RESÍDUOS POLIMÉRICOS E RESÍDUOS DE MADEIRA - GERAÇÃO, DESTINAÇÃO E ALTERNATIVAS DE RECICLAGEM EM CAXIAS DO SUL

Wood and plastics wastes – Generation, destination and alternatives for recycling in Caxias do Sul

Matheus Poletto [1]
Vania Elisabete Schneider [2]
Ademir José Zattera[3]
Ruth Marlene Campomanes Santana[4]

Dirección de contacto: [4]Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil - CEP: 91501-970, Fone: (51) 33089419, Fax: (51) 33089414. e-mail: ruth.santana@ufrgs.br

Abstract
This study aims to determine the amount and type of each polymeric waste present in post-consumer polymers derived from selective collection from Caxias do Sul. The work also evaluates the generation of waste wood from the timber and furniture industry municipality. Based on the generation of both polymeric and wood wastes the study presents prospects for utilization of these wastes. The results demonstrated that the generation of polymeric waste from selective collection increased by 200% in the period 1991-2008. The PET post-consumer, followed by HDPE, LDPE and PP are generated in greater amounts. However, the generation of HDPE, LDPE and PP wastes is about 12 tons/day which is enough to operate a recycling plant for polymer wastes in the city. The wood waste is usually used as bedding in cages or is discarded improperly. Thus, both polymers and wood wastes may also be used for the development of environmentally friendly composite detriment to their disposal in landfills. However, the correct segregation of post-consumer polymers and wood waste avoiding its contamination with other types of waste is highly important in the development of polymer composites reinforced with wood flour.

KeyWords: Plastic wastes, Wood wastes, Solid waste management, Recycling, Composites.

[1] Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalurgia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - PPG3M/UFRGS
[2] Universidade de Caxias do Sul (UCS) – Instituto de Saneamento Ambiental - ISAM/UCS
[3] Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias da UCS - PGEPROTEC/UCS
[4] PPGE3M/UFRGS - Engenheira Química (UNMSM-Lima-Perú). Realizou Mestrado e Doutorado em Engenharia Química na UNICAMP-SP (1993-1999). Pós-doutorado na UFSCar-SP (1999-2004). Docente na UNISC-RS (2007-2008). Atualmente docente do Departamento de Materiais, UFRGS. Participação em várias publicações de periódicos e eventos nacionais e internacionais. e-mail: ruth.santana@ufrgs.br.

RESÍDUOS POLIMÉRICOS E RESÍDUOS DE MADEIRA – GERAÇÃO, DESTINAÇÃO E ALTERNATIVAS DE RECICLAGEM EM CAXIAS DO SUL

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 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 poliméricos, Resíduos de Madeira, Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Reciclagem, Compósitos.

Introdução

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos vem se tornando um problema cada vez maior para diversas cidades, especialmente devido ao rápido crescimento da população, urbanização acelerada, industrialização e desenvolvimento econômico dos grandes centros (Damghani *et al.*, 2008). Assim, quantidades crescentes de resíduos devem receber destinação adequada diariamente e constituem um desafio para as administrações públicas municipais. As políticas públicas atualmente adotadas são voltadas para a reciclagem dos resíduos potencialmente recicláveis.

Os materiais poliméricos são utilizados no 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 (Al-Salem *et al.*, 2009).

As indústrias de transformação da madeira geram quantidades apreciáveis de resíduos de madeira. Conforme estudo realizado por Hillig *et al.* (2006) nas diversas etapas de processamento da madeira são gerados resíduos em diferentes proporções e com diferentes características.

O município de Caxias do Sul localizado na encosta superior do nordeste do Rio Grande do Sul/Brasil, possui 1.588,4 km² de extensão e uma população superior a 400.000 habitantes. É um município com alto nível de consumo, o que significa que gera uma quantidade considerável de resíduos domiciliares, estimado em 450 toneladas diariamente, sendo cerca de 360 toneladas de resíduos orgânicos domésticos e 90 toneladas de resíduo reciclável. A cidade de Caxias do Sul recicla aproximadamente 15% do resíduo que recolhe, quase o dobro da média nacional, que é de 8% (Codeca, 2012).

Em face 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 e destinação dos resíduos de madeira das indústrias madeireira e moveleira do município. 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.

Materiais e Métodos

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 e a destinação dos resíduos de madeira 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 Figura 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 Figura 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.

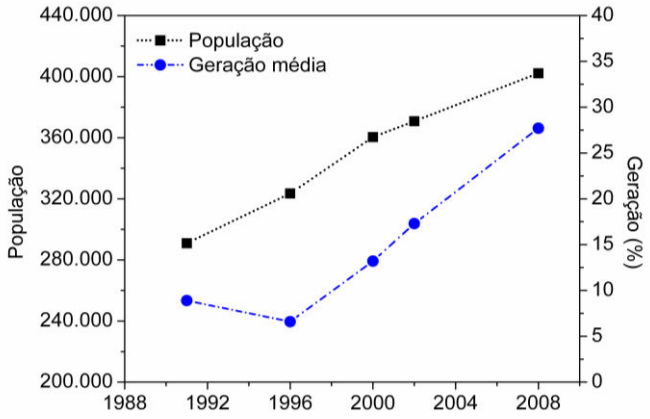

Figura 1: Variação da população e da geração de resíduos poliméricos em Caxias do Sul (1991-2008).

A consolidação e o incremento do volume de resíduos poliméricos presentes nos resíduos sólidos urbanos, grande parte como embalagens pós-consumo, representa um desafio constante sob o ponto de vista de sua reciclagem para as administrações públicas municipais. Desta forma, exigem uma abordagem integrada entre o processo de coleta,

transporte, segregação e posterior reciclagem por diversos setores da indústria bem como também por catadores organizados em centrais de triagem e reciclagem. Assim, estes resíduos de alto valor agregado podem gerar uma cadeia produtiva de reciclagem contribuindo para a redução do volume de poliolefinas destinadas aos aterros sanitários, aumentando o seu tempo de vida útil, como também contribuindo para a geração de emprego e renda.

No município de Caxias do Sul segundo dados da Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul, Codeca (2012) são geradas diariamente 90 ton de resíduos recicláveis que são coletadas e destinadas as 12 centrais de triagem existentes no município para serem segregadas pelos catadores e posteriormente comercializadas. Considerando a geração média de resíduos recicláveis do ano de 2008, ano este da última caracterização dos resíduos sólidos urbanos realizada no município, são descartadas diariamente cerca de 25 ton de resíduos poliméricos via coleta seletiva.

A Figura 2 apresenta a composição percentual de cada um dos principais tipos de polímeros presentes na massa de resíduos poliméricos em função das estações do ano para a caracterização realizada em 2008.

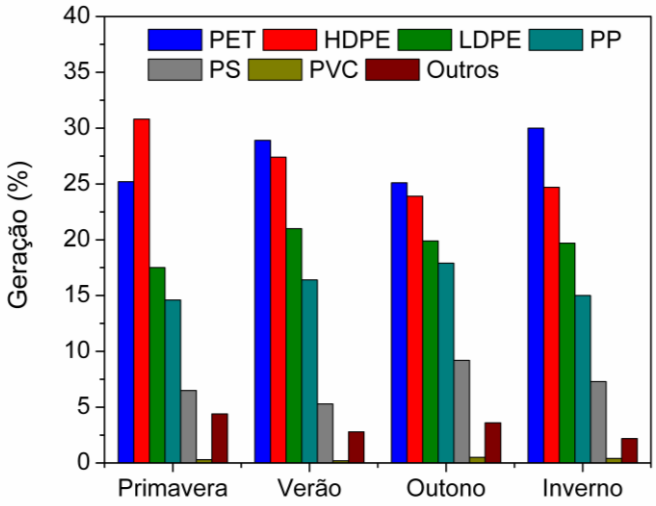

Figura 2: Composição média mássica dos resíduos poliméricos na coleta seletiva em Caxias do Sul em 2008.

Com base na Figura 2 é possível observar que a maior participação percentual mássica na coleta seletiva corresponde ao PET, representando em média 27,3% do total de material polimérico pós-consumo (6,8 ton/dia). Contudo, a geração de resíduos de PEAD 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 6,7 ton, 4,9 ton e 4,0 ton, respectivamente, enquanto que a geração de resíduos de PS é da ordem de 1,8 ton/dia.

Geração de resíduos de madeira

A Tabela 1 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 1: Quantidade de resíduos de madeira gerados nas empresas visitadas (m^3)

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

A Figura 3 mostra a destinação dos resíduos de madeira na Região da Serra Gaúcha (Schneider *et al.*, 2004), região a qual o município de Caxias do Sul está inserido. Verifica-se que do total gerado 42,15% dos resíduos são reaproveitados na própria empresa, uma vez que este reaproveitamento ocorre para a geração de energia em 100% dos casos. Uma parcela expressiva dos resíduos é vendida para aviários, representando 42,45% do total, entretanto muitas empresas desconhecem para qual finalidade são utilizados. Uma pequena parte, 0,39% do total, é simplesmente descartada em aterros, não agregando valor nenhum ao resíduo.

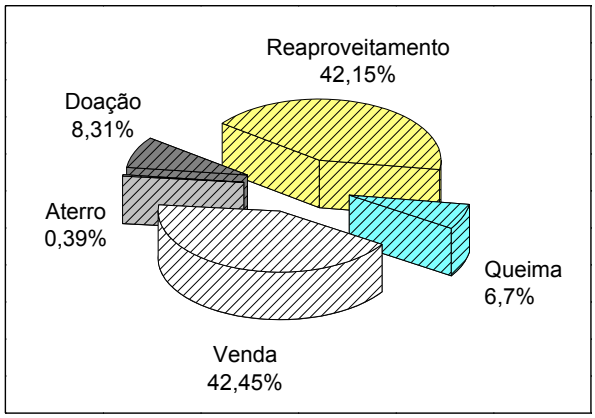

Figura 3: Destinação dos resíduos de madeira da Serra Gaúcha.

Alternativas de reciclagem

Os resíduos de PEAD, PEBD e PP totalizam juntos em torno de 60% da massa de resíduos poliméricos gerados no município. 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 operadas por catadores organizados em associações que podem comercializar o material reciclado para as indústrias de transformação de polímeros existentes no município.

O município de Caxias do Sul é reconhecido como um do grande polo metal-mecânico situado na Região Sul do Brasil. Diversas empresas ligadas ao setor automotivo estão situadas no município e podem utilizar polímeros reciclados no desenvolvimento de peças automotivas. Estima-se que o preço do polímero reciclado seja 40% inferior ao do material virgem (Fernandes e Domingues, 2007). Portanto, a substituição do polímero virgem pelo material reciclado traz benefícios de redução de custos, redução da emissão de gases que provocam o efeito estufa, além de proporcionar a geração de emprego e renda para os catadores organizados nas Centrais de Triagem existentes no município.

Os elevados níveis de geração de resíduos de madeira também indicam que ações devem ser tomadas. Deve-se considerar a possibilidade de recuperação, reutilização ou reciclagem dos resíduos de madeira, os quais podem constituir matéria-prima para o desenvolvimento de compósitos a serem utilizados pela própria indústria moveleira ou pelas indústrias automotivas buscando potencializar ainda mais a utilização de um resíduo tão nobre.

A utilização dos resíduos de madeira e dos resíduos poliméricos 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.

Conclusões

Diariamente em Caxias do Sul são geradas aproximadamente 25 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 6,8 ton/dia, enquanto que os resíduos de PEAD, PEBD e PP perfazem 60% da geração diária, ou seja, aproximadamente 15,6 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.

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. Assim, não só as políticas ambientais serão atingidas, mas também políticas e ações sociais e econômicas agregarão maior renda aos catadores fortalecendo assim o tripé do desenvolvimento sustentável no município.

Referencias Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13.230 – Simbologia indicativa de reciclabilidade e identificação de materiais plásticos, 1994.

Al-Salem S.M., Lettieri P., Baeyens J. (2009) Recycling and recovery of plastic waste (PSW): a review. *Waste Management*, **29**, 2625-2643.

Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul (CODECA) *Coletas*. Caxias do Sul, 2012. Disponível em: < http://www.codeca.com.br/coletas.php>. Acesso em: 07 janeiro 2013.

Damghani A.M., Savarypour G., Zand E., Deihimfard R. (2008) Municipal solid waste management in Tehran: current practices, opportunities and challenges. *Waste Management*, **28**, 929-934.

Fernandes B.L., Domingues A.J. (2207) Caracterização mecânica de polipropileno reciclado para a indústria automotiva. *Polímeros*, **17**, 85-87.

Hillig É., Schneider V.E., Pavoni E.T. (2004) Pólo moveleiro da Serra Gaúcha: geração de resíduos e perspectivas para sistemas de gerenciamento ambiental. Educs, Caxias do Sul.

Hillig É., Schneider V.E., Weber C., Tecchio R.D. (2006) Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento. *XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Anais. Fortaleza, Brasil.

Schneider V.E., Hillig É., Bertoto Filho L.A., Rizzon M.R. (2004) Geração de resíduos de madeira e derivados no pólo moveleiro da Serra Gaúcha – diagnóstico e indicativos para o gerenciamento ambiental na indústria moveleira. *11° Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio Grande do Norte, Brasil.