



Alternativas de destinação de resíduo plástico termofixo

Michelle P. Cruz¹, Otoniel M. Medeiros², George S. Marinho³

¹PEP/DEP/UFRN (paiva.michelle@yahoo.com.br)

²DEP/UFRN (otoniel@ufrnet.br)

³DEM/UFRN (gmarinho@ct.ufrn.br)

Resumo

A crescente preocupação com a destinação dos resíduos industriais, o aumento do rigor da fiscalização dos órgãos responsáveis e, principalmente, o respaldo da opinião pública, incentivaram a busca por soluções para o problema do resíduo plástico termofixo proveniente de uma fábrica de botões do Rio Grande do Norte. Neste trabalho são discutidos alguns dos efeitos provocados pelo resíduo e algumas alternativas já estudadas na UFRN. Em função das características intrínsecas do material, ficaram evidentes a gravidade do problema e a necessidade de se buscar um meio de evitar que o resíduo chegue à população, bem como aos animais e vegetais. Entre as opções consideradas, as que apresentaram maior viabilidade destacam o uso como carga em blocos construtivos e a conversão em material inerte por meio de tocha de plasma térmico.

Palavras-chave: Resíduo. Plástico termofixo. Blocos construtivos. Tocha de plasma.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

1 Introdução

A busca por novas tecnologias aplicadas à cadeia produtiva, voltadas ao aumento da eficiência dos processos concomitante à redução do impacto ambiental, tem sido incentivada pela modificação do perfil do consumidor, cada vez mais atento aos problemas do planeta. Da parte do empresário, há o interesse na possibilidade de geração de receita por meio do reaproveitamento de matéria-prima. Obter um produto que combine essas variáveis é um desafio que exige, antes de tudo, investimento em pesquisa.

O resíduo considerado na presente pesquisa é o plástico termofixo, resultante da produção de botões para uso têxtil pela maior indústria do ramo no Brasil. Em suas operações, a empresa gera em média 15 toneladas do resíduo ao mês, representando cerca de 50% da matéria-prima utilizada na fabricação dos botões.

O material apresenta-se na forma pulverulenta (ver figura 1), possui massa específica muito baixa e, consequentemente, ocupa grandes volumes. Com a privatização dos aterros sanitários na região em que a fábrica está instalada e a instituição de tarifa diferenciada, a prática do descarte tornou-se economicamente inviável. Assim, outras formas de destinação do resíduo passaram a ser consideradas pela empresa. O uso como combustível em fornos de fábricas de cimento não foi possível devido ao baixo calor específico do resíduo e à necessidade de instalação de filtros especiais, o que encareceria o processo. Enquanto não vem a solução que permita o processamento do resíduo para re-introdução na cadeia produtiva do botão, a empresa adquiriu máquinas de peletização (ver figura 2), capazes de reduzir o



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

volume original em aproximadamente 2,79 vezes, permitindo o depósito em terreno da própria fábrica.



Fig. 1 – Resíduo na forma pulverulenta



Fig. 2 – Resíduo peletizado

2 Resíduo plástico termofixo

De acordo com Alves (2005) os polímeros são compostos de alto peso molecular que se destacam pelo seu tamanho, estrutura química e interações intra e inter-moleculares. São formados por ligações covalentes de unidades químicas que se repetem ao longo da cadeia cuja denominação é “meros”. Podem ser naturais ou sintéticos. Os primeiros são derivados de plantas e animais (ex. madeira, algodão, couro e lã); os sintéticos são produzidos a partir de reações químicas conhecidas como polimerização. A polimerização é uma reação em que moléculas menores (monômeros) se combinam quimicamente (por valências) para formar microléculas longas, mais ou menos ramificadas e com a mesma composição (MEDEIROS, 2005). Podem formar-se por reação em cadeia ou por reações de poliadição ou policondensação. Pode ser reversível ou não e pode ser espontânea ou provocada (por calor ou reagentes).

Atualmente, por razões econômicas, vários polímeros naturais vêm sendo substituídos por sintéticos, como peças de madeira e de metais. Contudo, é necessário garantir que o material substituto tenha as mesmas propriedades apresentadas pelo anterior. É necessário observar, por exemplo, a resistência ao escoamento – grandeza proporcional ao comprimento da cadeia molecular, e a cristalinidade – que diz respeito à regularidade e à perfeição da estrutura molecular, determinando a natureza e o comportamento do plástico. O material sintético será mais resistente quanto maior for o paralelismo e menor for a distância entre as cadeias (MEDEIROS, 2005).

Segundo Medeiros (2005) as características mecânicas permitem classificar os polímeros em duas categorias: termoplásticos e termorrígidos (ou “termofixos”). Os termoplásticos podem ser fundidos diversas vezes e sua reciclagem já está integrada à cadeia produtiva de muitas indústrias. Em temperatura ambiente, podem ser maleáveis, rígidos ou frágeis. São exemplos dessa família: polietileno (PE), polipropileno (PP) e politereftalato de etileno (PET). Os termorrígidos (ou termofixos) são polímeros que podem ser rígidos ou frágeis, sendo muito estáveis quando sujeitos à variações de temperatura. Uma vez prontos, não mais se fundem – o aquecimento resultará na decomposição do material antes da fusão, aspecto que praticamente inviabiliza a reciclagem. Portanto, uma vez que atingem seu grau de dureza característico, os termofixos permanecem assim e não mais se modificam, nem mesmo com reaquecimento.

O resíduo considerado na presente pesquisa caracteriza-se como sintético e termofixo, o que denota a dificuldade de aplicação e a impossibilidade de reciclagem, bem como inspira cuidados com seu manuseio e destinação. É proveniente do processo de usinagem e



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

acabamento de botões, produzidos através da mistura de resina, aditivo, catalisador e acelerador. Na tabela 1 encontram-se os dados de sua composição.

Tabela 1 – Composição química dos elementos constituintes do plástico termofixo

Elemento	Composição
Resina	Anidrido maleico ($C_4H_2O_3$) Anidrido ftálico ($C_8H_4O_3$) MET (Monoetilenoglicol) DEG (Dietelenoglicol) Monômero de estireno
Aditivo	Hidroquinoma TBC (Paraterciário butil catecol)
Catalisador	MEKP (Peróxido de metil etil cetona)
Acelerador	Cobalto (Nartanato de cobalto)

Fonte: MEDEIROS, 2005.

Na tabela 2 pode ser observada a granulometria do material.

Tabela 2 – Granulometria do resíduo plástico termofixo

Diâmetro da peneira (mm)	Porcentagem (%)	
	Retida	Acumulada
4,8	0,35	0,35
2,4	8,05	8,40
1,2	25,70	34,10
0,6	26,50	60,60
0,3	21,35	81,95
0,15	11,50	93,45
< 0,15	6,55	100,00

Fonte: MEDEIROS, 2005

Quando incinerado, o resíduo plástico termofixo libera gases extremamente tóxicos, como ácido acrílico, tolueno, fenol, dioxinas e furanos. O tolueno afeta as vias respiratórias e o sistema nervoso central. Causa queimaduras de córnea, conjuntivite, infarto do miocárdio e morte súbita (FORSTER, 1994). O fenol causa queimaduras na pele, afeta o fígado, o rim e o sistema nervoso central. As dioxinas e os furanos são gases cancerígenos, gerando também distúrbios hormonais, redução das defesas orgânicas e deformações em fetos.

A necessidade urgente de descoberta de alternativas para destinação do resíduo motivou o desenvolvimento de um conjunto de pesquisas na Universidade Federal do Rio



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Grande do Norte, desde uma possível aplicação na construção civil até a eliminação por decomposição térmica em tocha de plasma.

3 Alternativas de destinação

Medeiros (2005) estudou várias aplicações para o resíduo plástico termofixo da indústria de botões. Dentre as alternativas analisadas estão a aplicação do resíduo em blocos de solo-cimento e em blocos cerâmicos de 8 furos. Também analisou a possibilidade de decomposição térmica do material por meio de tocha de plasma, o uso em blocos para lajes pré-moldadas, em revestimento interno de alvenaria com gesso e em blocos com argamassa de cimento.

3.1 Aplicação em blocos de solo-cimento

Os blocos de solo-cimento são caracterizados principalmente pela facilidade de produção e o baixo custo. Obtido pela mistura de solo, cimento e água, onde o solo representa a maior parcela, o bloco possui durabilidade e consistência apropriadas para aplicações em diversas áreas da construção civil. Consegue-se produzir um produto resistente à compressão, com relativa impermeabilidade e baixo índice de retração volumétrica. Dependendo das características da obra, o solo-cimento pode ser utilizado na construção de paredes ou de fundações, passeios e contra-pisos. O bloco desenvolvido com carga de plástico termofixo não precisa ser queimado e, ainda, pode ser moído e reutilizado.

Os blocos de solo-cimento foram fabricados utilizando-se uma máquina desenvolvida na Oficina Mecânica do Núcleo de Tecnologia Industrial da UFRN que exerce uma pressão de 2,06 MPa na mistura, moldando-os. Na figura 4 observam-se exemplares do bloco desenvolvido.



Fig. 3 – Máquina de fabricação de blocos de solo-cimento da UFRN.



Fig. 4 – Blocos de solo-cimento: (a) com agregado de resíduo plástico; (b) sem agregado (bloco “padrão”).

Para os ensaios, observaram-se as recomendações da norma ABNT-NBR 12024, segundo a qual a mistura deve ser compactada em quatro camadas, recebendo cada uma 30 golpes de um soquete de aço com uniformidade de distribuição, procurando-se manter o soquete com a mesma altura de impacto. Foram produzidos corpos-de-prova cilíndricos de 5cm de diâmetro por 10cm de altura, com os traços discriminados na tabela 1, numa relação água/cimento = 0,35. Ao analisar as propriedades mecânicas e térmicas constatou-se que é possível fabricar blocos em alvenaria de construção de classe C e que o resíduo plástico



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

termofixo funciona como material isolante térmico, aumentando a resistência à transferência de calor.

3.2 Aplicação em blocos cerâmicos

Blocos cerâmicos de 8 furos foram preenchidos com resíduo plástico termofixo (ver figura 5). Em seguida, realizaram-se testes para análise do desempenho térmico de uma parede constituída desse elemento. Constatou-se uma redução no fluxo de calor devido à restrição às correntes convectivas no interior dos furos. Por ser um material pulverulento, o ar permanece aprisionado entre as partículas, diminuindo também a condução de calor, resultando no aumento da resistência à passagem de calor.



Fig. 5 – Enchimento de bloco cerâmico com resíduo plástico termofixo

3.3 Aplicação em blocos de argamassa de cimento

Foram fabricados blocos de argamassa de cimento (ver figura 6) com a utilização de resíduo plástico termofixo como agregado miúdo, em substituição à parte do cimento Portland. Estes foram misturados com um fator água/cimento 0,35. Testes de desempenho térmico foram realizados com a construção de células de campo para análise da transferência de calor em condições reais de uso e comprovou-se que, respeitando-se os valores de resistência mecânica, as propriedades térmicas (condutividade térmica, difusividade térmica e capacidade calorífica) não apresentam grandes diferenças quando comparadas às apresentadas pelo bloco de argamassa de cimento sem adição do resíduo.



Fig. 6 – Bloco de argamassa de cimento com agregado de resíduo plástico termofixo



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Os resultados obtidos nos ensaios de compressão constataram a possibilidade de utilização dos blocos com adição de resíduo para argamassa de vedação tipo B e determinou-se um desempenho térmico semelhante ao bloco convencional.

3.4 Termodecomposição por meio de tocha de plasma

A tocha de plasma é um sistema que transforma energia elétrica em calor que é transportado por um gás. O aumento da temperatura resultante pode ser aplicado na conversão de resíduos tóxicos em materiais inertes (MEDEIROS, 2005). Na figura 7 podem ser observados detalhes do dispositivo construído para a presente pesquisa.

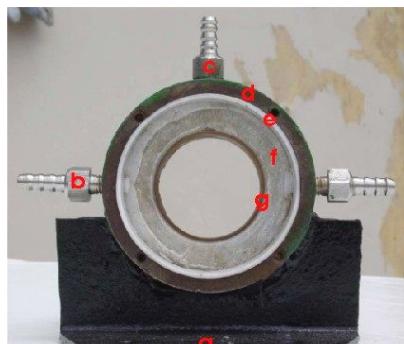


Fig. 7 – Vista frontal da tocha de plasma

Durante a realização dos ensaios observou-se que a decomposição do resíduo por plasma gerou 0,005% de cinzas, sobrando, para cada tonelada de resíduo, apenas 0,05kg de cinzas. Apesar dos altos custos de instalação e operação de uma usina de eliminação de resíduo por plasma térmico, é possível que a opção se torne economicamente viável no momento que a legislação ambiental se tornar mais restritiva. Além disso, podem ser consideradas as vantagens advindas do aproveitamento da tarifa hora-sazonal.

4 Considerações Finais

É inegável que o nível de conscientização da sociedade determina a permanência de um determinado produto e, portanto, da própria empresa fabricante no mercado. Empresas que se preocupam com a destinação de resíduos gerados durante o processo produtivo têm maior expectativa de vida. O primeiro passo para determinar a destinação mais viável para um determinado resíduo é o investimento em pesquisa. Portanto, há uma grande área de pesquisa a ser explorada no Brasil. O governo já criou dispositivos que financiam a participação de pesquisadores das instituições federais de ensino superior em projetos desenvolvidos dentro da indústria. Para que se concretize a união entre a necessidade da indústria e o interesse do pesquisador é necessário criar fóruns que propiciem o conhecimento mútuo e estimule a confiança entre os dois lados. No caso específico das pesquisas sobre o resíduo de plástico termofixo desenvolvidas na UFRN, existem outros estudos em andamento, alguns, inclusive, resultaram na formalização de pedido de patente, publicado por Melo (2006), de um bloco de concreto celular espumoso destinado à substituição de blocos cerâmicos ou poliestireno expandido (EPS) no preenchimento de lajes pré-moldadas e treliçadas. O produto desenvolvido apresenta baixo custo, estabilidade dimensional e com propriedades mecânicas e acústicas satisfatórias. A aplicação do resíduo como agregado de compósitos de poliuretano de óleo de mamona para isolamento térmico também vêm sendo estudada no Laboratório de Transferência de Calor da UFRN.



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Agradecimentos

Ao CNPq, à CAPES, à FINEP, à FAPERN, ao PEP-UFRN, ao PPGEM-UFRN e ao PPGCEM-UFRN.

Referências

ALMEIDA, A. F. S. FERREIRA, O. P. Poliuretana derivada de óleos vegetais exposta a intemperismo artificial. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v.16, n. 3, p. 252-256, 2006.

ALVES, W. F. **Preparação e caracterização de blendas de poliuretano derivado do óleo de mamona e poli (o-metoxianilina) e sua avaliação como sensor.** Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – PCM, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1992). NBR 12024 – CCE: *moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Método de ensaio.* Rio de Janeiro.

FORSTER, L. M K.; TANNHAUSER, M.; TANNHAUSER, S. L. Toxicologia do tolueno: aspectos relacionados ao abuso. *Revista Saúde Pública*, n. 2, São Paulo, 1994.

INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Rio de Janeiro, RJ). Guilherme Fábio de Melo. **Compósito ecológico constituído de concreto celular espumoso e resíduo de polímero plástico.** BR n. PI 0604113-2 A, 27 set. 2006, 13 maio 2008.

MEDEIROS, O. M. **Uso e destruição de resíduos plásticos termofixo.** Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – PPGCEM, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

ROCHA, J. C. JOHN, V. M. *Utilização de Resíduos na Construção Habitacional.* Coletânea Habitare. Vol 4. Porto Alegre, 2003.

Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Marcas e Patentes.** Disponível em: <http://www.inpi.gov.br>. Acesso em 31 de julho de 2008.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em 09 de junho de 2006.

Programa Ambiental: A última Arca de Noé. **Construção Civil.** Disponível em <http://www.aultimaarcadenoe.com>. Acesso em 09 de junho de 2006.