004. Estas atividades, conseqüentemente, geram resíduos perigosos que oferecem risco potencial aos seres vivos e ao ambiente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), no que tange a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos determina, no Artigo 9º, a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução,

reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Através da capacitação e sensibilização dos colaboradores, professores e alunos, que atuam junto as atividades que geram resíduos nas IES, busca-se atender a não geração e a redução no uso de produtos perigosos. Todavia, a geração de resíduos é, na maioria das vezes, inevitável, havendo a necessidade de avaliar a possibilidade de reutilização ou recuperação destes. Porém, estas nem sempre são opções técnicas ou economicamente viáveis, havendo a necessidade de adotar processos de tratamento determinados conforme as características dos resíduos gerados e a viabilidade econômica.

Entre os processos de tratamento de resíduos, o coprocessamento (que utiliza resíduos em substituição parcial ao combustível utilizado no forno que transforma calcário e argila em clínquer, matéria-prima do cimento), tem se apresentado como um processo viável para resíduos com elevado poder calorífico. Amplamente empregado na Europa, Estados Unidos e Japão há quase 40 anos, o coprocessamento é utilizado no Brasil desde o início da década de 90 (MARINGOLO, 2001).

Segundo a Resolução CONSEMA 02/2000 (CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - CONSEMA, 2000) não podem ser coprocessados:

- Resíduos Domésticos
- Resíduos de Estabelecimentos de Serviços de Saúde
- Resíduos Radioativos
- Substâncias Organocloradas
- Agrotóxicos
- Explosivos

Ressalta-se que as plantas de blendagem podem restringir o coprocessamento de outros resíduos não citados acima, conforme as especificidades do processo. Atualmente, no Estado do Rio Grande do Sul, existem apenas duas plantas de blendagem de resíduos em operação e ambas processam apenas resíduos sólidos e pastosos, para posterior encaminhamento a uma cimenteira localizada no Estado de Santa Catarina. Desta forma, o coprocessamento de resíduos químicos líquidos só é possível mediante solidificação.

A solidificação é o processo no qual substâncias orgânicas ou inorgânicas são adicionadas a um determinado resíduo líquido, com vistas a produzir uma massa monolítica de alta integridade estrutural. O processo reduz a mobilidade dos contaminantes, melhora a integridade estrutural e as características físicas e de manuseio dos resíduos (SILVA, 2001).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A avaliação apresentada neste trabalho foi realizada junto a uma IES localizada na região nordeste do Rio Grande do Sul, que apresenta atividades de ensino, pesquisa e extensão. A mesma é composta por 128 laboratórios das áreas de biotecnologia, ciências biológicas e da saúde, engenharias e tecnologias, dos quais 80 são geradores de resíduos perigosos. Esta ampla diversidade de linhas de atuação resulta em uma variada geração de resíduos, o que muitas vezes dificulta ou encarece o gerenciamento dos mesmos. Atualmente, a geração média mensal de resíduos químicos líquidos na IES é de 1.157 L/mês, os quais são classificados em 54 categorias, de acordo com a compatibilidade inter e intra classes e pela reatividade química das diferentes substâncias.

Para avaliar o potencial de solidificação, foram testadas 16 amostras de soluções químicas líquidas provenientes de 80 laboratórios. As amostras foram separadas em proporções iguais, utilizando uma pipeta volumétrica de 10 ml para cada solução. Após, as soluções foram transferidas para béquers individuais. Em uma balança de precisão eletrônica analítica, pesou-se 1 mg do solidificador, e adicionou-se diretamente na solução, respeitando a proporção indicada no rótulo da embalagem. Para a homogeneização da mistura, usou-se um bastão de vidro, agitando levemente.

Após o processo de separação e adição do solidificador, conservou-se a mistura em temperatura ambiente, até ser perceptível a transição do estado líquido para sólido, ocorrendo a solidificação. As soluções que não obtiveram resultados de solidificação na proporção de 1/10, foram submetidas a novos testes com proporções de 1/30 a 1/50. Ressalta-se que o agente solidificador utilizado é um polímero granulado branco atóxico, de marca comercial registrada.

As categorias que solidificaram foram novamente amostradas, com um volume de 1 L, em recipiente plástico, limpo e identificado, e encaminhadas para a empresa que realizaria o coprocessamento, a fim de analisar o potencial calorífico e a concentração de determinados metais prejudiciais ao processo de tratamento.

Para o ensaio de poder calorífico utilizou-se o método Din 51900-1 e para o ensaio de metais foi realizada digestão ácida através do método EPA 3051A/3052/3050B para posterior análise da concentração através do método Standard Methods 21st Edition Método 3120B (Inductively Coupled Plasma - ICP).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

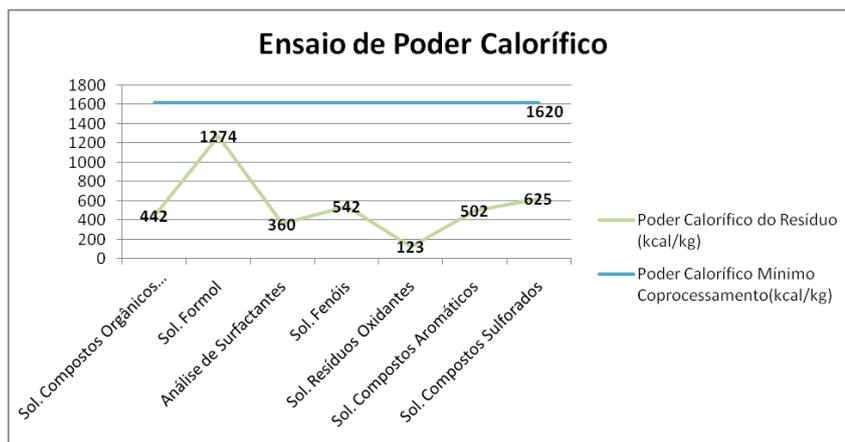
Após a realização dos testes de solidificação observou-se que 8 categorias de resíduos não solidificaram em nenhuma das proporções testadas, o que indica que o agente solidificador utilizado não é o mais adequado para estas substâncias. Outro aspecto a ser considerado são as características físico-químicas de cada contaminante, que podem interferir diretamente nos resultados obtidos, além de sua concentração na solução. Para estas categorias buscou-se outra alternativa de tratamento.

A Tabela 1 traz os resultados obtidos através do teste de solidificação, bem como os volumes de cada resíduo atualmente armazenados na Central de Resíduos Perigosos da IES.

**Tabela 1: Resultados do teste de solidificação e volume atualmente armazenado.**

RESÍDUO	PROPORÇÃO RESÍDUO/SOLIDIFICADOR			VOLUME ARMAZENADO NA CENTRAL (L)
	1/10	1/30	1/50	
Solução de Iodo – I	-	-	-	885
Solução de Compostos Orgânicos Alifáticos	X			550
Solução de Mg, Na, K, Ca, SO <sub>4</sub>	-	-	-	3.000
Solução de Compostos Halogenados Clorados	X			220
Solução de Fe, Al, Cu	-	-	-	610
Solução de Zn, Pb, Mo, Ni	-	-	-	450
Solução de Cr <sup>6+</sup> , Hg, Ag	-	-	-	1.500
Solução de Formol	X			7.110
Solução de Solventes Clorados	-	-	-	605
Solução de Análise de Surfactantes		X		260
Solução de Bário	-	-	-	730
Solução de Fenóis		X		1.465
Solução de Cromo Hexavalente - Cr <sup>6+</sup>	-	-	-	1.600
Solução de Resíduos Oxidantes	-	X	-	200
Solução de Compostos Aromáticos	-	X	-	500
Solução de Compostos Sulfurados	-	X	-	200

Das 8 categorias de resíduos que solidificaram, em teoria, 7 apresentariam condições de serem encaminhadas para coprocessamento, em virtude de o poder calorífico ser superior a 1.620 kcal, necessário ao tratamento em questão. Porém, após a realização do ensaio de poder calorífico real, observou-se que nenhuma das categorias testadas atingiu o mínimo necessário, conforme é possível visualizar na Figura 1.

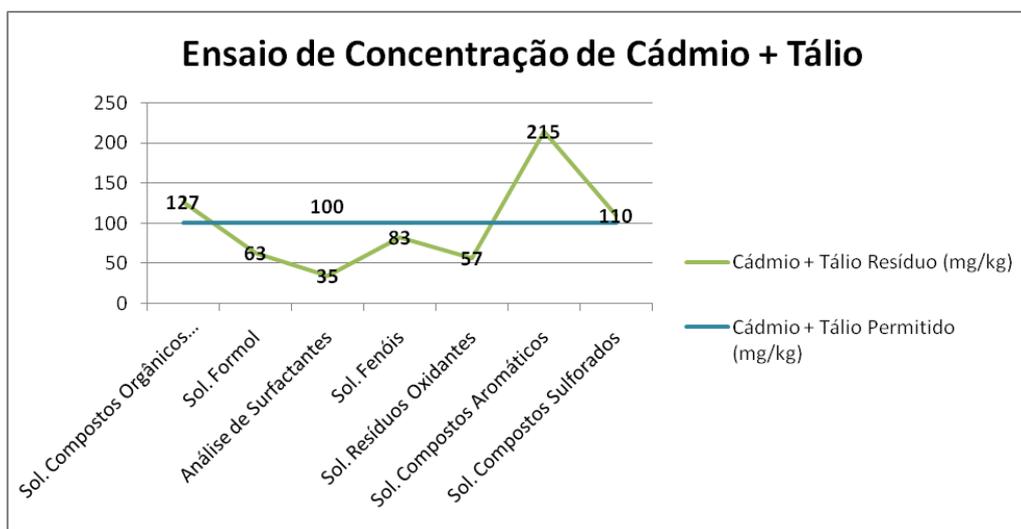


**Figura 1 – Resultados do ensaio de poder calorífico**

A categoria que obteve um resultado mais próximo do mínimo necessário foi a solução de formol, cujo volume atualmente armazenado na Central de Resíduos é elevado (7.110 L). Portanto, pode ser realizado um teste utilizando a mistura destes resíduos com algum material/composto que aumente seu poder calorífico, como serragem por exemplo, para que o coprocessamento do mesmo torne-se um processo viável. Já o potencial calorífico das demais categorias mostrou-se muito baixo, o que requer maior esforço para aumentá-lo, encarecendo o processo.

Além do poder calorífico, outro limitante do coprocessamento é a concentração de metais pesados, visto que a presença destes elementos em grande quantidade será liberada na forma de emissões atmosféricas. Destaca-se que a Resolução nº 264/1999 do CONAMA (CONAMA, 1999) considera limites para emissão de metais agrupados, não sendo considerados em separado, exceto o chumbo, o mercúrio, o cádmio e o tálio.

O comportamento destes elementos no forno depende fundamentalmente da volatilidade. Por esta razão, o mercúrio, metal extremamente volátil, surge como o elemento que mais se reflete em termos de emissões gasosas (FREITAS e NÓBREGA, 2014). Desta forma, foram analisados os parâmetros: cádmio, mercúrio, tálio, arsênio, cobalto, níquel, telúrio, cromo, chumbo, e os agrupamentos de cádmio + tálio e arsênio + cobalto + níquel + telúrio. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos no ensaio do agrupamento cádmio + tálio, visto que este foi o único ensaio de metais pesados em que as amostras não atenderam o limite.



**Figura 2 – Resultados do ensaio de cádmio + tálio**

Conforme observa-se na Figura 2, as amostras de Soluções de Compostos Orgânicos Alifáticos, Sulfurados e Aromáticos ultrapassaram o limite máximo permitido de 100 mg/kg, o que inviabiliza o coprocessamento.

A única categoria que solidificou e não pode ser coprocessada é a de solução de compostos halogenados clorados, pela presença do cloro em sua composição. Para esta categoria sugere-se a adoção de outras alternativas de tratamento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos estudos realizados observou-se que a solidificação de determinadas categorias de resíduos apresenta viabilidade técnica e econômica. Todavia, aspectos como a viabilidade da solidificação em grande escala, necessidade de agitação e tempo necessário devem ser considerados.

Ressalta-se que existem outros agentes solidificadores que podem ser testados, como por exemplo, a serragem, que tem baixo custo e facilitaria o aumento do poder calorífico das amostras, possibilitando o coprocessamento. Porém, este material também aumentaria o volume e o peso dos resíduos, encarecendo o transporte e o tratamento.

Com relação ao processo de tratamento para os resíduos solidificados, o coprocessamento apresenta-se como uma alternativa adequada e sustentável, visto que o resíduo é utilizado como matéria prima de um novo processo, findando a responsabilidade do gerador sobre a destinação do mesmo, além de reduzir o passivo de resíduos dispostos no meio ambiente.

Sendo assim, outras possibilidades de melhorar as características dos resíduos gerados devem ser estudadas, visando adequar o processo de tratamento em questão. A elevada diluição das soluções analisadas pode ser decorrente da tríplice lavagem de vidrarias. Neste caso, sugere-se que seja utilizado um volume menor de água, ou que a água de lavagem seja coletada em outro recipiente, o que poderia concentrar mais a solução e possivelmente aumentar o poder calorífico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, T. R.; **Blendagem e Co-processamento de Resíduos Perigosos**. UNESP, 2014. Disponível em < <http://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/SandroD.Mancini/2014-thalita.pdf>> Acesso em novembro de 2016.
2. 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, 2010.
3. CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. (1999) Resolução CONAMA nº 264/99, de 26 de agosto de 1999 – **Dispõe sobre o licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos**. Brasília, 1999.
4. CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – CONSEMA; Resolução nº 2/2000 - **Dispõe de norma sobre o licenciamento ambiental para co-processamento de resíduos em fornos de clínquer**. Porto Alegre, 2000.
5. FREITAS, S. S; NÓBREGA C. C.; **Os benefícios do coprocessamento de pneus inservíveis para a indústria cimenteira**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, volume 19, n.3, julho a setembro de 2014.
6. MARINGOLO, V.; **Clínquer co-processado: produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade da indústria de cimento**. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.
7. SILVA, K. R. B.; **Avaliação da solidificação de metais em matriz de polietileno**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós - Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.