GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS PÓS-CONSUMO: PERSPECTIVAS PARA A RECICLAGEM NO BRASIL

Maria Clara Brandt Ribeiro de Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento Energético.

Orientador: Alessandra Magrini

Rio de Janeiro

Março de 2012

GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS PÓS-CONSUMO: PERSPECTIVAS PARA A RECICLAGEM NO BRASIL

Maria Clara Brandt Ribeiro de Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

Prof. Alessandra Magrini, D.Sc.

Prof. Marco Aurélio dos Santos, D.Sc.

Prof. José Carlos Costa da Silva Pinto, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL MARÇO
DE 2012

1. **Introdução**

Desde 1600 antes de Cristo, os humanos vêm se beneficiando do uso de polímeros, utilizando a borracha natural para fazer bolas e outros objetos (HOSLER *et al.*,1999). Nos anos seguintes, o homem continuou a usar o plástico e a borracha de forma cada vez mais intensiva, primeiro experimentando com polímeros naturais, cera, borrachas naturais e resinas, até o século dezenove, quando o desenvolvimento dos termoplásticos modernos se iniciou.

Em 1839, Charles Goodyear inventou a borracha vulcanizada, e um boticário alemão descobriu o poliestireno. Os trabalhos com polímeros naturais e sintéticos continuaram durante o século dezenove e foram desenvolvidos materiais tais como o PVC (cloreto de polivinila), que possui diversas aplicações, e a viscose, utilizada na fabricação de roupas. A expansão do desenvolvimento dos plásticos modernos se deu efetivamente nos primeiros cinquenta anos do século vinte, com pelo menos quinze novos tipos de polímeros tendo sido sintetizados nesse período (ANDRADY e NEAL, 2009).

A indústria dos plásticos está em desenvolvimento constante, com o surgimento de tecnologias para atender às novas demandas que surgem a cada dia, e não é surpresa que a produção mundial de plástico tenha chegado aos 265 milhões de toneladas em 2010. Os plásticos são materiais produzidos a partir do petróleo, matéria-prima bastante explorada no mundo, baratos, duráveis e versáteis, o que facilita o desenvolvimento de produtos e beneficia a sociedade em diversas maneiras. Os plásticos podem, inclusive, diminuir o consumo energético e as emissões de gases de efeito estufa em diversas circunstâncias em comparação com as alternativas do mercado, ou fazerem isso independentemente da concorrência, como no caso de isolamentos térmicos e aplicações em sistemas de geração de energia solar e fotovoltaica (PLASTICS EUROPE, 2011).

Apesar dos diversos benefícios que o plástico traz para a sociedade, os seus resíduos são prejudiciais. O grande volume dos materiais plásticos, a enorme quantidade de descarte pós-consumo e os impactos ambientais causados pela disposição incorreta dos resíduos, que não são biodegradáveis, são apenas alguns dos problemas a serem citados. Além disso, os plásticos podem causar danos à saúde dos seres humanos e dos animais, principalmente por causa dos aditivos e químicos utilizados na sua fabricação. Instrumentos regulatórios destinados a mitigar os efeitos dos plásticos na saúde humana e ambiental precisam seguir seu ciclo, desde a produção, o uso e o descarte.

Em 2010, entrou em vigor no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei 12.305, que trata, entre outros, dos resíduos plásticos. A Lei estabelece estratégias para o desenvolvimento sustentável e impõe o sistema de logística reversa, além de tratar do ciclo de vida dos produtos e incentivar o reuso e a reciclagem de materiais, desincentivando a disposição em aterros sempre que haja outra destinação mais favorável ao meio ambiente e à economia de recursos. Países desenvolvidos, como os Estados Unidos e os membros da União Europeia, já estão muito à frente nessas legislações, e buscam formas de tratamento dos seus resíduos cada vez menos impactantes.

O gerenciamento de resíduos plásticos é um ponto crescentemente discutido pelos governos, e o desenvolvimento de alternativas para o reaproveitamento desses materiais é cada vez mais necessário.

Diversos trabalhos apontam que, depois do reuso, a forma mais ambientalmente correta de reaproveitamento dos plásticos é a reciclagem. Existem vários tipos de reciclagem, porém a mais utilizada no mundo é a mecânica.

O objetivo desta tese consiste em propor melhorias de gestão na fase de pósconsumo da cadeia de plásticos no Brasil, abordando, em particular, a reciclagem mecânica. Para tanto, pretende-se analisar o atual quadro do mercado de plásticos no Brasil e no mundo, bem como os procedimentos de gestão e mecanismos legais relacionados aos seus resíduos, visando, assim, identificar as melhores práticas e tendências.

Além da analise do panorama brasileiro, um país e um bloco econômico foram selecionados para as análises internacionais, Estados Unidos (EUA) e União Europeia (UE). Ambas as escolhas basearam-se no desenvolvimento econômico e social avançados deste país e deste bloco econômico, por serem influentes e possuírem mecanismos desenvolvidos de gestão de resíduos. Além disso, a UE representou historicamente, o maior produtor mundial de plásticos, enquanto os EUA constituem o maior consumidor mundial destes polímeros.

Os objetivos puderam ser desenvolvidos a partir de ampla revisão bibliográfica sobre o tema, utilizando livros, internet e artigos científicos.

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, como se segue:

Após a presente introdução, o capítulo 2 traça um panorama do mercado de plásticos, incluindo sua cadeia produtiva, aplicações e o mercado nacional e internacional.

São apresentados dados de produção, demanda, exportação e importação de plásticos, além do número de empresas e de trabalhadores envolvidos.

No capítulo três é feita a descrição dos resíduos sólidos e resíduos plásticos e formas de disposição e tratamento, incluindo redução, reuso, disposição em aterros, incineração e reciclagem. São ainda apresentados os diferentes métodos de reciclagem.

No quarto capítulo são descritas as legislações internacionais, para a União Europeia e os Estados Unidos, relacionadas ao tema da reciclagem de plásticos, os fatores indutores e as ações realizadas. Além disso, o capítulo expõe os resultados obtidos por tais medidas a partir da apresentação dos dados de reciclagem da UE e dos EUA.

O capítulo 5 é dedicado a apresentar um panorama Brasileiro sobre gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e a reciclagem de resíduos plásticos. Nesse são levantadas e discutidas as ferramentas legais e administrativas que regulam a gestão de resíduos sólidos, enfocando os plásticos e a reciclagem. Também são apresentados os dados de reciclagem de plásticos no Brasil e um estudo do IPEA sobre benefícios econômicos a partir da prática da reciclagem.

O capítulo 6 discorre sobre vantagens, desvantagens e perspectivas da reciclagem, e o sétimo e último capítulo apresenta as conclusões e proposições para a reciclagem no Brasil.

2. Os plásticos: cadeia produtiva, aplicações e mercado

Nas últimas décadas, os plásticos revolucionaram as nossas vidas (THOMPSON *et al.,* 2009). Na primeira página do livro "*Plastics*", YARSLEY e COUZENS (1945) *apud* THOMPSON *et al.,* (2009) afirmam que "as possíveis aplicações (dos plásticos) são praticamente inexauríveis". Isso é uma realidade hoje em dia, pois os plásticos estão presentes em praticamente todos os setores da sociedade, incluindo roupas, artigos esportivos, edificações, automóveis, aviões, aplicações médicas, entre muitos outros. A diversidade e a versatilidade dos polímeros facilita a produção de uma enorme variedade de produtos que proporcionam avanços tecnológicos, economia de energia e diversos outros benefícios para a sociedade (ANDRADY e NEAL, 2009).

2.1. A cadeia produtiva dos plásticos

A principal matéria-prima para a fabricação dos plásticos é o petróleo, porém somente 4% da produção mundial de petróleo e gás é usada como matéria-prima para a produção de plásticos, e outros 3 a 4% são usados como energia no processo (HOPEWELL, DVORAK E KOSIOR, 2009, THOMPSON *et al*., 2009).

A cadeia produtiva dos plásticos inicia-se com o uso da nafta, obtida pelo processo de refino do petróleo ou do gás natural, utilizada como matérias- primas para a obtenção de eteno, benzeno, propeno e isopropeno, tolueno, orto/para-xileno, xileno misto, buteno, butadieno e outros petroquímicos básicos. A primeira geração petroquímica é a responsável pela obtenção destas cadeias básicas de hidrocarbonetos, e tal conversão é realizada nas centrais de matérias-primas dos polos petroquímicos. A produção de resinas a partir dos produtos petroquímicos básicos constitui a segunda geração petroquímica. As resinas produzidas são então processadas para a geração de variados produtos nas indústrias de transformação plástica, ou seja, nas empresas da terceira geração petroquímica (SIQUIM/EQ/UFRJ, 2003).

As primeiras duas gerações petroquímicas representam fabricantes de produtos padronizados e com especificações bem definidas, chamados de *commodities*. Por isso, são indústrias que dependem de níveis operacionais elevados, com pouca flexibilidade nos seus processos, demandando grandes quantidades de capital.

As indústrias da terceira geração são intensivas em mão-de-obra, e são as que produzem uma quantidade de produtos maior e mais diversificada. Assim, seus processos

de produção são mais flexíveis, mas a escala de produção é menor do que nas duas gerações anteriores.

Após a produção das resinas, estas devem receber aditivos e plastificantes, tais como pigmentos, corantes, retardantes de chama, antioxidantes, etc., para cumprirem as funções para as quais foram fabricadas, resistirem aos processos de transformação e tornarem-se produtos duradouros. (SIQUIM/EQ/UFRJ, 2003).

Vários são os métodos utilizados na fabricação de produtos plásticos, mas os quatro principais são: extrusão, injeção, sopro e rotação. Cada um desses processos é utilizado de acordo com o que será produzido e a descrição detalhada, que foge ao escopo do presente trabalho, encontra-se no site da *American Chemistry Council* (AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL, 2011). O processo de produção dos plásticos é esquematizado na Figura 1.

Os polímeros plásticos podem ser classificados em dois grandes grupos distintos pelo comportamento térmico durante o processamento: os termoplásticos e os termofixos. Os termoplásticos são moldáveis, pois amolecem quando aquecidos. Esse processo pode ser repetido inúmeras vezes e a degradação do polímero será mínima. Já os termofixos, não são facilmente moldáveis por aquecimento. Durante o processamento, esses polímeros são moldáveis, mas tornam-se rígidos ao final do processo e resistentes ao aumento de temperatura. Assim, os plásticos termofixos são, normalmente, mais rígidos que os termoplásticos (PARENTE, 2006).

Os principais tipos de polímeros termoplásticos são: acrílicos, celulósicos, etil vinil acetato (EVA), polietileno tereftálico (PET), poliamidas (*nylons*), polietileno (PE), poliestireno (PS), cloreto de polivinila (PVC), policarbonato e polipropileno (PP) (PARENTE, 2006). Desses, os que têm maior volume de produção e preço relativamente baixo são: PET, PVC, PE (alta e baixa densidade), PS e PP (ANDRADY e NEAL, 2009).

Os principais tipos de polímeros termofixos são: aminoplásticos, epóxis, fenólicos (fenol formaldeído), poliésteres e silicones (PARENTE, 2006).

Esses diferentes polímeros, conforme citado anteriormente, destinam-se a uma grande gama de aplicações e suas características são bastante distintas. A Tabela 1, apresentada Anexo 1, reporta os principais polímeros/resinas e suas aplicações.