

III-108 - GERAÇÃO DE RESÍDUOS POLIMÉRICOS E DE RESÍDUOS DE MADEIRA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL E AS PERSPECTIVAS DE APROVEITAMENTO

Matheus Poletto⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade de Caxias do Sul – UCS/RS. Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais (UCS). Doutorando em Engenharia de Materiais (PPGE3M – UFRGS).

Vania Elisabete Schneider

Bióloga e Especialista em Educação Ambiental pela UCS. Mestre em Engenharia Civil (UNICAMP). Doutora Engenharia Civil – Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (UFRGS). Professora Pesquisadora no Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM/UCS).

Ademir José Zattera

Engenheiro Químico pela UCS. Mestre em Processos Químicos (UFSCar). Doutor em Engenharia de Materiais (UFRGS). Professor Pesquisador no Núcleo de Tecnologia e Processos de Materiais Poliméricos.

Ruth Marlene Campomanes Santana

Engenheira Química pela Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Mestre e Doutora em Engenharia Química pela UNICAMP. Pós-doutora pela UFSCar. Atualmente é professora adjunta no Departamento de Materiais da UFRGS e colaboradora em pesquisa na Universidade do Estado de Mato Grosso.

Endereço⁽¹⁾: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bloco V – Sala 205. Bairro Petrópolis – Caxias do Sul – CEP: 95070-560 – Brasil. Tel.: (54) 3218 2107 - Fax.: (54) 3218 2507 – e-mail: mpolett1@ucs.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo determinar a quantidade e tipo de cada um dos resíduos poliméricos presentes nos polímeros pós-consumo oriundos da coleta seletiva do município de Caxias do Sul. O trabalho avalia também a geração de resíduos de madeira da indústria moveleira e madeireira do município. Com base na geração tanto de resíduos poliméricos quanto de resíduos de madeira o trabalho apresenta perspectivas para aproveitamento destes resíduos. Os resultados demonstraram que a geração de resíduos poliméricos provenientes da coleta seletiva aumentou 200% no período compreendido entre 1991-2008. Os resíduos de PET, seguidos por PEAD, PEBD e PP são os gerados em maior quantidade. No entanto, os resíduos de PEAD, PEBD e PP perfazem um total de 12 ton/dia que já são suficientes para suprir uma usina de reciclagem de polímeros no município. Os resíduos de madeira são geralmente utilizados para produção de caixas, como combustível em fornos de olarias, servem como forração em aviários ou são descartados de forma indevida. Assim, tanto os resíduos de madeira quanto os resíduos poliméricos podem ser também utilizados para o desenvolvimento de compósitos ambientalmente amigáveis em detrimento a sua disposição em aterros. Contudo a correta segregação dos resíduos poliméricos e dos resíduos de madeira evitando sua contaminação com outros tipos de resíduos constitui elevada importância no desenvolvimento de compósitos poliméricos reforçados com pó de madeira.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de Madeira, Resíduos Poliméricos, Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Reciclagem, Compósitos.

INTRODUÇÃO

A produção em larga escala de bens de consumo e o anseio de, em curto prazo, ocasionar o crescimento econômico produzem impactos negativos ao ambiente. Estes impactos se manifestam de diversas maneiras, tais como, exploração de recursos naturais, poluição do ar, da água e do solo, desmatamento, entre outros. A minimização dos impactos ambientais associada à minimização de custos, recuperação de matérias-primas e energia, além da reciclagem de resíduos projetam um futuro em que os interesses da sociedade se associam no sentido de preservar a qualidade ambiental para as atuais e futuras gerações (RIZZON et al., 2007).

Assim, a reciclagem apresenta-se como uma alternativa em face ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. A reciclagem quando bem conduzida minimiza os efeitos das emissões de gases de efeito estufa e compostos que podem poluir os recursos hídricos, reduz o consumo de energia, abastece a indústria com matérias-primas

valiosas, gera emprego, estimula o desenvolvimento de tecnologias verdes, conserva os recursos naturais e reduz a necessidade de novos aterros aumentando a vida útil dos existentes (SCHNEIDER et al., 2005).

Os materiais poliméricos são utilizados em nosso cotidiano em uma série de aplicações que contemplam desde embalagens para alimentos até peças automotivas. Entretanto, ao final de sua vida útil os polímeros pós-consumo perfazem uma quantia considerável dos resíduos sólidos municipais (SCHNEIDER et al., 2005, AL-SALEM et al., 2009). Desta forma uma quantidade substancial de poliolefinas potencialmente recicláveis, especialmente aquelas provenientes de embalagens, deve ser diariamente coletada e enviada à reciclagem (SELKE e WICHMAN, 2004).

As indústrias moveleiras de Serra Gaúcha geram quantidades apreciáveis de resíduos de madeira. Conforme Hillig (2006) nas diversas etapas de processamento da madeira são gerados resíduos em diferentes proporções e com diferentes características. Segundo o autor a geração de resíduos de madeira esta fortemente vinculada do tipo de matéria-prima empregada e do grau de aproveitamento do processo produtivo.

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo determinar a quantidade e o tipo de cada um dos resíduos poliméricos presentes nos polímeros pós-consumo destinados à coleta seletiva no município de Caxias do Sul, além de avaliar a geração de resíduos de madeira da indústria moveleira e madeireira e as práticas empregadas para gerenciamento destes resíduos. Com base na determinação da quantidade de resíduos poliméricos e de resíduos de madeira gerados este trabalho objetiva também apresentar perspectivas de aproveitamento tanto dos resíduos poliméricos quanto dos resíduos de madeira.

METODOLOGIA

A caracterização física e a composição gravimétrica dos resíduos poliméricos do município de Caxias do Sul foram realizadas em 2008 durante as quatro estações do ano, com base em amostras da coleta seletiva oriunda de bairros que representam a população de classe A (alta), B (média), C (baixa) e contêineres instalados na área Central. A coleta dos resíduos foi realizada por um caminhão não compactador.

Os resíduos provenientes da coleta seletiva foram despejados dos caminhões em uma área junto ao aterro sanitário para a composição das amostras, as quais foram obtidas de cinco pontos distintos do monte original e distribuídas em quatro montes menores, compondo quatro tambores de 200L totalizando 800L de amostra. Obtidas as amostras, os diferentes tipos de resíduos recicláveis foram segregados e pesados conforme suas características físicas determinando-se a composição gravimétrica.

Primeiramente, os componentes foram segregados em diferentes categorias: matéria orgânica; plástico; papel; papelão; tetrapak; vidro; metal ferroso; metal não-ferroso; sanitários, dentre outras. Após, a amostra da categoria plásticos foi submetida à caracterização física. Os resíduos poliméricos foram agrupados em sete categorias, e identificados conforme codificação estabelecida pela NBR 13.230: (1) Poli(tereftalato de etileno) – PET; (2) Polietileno de alta densidade – PEAD; (3) Policloreto de vinila – PVC; (4) Polietileno de baixa densidade – PEBD; (5) Polipropileno – PP; (6) Poliestireno – PS; (7) outros (ABNT, 1994).

Para avaliar a geração de resíduos e as práticas de gerenciamento adotadas pelas indústrias madeireira e moveleira de Caxias do Sul foram realizadas pesquisas bibliográficas junto a levantamentos e diagnósticos anteriormente publicados (HILLIG et al., 2004; HILLIG et al., 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geração de resíduos poliméricos

A Tabela 1 apresenta a variação de geração média de resíduos poliméricos em Caxias do Sul ao longo dos últimos 20 anos, bem como o aumento da população residente no município. Conforme pode ser visto na Tabela 1, o aumento da população claramente acarretou no aumento da geração de resíduos poliméricos. No período compreendido entre os anos de 1991 e 2008 o aumento na geração de resíduos poliméricos foi superior a 200%. Este resultado indica que não só o aumento da população contribuiu para a maior geração de resíduos, mas também novos padrões de fabricação e consumo desencadearam este aumento.

Tabela 1: Variação da geração de resíduos poliméricos em Caxias do Sul

Ano	População	Geração média (%)
1991	290.925	8,9*
1996	323.488	6,6*
2000	360.419	13,2*
2002	370.790	17,3*
2008	402.163	27,7

*SCHNEIDER et al., 2003.

No município de Caxias do Sul segundo dados da Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul, CODECA (2011) são geradas diariamente 70 ton de resíduos recicláveis que são coletadas e destinadas às centrais de triagem para serem segregadas pelos catadores e posteriormente comercializadas. Considerando a geração média de resíduos recicláveis do ano de 2008 são descartadas diariamente cerca de 20 ton de resíduos poliméricos via coleta seletiva. A Tabela 2 apresenta a composição percentual de cada um dos diferentes tipos de polímeros presentes na massa de resíduos poliméricos.

Tabela 2: Composição dos resíduos poliméricos na coleta seletiva em Caxias do Sul no ano de 2008, valores em %

Estação	PET	PEAD	PEBD	PP	PS	PVC	Outros
Primavera	25,2	30,8	17,5	14,6	6,5	0,3	4,4
Verão	28,9	27,4	21,0	16,4	5,3	0,2	2,8
Outono	25,1	23,9	19,9	17,9	9,2	0,5	3,6
Inverno	30,0	24,7	19,7	15,0	7,3	0,5	2,2
Média anual	27,3	26,7	19,5	16,0	7,1	0,4	3,2

Com base na Tabela 2 é possível observar que a maior participação percentual na coleta seletiva corresponde ao PET, representando 27,3% do total de material polimérico pós-consumo ou 5,3 ton/dia. Contudo, a geração de resíduos de HDPE vem logo depois dos resíduos de PET seguida pelos resíduos de LDPE e PP, perfazendo 26,7%, 19,5% e 16%, respectivamente. A geração diária de resíduos de PEAD, PEBD e PP é da ordem de 5,2 ton, 3,8 ton e 3,1 ton, respectivamente, enquanto que a geração de resíduos de PS é da ordem de 1,4 ton/dia.

Geração de resíduos de madeira

As espécies de madeira mais utilizadas na região da Serra Gaúcha são o *Pinus spp.*, o *Eucalyptus spp.* e a *Araucaria angustifolia* com desdobro mensal de 2279, 1314 e 175 m³, respectivamente (Hillig et al., 2006). Observa-se que a araucária apresenta a menor quantidade de desdobro mensal, quando comparada as outras espécies. Isso deve-se a necessidade de licença do órgão ambiental competente para o corte da espécie nativa da região.

A Tabela 3 apresenta a quantidade de resíduos gerados tanto pelas empresas moveleiras quanto pelas empresas madeireiras visitadas no município de Caxias do Sul. A serragem é o tipo de resíduo gerado em maior quantidade, uma vez que sua geração ocorre em desde o abate da árvore até as etapas finais de transformação da madeira e móveis.

Tabela 3: Quantidade de resíduos de madeira gerados nas empresas visitadas (m³)

Setor	Empresas visitadas	Serragem	Maravalhas	Retalhos	Costaneiras	Outros
Moveleiro *	35	486	159	191	---	---
Madeireiro **	21	825	218	---	762	91
Total		1311	377	191	762	91

*HILLIG et al., 2004

**HILLIG et al., 2006

Perspectivas de aproveitamento

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2 os resíduos de PET são gerados em maior quantidade no município. Estes por sua vez são vendidos pelos catadores aos atravessadores que revendem o material para indústrias recicladoras situadas fora da cidade de Caxias do Sul.

Os resíduos de PEAD, PEBD e PP totalizam juntos em torno de 60% da massa de resíduos poliméricos gerados no município e constituem a parcela de maior interesse da indústria de material plástico local. Estes resíduos são atualmente vendidos aos atravessadores ou comercializados junto a empresas de reciclagem de Caxias do Sul e região. A quantidade gerada de resíduos de PEAD, PEBD e PP já seria suficiente para suprir plantas de reciclagem de médio a grande porte comercializando o material reciclado para as indústrias de transformação de polímeros existentes no município. Desta forma, a implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de PEAD, PEBD e PP já está sendo concretizada pela Prefeitura Municipal em parceria com as Associações de Recicladores existentes no município. O intuito é fazer com que os próprios catadores reciclem estes resíduos e vendam diretamente para as indústrias de material plástico situadas na região eliminando a presença do atravessador no sistema.

Apesar da geração de resíduos de PS ser pequena, cerca de 1,4 ton/dia, os resíduos de poliestireno expandido, conhecidos comercialmente pela marca Isopor®, que constituem uma parcela dos resíduos de PS, constituem uma problemática ambiental no município. Por não haver um mercado específico para reciclagem na região e também devido aos baixos valores pagos na venda destes resíduos algumas centrais de triagem consideram este material, de elevado volume e baixa densidade, como rejeito e o enviam para o aterro sanitário. No momento alguns empresários já vêm investindo em soluções locais para a reciclagem deste material evitando que o mesmo seja depositado em aterro sanitário.

Quanto aos resíduos de madeira a maior parte gerada é destinada aos aviários, como cama de forração. Outra parcela é utilizada para consumo energético nas próprias empresas onde os resíduos foram gerados ou em olarias. Entre outras destinações diversas estão incluídas as costaneiras para produção de caixarias e a serragem para adubação. Entretanto uma pequena parcela é simplesmente descartada em aterros, ou a céu aberto, não agregando nenhum valor ao resíduo.

A utilização dos resíduos de madeira e dos resíduos poliméricos provenientes da coleta seletiva no desenvolvimento de compósitos apresenta-se como uma possibilidade para aproveitamento de ambos os resíduos. No entanto, a correta segregação dos resíduos poliméricos evitando sua contaminação por outros materiais bem como o conhecimento das propriedades físicas e químicas das madeiras empregadas é de fundamental importância para a obtenção de materiais compósitos com propriedades desejáveis para aplicações específicas. Os compósitos com polímeros termoplásticos reciclados reforçados por pó de madeira constituem uma alternativa viável ao uso de fibras sintéticas tanto sob o ponto de vista econômico quanto ambiental. Os resíduos de madeira são biodegradáveis, renováveis, apresentam baixo custo, baixa densidade, não são abrasivos aos equipamentos de processamento além de não serem nocivos a saúde como as fibras de vidro.

CONCLUSÃO

A geração de resíduos poliméricos no município de Caxias do Sul vem crescendo anualmente e aumentou cerca de 200% nos últimos 20 anos provavelmente influenciada pelo aumento da população residente no município e também devido à mudança nos padrões de consumo da população.

Diariamente em Caxias do Sul são geradas aproximadamente 20 ton de resíduos plásticos. Os dados mostraram que dentre os polímeros pós-consumo os resíduos de PET são maioria, seguidos pelos resíduos de PEAD, PEBD, PP. A geração de resíduos de PET é de 5,3 ton/dia, enquanto que os resíduos de PEAD, PEBD e PP perfazem 60% da geração diária, ou seja, aproximadamente 12 ton/dia.

Os resíduos de madeira na sua maioria são constituídos por serragem que pode ser utilizada juntamente com os resíduos poliméricos no desenvolvimento de compósitos ambientalmente amigáveis. Desta forma, agregando maior valor tanto aos resíduos de madeira quanto aos resíduos poliméricos evitando assim a utilização de polímeros virgens oriundos de fontes não renováveis como o petróleo e também fibras sintéticas que não são biodegradáveis como as fibras de vidro.

Contudo o gerenciamento adequado dos resíduos de serragem aliado ao conhecimento das propriedades físicas e químicas das madeiras utilizadas, bem como a correta segregação dos resíduos poliméricos evitando sua contaminação com outros tipos de resíduos, constitui elevada importância no desenvolvimento de compósitos poliméricos reforçados com pó de madeira. A geração destas duas categorias de resíduos no município e sua potencialidade para serem utilizados na produção de compósitos à base dos mesmos, dá indicativos da importância da implementação de políticas de gerenciamento que estimulem a correta segregação destes alertando para potencial de recuperação de matérias-primas e energia agregadas a estes resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL-SALEM, S.M.; LETTIERI, P.; BAEYENS, J. Recycling and recovery of plastic waste (PSW): a review. *Waste Management*, v.29, p. 2625-2643, 2009.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13.230 – Simbologia indicativa de reciclabilidade e identificação de materiais plásticos, 1994.
3. COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE CAXIAS DO SUL (CODECA). *Coletas*. Caxias do Sul, 2011. Disponível em: < <http://www.codeca.com.br/coletas.php>>. Acesso em: 16 abril 2011.
4. HILLIG, É.; SCHNEIDER, V.E.; WEBER, C.; TECCHIO, R.D. Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento. XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2006. Anais. Fortaleza CE, 2006.
5. HILLIG, É.; SCHNEIDER, V.E.; PAVONI, E.T. Pólo moveleiro da Serra Gaúcha: geração de resíduos e perspectivas para sistemas de gerenciamento ambiental. Caxias do Sul: Educs, 2004.
6. RIZZON, M.R.; SCHNEIDER, V.E.; NEHME, M.C. Aplicação do ecodesign como ferramenta de produção mais limpa em uma indústria moveleira. XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2007. Anais. Belo Horizonte MG, 2007.
7. SCHNEIDER, V.E.; PANAROTTO, C.T.; PERESIN, D.; MARCON, F.; BERTHOLDO, D.T.; NUNES, J.; CORRÊA, L.B. Evolução da geração dos resíduos sólidos urbanos de Caxias do Sul – Análise Preliminar. XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2003. Anais. Joinville SC, 2003.
8. SCHNEIDER, V.E.; PERESIN, D.; POLETTO, M.; DE CONTO, S.M.; CAGLIARI, J. Destinação de resíduos a coleta regular – uma análise no município de Caxias do Sul. XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2009. Anais. Recife PE, 2009.
9. SELKE, S.E.; WICHMAN, I. Wood fiber/polyolefin composites, *Composites Part A*, v.35, p.321-326, 2004.