

A RECICLAGEM DE VIDRO, PET E A POLÍTICA DOS 3 R'S
COMO CONTEXTO PARA ENSINO DE CONCEITOS
QUÍMICOS

MARCELO ARÊAS MAGALHÃES

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
JUNHO DE 2009

A RECICLAGEM DE VIDRO, PET E A POLÍTICA DOS 3 R'S COMO CONTEXTO PARA ENSINO DE CONCEITOS QUÍMICOS

MARCELO ARÊAS MAGALHÃES

Monografia apresentada ao Centro de
Ciência e Tecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense, como parte
das exigências para obtenção do título de
Licenciado em Química.

Orientador: prof. Dr. Walter Ruggeri Waldman

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
JUNHO DE 2009**

A RECICLAGEM DE VIDRO, PET E A POLÍTICA DOS 3 R'S COMO CONTEXTO PARA ENSINO DE CONCEITOS QUÍMICOS

MARCELO ARÊAS MAGALHÃES

Monografia apresentada ao Centro de
Ciência e Tecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense, como parte
das exigências para obtenção do título de
Licenciado em Química.

Aprovado em 29 de junho de 2009
Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Rosana Giacomini

Prof. Dr. Luis Passoni

Prof. Dr. Walter Ruggeri Waldman
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A DEUS – Pela presença marcante em todos os momentos da minha vida.

Ao Professor Walter – Pelos questionamentos e orientação na realização deste trabalho.

Ao amigo e Professor Cristiano Maciel – Pela oportunidade de estagiar na escola onde exerce o magistério e, sobretudo pela confiança de ceder a sua turma para aplicação das atividades propostas no terceiro capítulo da presente monografia.

A Aline Quintanilha – Minha noiva que muito me auxiliou na elaboração do trabalho, e principalmente pela paciência e companheirismo durante todo o tempo dedicado, sempre me incentivando a progredir.

A Minha Família – Pelo apoio em todas as fases da minha vida.

“Alguns receberam o dom e o privilégio de educar, outros a oportunidade de serem educados, mas somente juntos poderemos garantir às gerações futuras o acesso e o usufruto de um Planeta Sadio.”

(Autor Desconhecido)

MAGALHÃES, Marcelo Arêas. *A Reciclagem de Vidro, PET e a Política dos 3 R's como Contexto para Ensino de Conceitos Químicos*. Campos dos Goytacazes – RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2009.

RESUMO

O volume de resíduos sólidos urbanos (RSU) vem aumentando de forma expressiva nos últimos anos, pois o consumo de produtos industrializados gerou a proliferação desordenada de embalagens descartáveis. Diante desta realidade, foram criadas alternativas que visam minimizar este problema, como por exemplo, o programa 3 R's, que consiste em: Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Quanto a este último "R", destacam-se os componentes: Vidro e Politereftalato de Etileno (PET), pelos aspectos: tempo de degradação e potencial de reciclabilidade. No entanto, o conceito dos 3 R's não foi percebido ainda por todos os setores da sociedade como sendo parte da solução para o problema dos RSU. Na tentativa de mudar tal realidade, é necessário que haja uma ampla divulgação desse conceito. Primeiramente, no âmbito escolar aliado ao ensino de química, para então, esses alunos tornarem-se multiplicadores de tais informações para o restante da população, principalmente pelo fato de ser a sociedade, na figura dos consumidores, a principal geradora de RSU e fornecedora de matéria-prima para a reciclagem. Portanto, se houver a conscientização de todos, quanto à importância da mudança de conduta, certamente o volume de RSU diminuirá drasticamente.

Palavras-Chave: RSU, Programa 3 R's, Reciclagem de vidro e PET

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Salamandra com Malacacheta Avariada.

Figura 2 – Reação de Polimerização do Polietileno

Figura 3 – Reação de Polimerização do Polietileno Tereftalato

Figura 4 – Destino dos RSU no Brasil

Figura 5 – Distribuição da Composição Média de RSU no Brasil

Figura 6 – Distribuição da Composição Média de RSU no Rio de Janeiro

Figura 7 – Variação Histórica da Matéria, Papel – Papelão e Plástico

Figura 8 – Variação Histórica do Vidro e Metal Total

Figura 9 – Variação do Percentual de Vidro Reciclado no Brasil

Figura 10 – Índices de Reciclagem de PET no Mundo

Figura 11 – Variação do Percentual de PET Reciclado no Brasil

Figura 12 – Aplicação da Dinâmica “Jogue o lixo no lixo”.

Figura 13 – Demonstração da Técnica de Separação por Imantação

Figura 14 – Demonstração da Separação por Densidade

Figura 15 – Aplicação da Dinâmica: Redução de Volume

Figura 16 – Demonstração da Execução da Dinâmica da Redução

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição Química de Diversos Tipos de Vidro

Tabela 2 – Morfologia e Características das Diferentes Categorias de PET

Tabela 3 – Separação dos Materiais Recicláveis dos Não-Recicláveis

Tabela 4 – Componentes dos RSU do Município do Rio de Janeiro (% em peso)

Tabela 5 – Tempo de Degradação dos Principais Materiais Recicláveis

Tabela 6 – Economias Geradas com a Utilização de Recicláveis

Tabela 7 – Semelhança entre a Composição da Crosta Terrestre e do Vidro

Tabela 8 – Lista de Materiais Utilizados na Dinâmica e Pontuação

Tabela 9 – Escala de Resultados

Tabela 10 – Destaque Hierárquico das Palavras com Carga Negativa

Tabela 11 – Destaque Hierárquico das Palavras com Carga Positiva

Tabela 12 – Palavras Indiferentes aos Aspectos Positivos e Negativos

Tabela 13 – Destaque Hierárquico das Palavras Positivas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 1 – O REAPROVEITAMENTO DAS EMBALAGENS DE VIDRO E DO POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET) PARA A REDUÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	11
1.1 – VIDRO	12
1.2 – POLÍMEROS	16
1.3 – RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - RSU.....	21
1.4–REDUÇÃO REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM – 3R’S	23
1.4.1 – Aspectos Gerais Quanto a Reciclagem de Vidro.....	24
1.4.2 – Aspectos Gerais quanto a Reciclagem de PET	26
CAPÍTULO 2 – ANÁLISE SOBRE A COMPOSIÇÃO DO RSU NACIONAL E DO RIO DE JANEIRO – RJ E A RECICLAGEM DE VIDRO E PET NO BRASIL	29
2.1 – COMPOSIÇÃO MÉDIA DO RSU DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO....	31
2.2 – POTENCIAL DOS RESÍDUOS PARA RECICLAGEM.....	36
2.3 – ANÁLISE DA RECICLAGEM DO VIDRO NO BRASIL	38
2.4 – ANÁLISE DA RECICLAGEM DO PET NO BRASIL.....	39
CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DIDÁTICAS COMO INCENTIVO Á MINIMIZAÇÃO DE DESCARTES (USO CONSCIENTE DE EMBALAGENS)	43
3.1 – ATIVIDADES APLICADAS EM SALA DE AULA.....	45
3.1.1 – Indagação acerca do Significado da Palavra Lixo	45
3.1.2 – Dinâmica 1 - “Jogue o Lixo no Lixo”.....	45
3.1.3 – Exposição Conceitual dos 3R’s	49
3.1.4 – Demonstração de Técnicas de Separação	49
3.1.5 – Dinâmica 2 - Redução de Volume	51
3.1.6 – Finalização da Atividade	53
3.2 – RESULTADOS DAS ATIVIDADES	54
CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS	60

INTRODUÇÃO

O consumo desmedido de produtos industrializados gerou um aumento no volume de resíduos sólidos urbanos (RSU), pois, à medida que novos bens são lançados no mercado, cresce proporcionalmente o número de descartes. Mesmo porque, subentende-se que todos os produtos são embalados por algum tipo de material, e este é desenvolvido com a finalidade de conservação do bem a ser consumido. Para atender tal função as embalagens via de regra, possuem arranjos químicos de difícil degradação pelo meio ambiente como, por exemplo, o vidro e o politereftalato de etileno (PET), comprometendo, assim, a vida útil dos aterros.

Visando minimizar tal problema foi criada a política dos 3 R's, que consiste em Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Porém, para tal política obter êxito é necessário a participação de todos os setores da sociedade. Para que isso efetivamente ocorra, deve ser implementada uma verdadeira mudança de conduta, sendo necessário primeiramente que, cada cidadão se conscientize em não mais vincular o lixo somente a algo que não presta, para então passar a associá-lo a um bem passível de ser reaproveitado.

O primeiro capítulo tem a finalidade de fundamentar teoricamente os pontos principais abordados em todo o trabalho: Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), 3 R's (Redução, Reutilização e Reciclagem), Vidro, Politereftalato de Etileno (PET), e os aspectos gerais da reciclagem desses dois últimos materiais. Visa também complementar a formação do autor da monografia para embasar cientificamente as atividades didáticas, uma vez que o curso de licenciatura em química apenas tangencia a química de materiais.

O segundo capítulo refere-se à análise de dados, bem como à composição média do RSU nacional e do município do Rio de Janeiro – RJ e reciclagem de vidro e PET no Brasil, para então identificar determinados problemas que podem ser superados através da conscientização ambiental e mudança de atitude de todos os setores da sociedade.

Por fim, o terceiro capítulo é uma ferramenta que pode ser usada pelo professor para divulgar informações a fim de proporcionar a educação ambiental a cada indivíduo, a partir da aplicação de atividades didáticas no ambiente escolar objetivando a explanação do conceito dos 3 R's, para estimular o uso consciente das embalagens, além de demonstração de técnicas de separação.

O tema proposto trata de um dos problemas de maior impacto ambiental do planeta, que é o descarte indiscriminado dos RSU, e a importância da aplicação prática dos 3 R's, principalmente no que tange a reciclagem do vidro e PET, utilizando para isto pesquisa bibliográfica e a rede mundial de computadores (*internet*) como recursos metodológicos para a exposição do assunto selecionado.

CAPÍTULO 1 – O REAPROVEITAMENTO DAS EMBALAGENS DE VIDRO E DO POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET) PARA A REDUÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Desde o princípio dos tempos o homem descarta tudo aquilo que não lhe interessa mais, e essas sobras eram constituídas principalmente de restos alimentares. Foi com a primeira revolução industrial por volta de meados do século XVIII, que a quantidade de descarte aumentou. A expansão do capitalismo, pós-revolução industrial, gerou um consumismo abundante, e para atender a alta demanda, as fábricas passaram a produzir em larga escala, e conseqüentemente a necessidade de embalagem cresceu de forma proporcional, causando assim uma vertiginosa elevação de resíduos. A humanidade passou, então, a vivenciar a era dos resíduos sólidos. O homem, para atender as necessidades do mercado consumista, criou várias alternativas de materiais para embalagem com arranjos químicos de difícil degradação e absorção pelo ecossistema, causando, portanto, um grande impacto ao meio ambiente. Dentre os materiais desenvolvidos, destacam-se o vidro e os polímeros sintéticos (plásticos).

O vidro é uma ótima opção no que se refere a embalagem, uma vez que além de ser passível de lavagem e esterilização é impermeável para maior parte das substâncias, e ainda resiste a temperaturas de aproximadamente 150 °C sem perder suas propriedades.¹ No entanto, esse material é de difícil degradação e

¹ FABI, Andréa Rodrigues. *Comparação do Consumo de Energia e Emissão de CO₂ entre Garrafas PET e de Vidro, Utilizando Análise Ambiental do Ciclo de Vida*. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000376961>>. p. 24. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

devido a sua ampla utilização está sempre presente nos resíduos sólidos urbanos (RSU), o que pode comprometer a vida útil de um aterro.²

Os polímeros possuem ampla utilização no setor de embalagens pelas suas características peculiares, tais como: baixo custo, baixo peso, impermeabilidade, transparência e resistência mecânica.³ Dentre eles pode-se ressaltar: o polietileno de alta densidade (PEAD) e baixa densidade (PEBD); o policloreto de vinila (PVC); o polipropileno (PP) e o politereftalato de etileno (PET). Este último foi consagrado pelo mercado como o plástico destinado à fabricação de embalagens para refrigerantes (a utilização mais comum), sendo este o poliéster de maior crescimento de consumo no país e, por consequência, um dos principais polímeros encontrados nos RSU.⁴

1.1 – VIDRO

A utilização do vidro não é recente. Peças do antigo Egito foram datadas de 3.000 AC, porem há indícios que sugerem que foi na Mesopotâmia 4.500 AC que se deu sua descoberta.⁵ Na Idade Média o vidro era artigo de luxo, usado, principalmente pela Igreja Católica para a construção de vitrais nas catedrais góticas, patrocinadas com as riquezas do alto clero, de reis e de nobres.⁶

² LIMA, Rose Mary Rosa de; FILHO, Eduardo Romeiro; *A Reciclagem de Materiais e Suas Aplicações no Desenvolvimento de Novos Produtos: Um Estudo de Caso*. Disponível em: <<http://www.iem.efei.br/sanches/Ensino/pos%20graduacao/GPDP/artigos/Artigo%2012.pdf>>. p. 04. Acesso em: 27 de março de 2009.

³ SPINACÉ, M.A.S. PAOLI, M, A. *A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros*. Química Nova, Vol. 28, Nº1, 65-72. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28n1/13- RV03270.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2008.

⁴ SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva. *Poli (tereftalato de etileno): Reprocessamento por Extrusão e Metodologias de Caracterização*. Disponível em: <<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtIs000214849.pdf>> p. 04. Acesso em: 04 de agosto de 2008.

⁵ ARAÚJO, Eudes Borges. *Vidro: Uma Breve História, Técnicas de Caracterização e Aplicações na Tecnologia*. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbep/pdf/v19_325.pdf>. p. 01. Acesso em: 28 de março de 2009.

⁶ AFONSO, Luís. *A arte do vitral na Baixa Idade Média Européia*. Disponível em: <<http://www.revista-temas.com/contacto/NewFiles/Contacto6.html>>. Acesso em: 05 de julho de 2009.

Entretanto, foi a partir da 1ª Revolução Industrial, com o crescimento do consumo, que este material passou a ter o uso popularizado.

Algumas peças do século XIX mostram a utilização de materiais alternativos ao vidro, devido às limitações com a temperatura na época. A figura 1 mostra uma salamandra, equipamento a base de carvão usado para aquecimento de ambientes, com malacacheta, janela de minério assemelhado à mica, avariada fazendo o papel do vidro, devido à sua resistência ao calor.



Figura 1 – Salamandra com Malacacheta Avariada.

O vidro é um composto inorgânico, obtido da fusão de minerais presentes em abundância na superfície terrestre.⁷ Fisicamente o vidro pode ser visto como um líquido super-resfriado de viscosidade elevada, o que impede a cristalização, e sem um ponto de fusão definido. Quimicamente, ele pode ser entendido como o produto de uma fusão de diferentes óxidos que variam conforme a sua aplicabilidade, acompanhado de um resfriamento.⁸ A tabela 1 descreve as diversas composições para diferentes tipos de vidro.

⁷ FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 23. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

⁸ SHEREVE (1997) *apud* VALT, Renata Bachmann Guimarães. *Análise do Ciclo de Vida de Embalagens de PET, de Alumínio e de Vidro para Refrigerantes no Brasil variando a Taxa de Reciclagem dos Materiais*. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/1593/1/ACV%20EMBALAGENS.pdf>>. p. 28. Acesso em: 27 de março de 2009.

Tabela 1 – Composição Química de Diversos Tipos de Vidro ⁸

Tipo	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	As ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Vidro de Janela	69,4	-	3,5	1,6	-	8,2	-	17,3	-	-
Vidro Laminado	72,8	-	0,8	0,8	-	12,7	0,2	12,7	-	-
Chapa Polida	72,7	-	0,7	0,1	-	12,9	-	13,2	-	0,4
Cristal	74,2	0,4	-	-	0,2	4,3	3,2	17,7	-	-
Vidro de Óculos	69,3	0,3	-	-	-	12,4	-	6,2	11,8	-
Vidro de Garrafa	70,5	-	1,5	-	-	13,0	1,0	14,0	-	-

O óxido de silício (SiO₂) é o principal componente para todos os tipos de vidro, a ele podem ser adicionados outros tipos de óxidos, com o objetivo de alterar sua característica e fornecer estabilidade.¹ As funções dos principais óxidos presentes no material vítreo são: SiO₂ – vitrificante; Na₂O – Introduzida na forma de barrilha ou de sulfato de sódio, abaixa o ponto de fusão da sílica; CaO – Introduzido através do calcário e da dolomita, dá estabilidade ao vidro contra os ataques de agentes atmosféricos; MgO – Introduzido através da dolomita, transmite ao vidro resistência para suportar, dentro de certos limites, mudanças bruscas de temperatura. Enriquece sua resistência mecânica; Al₂O₃ – Colocada através do feldspato é o elemento que dá mais resistência mecânica; As₂O₃ – Afinante; CoO (azul), Fe₂O₃ (verde), SeO₂ (cinza) – São usados como corantes.⁹ O Na₂SO₄ adicionado para fornecer o Na₂O é responsável pela presença de enxofre no vidro, pois libera o gás SO₃ durante a queima. A análise final do material vítreo aponta uma

⁹ CASTRO, Rosária Souza. *Corte e Têmpera de Vidro*. Disponível em: <<http://sbtrv1.ibict.br/upload/sbtr5468.html?PHPSESSID=55ffa74ec891d4dd73f83cdc7e6b1dd5>>. Acesso em: 05 de julho de 2009.

determinada quantidade de enxofre, e a partir desta, deduz-se como volume de SO_3 para acertar o balanço de massas.

O vidro mais fabricado é o Soda-Cálcico, cujas características permitem aplicação como material de embalagem¹⁰, seja como frascos de boca alargada, para condicionamento de produtos pastosos e densos ou como garrafas de boca menor que o corpo, para envase e conservação de líquidos.¹¹ O setor de bebidas é o que mais utiliza este tipo de embalagem, devido a característica da cor, pois permite a obtenção de material que vai do totalmente translúcido, possibilitando a completa visualização do produto, até o de cor âmbar, usadas para o armazenamento de cerveja, com o objetivo de filtrar radiações ultravioletas que provocariam a deterioração do líquido.¹²

O vidro soda-cálcico também é aplicado na obtenção do vidro plano, utilizado na indústria automobilística, na construção civil e também em eletrodomésticos, da chamada linha branca (geladeira, fogão etc).¹⁰ A coloração do vidro, neste caso, é utilizada para que ocorra uma redução da passagem de radiação infravermelha, proporcionando um maior conforto térmico, sem impedir a passagem da luz.¹³

O vidro aplicado em utensílios domésticos de material resistente a choque térmico (xícaras, pirex, copos etc) é denominado como Boro-Silicato, pois em sua composição contém óxido de boro.¹⁴ O vidro usado na fabricação de cristais e espelhos é o chamado vidro de chumbo, pois este óxido lhe confere a

¹⁰ABIVIDRO. *Tipos de Vidro. Divisão do Vidro.* Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/index.php/20>>. Acesso em: 30 de março de 2009.

¹¹FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 25. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

¹²ABIVIDRO. *A Cor do Vidro. Embalagem.* Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/index.php/21>>. Acesso em: 30 de março de 2009.

¹³ABIVIDRO. *Vidro Plano. Embalagem.* Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/index.php/21>>. Acesso em: 30 de março de 2009.

¹⁴AMBIENTE BRASIL. *Reciclagem de Vidro.* Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=./residuos/reciclagem/vidro.html>> Acesso em: 30 de março de 2009.

característica de brilho. Ainda existem vidros de fórmulas especiais que são aplicados na obtenção de bulbo de lâmpadas e monitores de TV.¹⁰

O processo de obtenção de garrafas de vidro é realizado através de 4 (quatro) fases principais, compreendido por: mistura de matérias primas, fusão da referida mistura, moldagem do material fundido e finalmente o recozimento do vidro já moldado.¹⁵

No misturador, as matérias primas são adicionadas nas proporções equivalentes, visto que cada material vítreo tem uma função: formar, estabilizar, fundir, afinar e corar.¹⁶ A fusão ocorre no interior de fornos refratários, onde as primeiras reações ocorrem até a completa homogeneização do material vítreo, a partir daí o vidro é extraído na forma de “gotas”. As mesmas vão para o processo de montagem que varia de acordo com o tipo de indústria a ser atendida, no exemplo da garrafa é o sopro em molde. O recozimento é feito para eliminar tensões geradas na fase de moldagem, que tornam o produto frágil após um resfriamento brusco, proporcionando, portanto, a resistência adequada ao material.¹⁷

1.2 – POLÍMEROS

Um polímero é entendido como uma macromolécula produzida pela junção de várias moléculas menores semelhantes, organizados em cadeias lineares ou ramificadas.¹⁸ Os polímeros podem ser classificados de acordo com as suas

¹⁵ FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 30. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

¹⁶ SAINT-GOBAIN (2001) *apud* FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 30-31. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

¹⁷ FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 31-33. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

¹⁸ WAN, Emerson; GALEMBECK, Eduardo; GALEMBECK, Fernando. *Polímeros Sintéticos*. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/02/polimer.pdf>>. p. 01. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

O PET foi desenvolvido em 1941 pelos químicos ingleses Whinfield e Dickson.²³ Nos anos 50 este poliéster foi usado principalmente na indústria têxtil. Já na década seguinte este termoplástico, passou a ser utilizado na fabricação de pneus, e teve uma ampla aplicação como material de embalagem. Em 1973 o PET foi introduzido na produção de garrafas, devido ao processo de injeção e sopro com biorientação, o que revolucionou o mercado de embalagens. No Brasil, o PET tornou-se disponível apenas a partir de 1989 e com indiscutíveis vantagens é o termoplástico de maior sucesso no país.²⁴ Segundo dados do CEMPRE, em 2006 o consumo nacional de resina PET usada na obtenção de embalagens girou em torno de 378 mil toneladas.²⁵

*Entre os poliésteres, o PET – politereftalato de etileno é um plástico de engenharia de uso geral que apresenta uma excelente combinação de rigidez e tenacidade, alta resistência ao calor, estabilidade química e dimensional e capacidade de isolamento elétrico, além da possibilidade de se apresentar no estado amorfo (transparente), parcialmente cristalino e orientado (translúcido) e altamente cristalino (opaco), o que permite a uma vasta aplicação.*²⁶

É de fundamental importância o conhecimento da estrutura de um polímero, pois suas propriedades físico-químicas, mecânicas e o próprio processamento estão a ela associadas. No caso do PET sua estrutura é formada pelo acoplamento dos monômeros (etilenoglicol e tereftalato de dimetila), numa relação cabeça-cauda.²⁷

O polímero no estado líquido apresenta um maior movimento de cadeias com relação ao mesmo material no estado sólido. Quando resfriado abaixo

²³ WHINFIELD, J. R.; DICKINSON, J. T. patente 578079 p. 1946 *apud* SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva *Poli (tereftalato de etileno): reprocessamento por extrusão e metodologias de caracterização*. Disponível em: <<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtls000214849.pdf>> p. 18. Acesso em: 04 de agosto de 2008.

²⁴ WIEBECK, Hélio; HARADA, Júlio. *Op. Cit* p. 124-125.

²⁵ CEMPRE. *O mercado para reciclagem*. Disponível em: <http://cempre.tecnologia.ws/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_pet.php>. Acesso em: 02 out. 2008.

²⁶ WIEBECK, Hélio; HARADA, Júlio. *Op. Cit* p. 123.

²⁷ MANRICH, Sílvio. *Processamento de Termoplásticos: Rosca Única, Extrusão e Matrizes, Injeção e Moldes*: São Paulo: Artliber, 2005. p. 23.

da temperatura de fusão forma ou um sólido amorfo com movimento da cadeia sob tensão ou um sólido cristalino com menor movimento das cadeias.²⁸ O PET pode apresentar-se completamente amorfo; semicristalino não orientado ou semicristalino orientado, possuindo cada qual características próprias, conforme demonstra a tabela a seguir.²⁹

Tabela 2 – Morfologia e Características das Diferentes Categorias de PET

Morfologia	Características
PET amorfo	Menor rigidez e resistência termomecânica; Difícil processamento; Alta permeabilidade aos gases.
PET semicristalino não orientado	Alta resistência termomecânica; Alta rigidez, porém menor que o orientado; Frágil; Baixa permeabilidade aos gases.
PET semicristalino orientado	Alta resistência termomecânica; Maior rigidez, comparado ao não orientado; Tenaz; Baixa permeabilidade aos gases.

Uma forma de distinguir a estrutura do PET é quanto ao seu grau de cristalinidade, podendo apresentar variações significativas, no que tange as propriedades termomecânicas.³⁰

A resina de PET é obtida a partir do craqueamento do nafta no refinamento do petróleo, onde o etileno glicol (Figura 3) é sintetizado a partir do eteno e o ácido tereftálico é obtido a partir do p-xileno (Figura 3).³¹ Antes do processo de moldagem ao qual o PET será submetido, por ser um polímero higroscópico, necessita passar por um processo de secagem. Este consiste em

²⁸ ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P. *Op Cit.* p.496.

²⁹ WIEBECK, Hélio; HARADA, Júlio. *Op. Cit.* p. 131-132.

³⁰ ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P. *Op. Cit.*, p. 493

³¹ FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 40. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

insuflar ar quente, numa faixa de 160° a 170° C e de preferência desumidificado para que não sofra despolimerização.³²

1.3 – RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - RSU

Os resíduos sólidos, popularmente denominados de lixo, são constituídos, em grande parte, por materiais descartados pelas atividades humanas. Contudo o homem não é o único produtor de resíduos, pois até mesmo dentro de uma cadeia alimentar existem pequenos desequilíbrios capazes de desfazer a harmonia local, constituindo, portanto, perdas e geração de resíduos, que em médio prazo a própria natureza se encarrega de estabilizar. Ainda assim, apenas o homem é capaz de transformar em larga escala os materiais e tornar estáveis substâncias e produtos, que apenas em longo prazo o meio natural é capaz de absorver.³³

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define resíduo sólido pela NBR10004/87:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.³⁴

Destaca-se que a norma conceitua os resíduos sólidos de acordo com a origem do material que os compõem. E, portanto, os resíduos sólidos urbanos são considerados uma espécie derivada da classificação acima.

³² WIEBECK, Hélio; HARADA, Júlio. *Op. Cit.* p. 127 e 133.

³³ JR., Arlindo Philippi; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet; *Curso de Gestão Ambiental*. São Paulo: Manole, 2004. p. 155-156.

³⁴ ABNT – NBR 10004/87 *apud* BRAGA, Benedito. *et all. Introdução à Engenharia Ambiental, O desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p. 147.

O lixo tem uma composição química diversificada, que é definido pelas características de onde é produzido, podendo ser classificado como:

Orgânico – *Quando resultante de resto de ser vivo animal ou vegetal(...). É facilmente decomposto pela natureza.*

Inorgânico – *Quando resultante de material sem vida. Constituído por vidros, plásticos, metais, restos de tecidos. Pode ser gerado pelo homem ou pela indústria e é de difícil decomposição.*³⁵

O crescimento acelerado das metrópoles fez com que as áreas disponíveis para colocar o lixo se tornassem escassas. Embora a maior parte dos resíduos recolhidos nos centros urbanos seja destinada a aterros, ainda existe uma quantidade significativa que é jogada sem qualquer cuidado em depósitos a céu aberto existentes nas periferias das cidades, conforme demonstra a figura 4, gerando, portanto, o acúmulo de materiais nocivos em áreas impróprias. Podendo, inclusive, proliferar insetos, roedores e, conseqüentemente, doenças para parte da população que mora próximo ou sobrevive da comercialização desses resíduos.

Perfil da destinação dos RSU por quantidade no Brasil

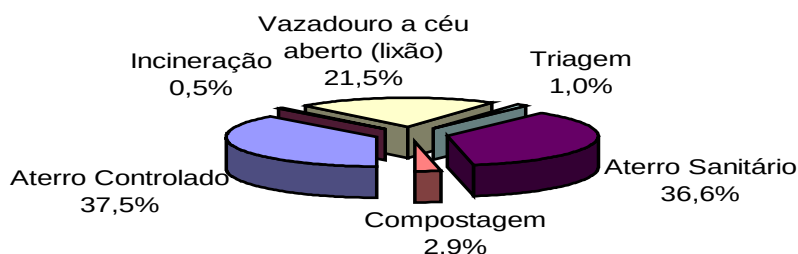


Figura 4 – Destino dos RSU no Brasil³⁶

O homem criou alternativas que visam minimizar o problema do volume dos RSU, como por exemplo, ações de: redução, reutilização e reciclagem dos RSU (política dos 3R'S). E em pleno século XXI, com o mundo voltado para questões

³⁵ SILVEIRA, Ana Paula de Carvalho. et all. *Reciclagem de Lixo e Química Verde. Papel, Vidro, Metal, Pet e Orgânicos*. Disponível em: < http://www.ccmn.ufrj.br/curso/trabalhos/pdf/quimica-trabalhos/quimica_meioambiente/quimicaeamb2.pdf> p.7. Acesso em: 10 de maio de 2009.

³⁶ IBGE (2002) *apud* JR., Arlindo Philippi; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet; *Op. Cit.* p. 162.

ambientais e discutindo a busca de uma nova matriz energética, o lixo deixa de ser o que não presta e passa a ser matéria prima para estes novos tipos de processos.

1.4–REDUÇÃO REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM – 3R’S

É de fundamental importância a compreensão das diferenças entre cada uma das alternativas anteriormente apontadas com relação ao gerenciamento dos RSU, sobretudo no setor das embalagens.

A opção mais viável para o combate da formação de resíduos é a redução do excesso de seu volume, tanto na cadeia produtiva quanto na etapa pós-consumo.³⁷ Com a expansão do consumo, ao ser adquirido um determinado produto, este provavelmente estará embalado por um ou mais destes tipos de materiais: papelão, plástico e isopor. Em regra, na pós-venda, todos irão para o lixo. Porém, seria aconselhável a não utilização de pelo menos um dos itens, para a redução na quantidade de resíduos formados, visando minimizar o impacto ambiental. A mesma também pode ser obtida por meio da compactação do volume da embalagem utilizada, através da retirada do ar, como ocorre com as latas de alumínio, assim como com as garrafas PET cuja vedação ocorre com a própria tampa. Mas, para ser implementada a redução dos RSU de forma significativa é necessário o despertar na consciência do produtor, aliado à mudança de conduta.

A reutilização acontece quando um determinado bem é reinserido de forma proveitosa no cotidiano do consumidor, ou seja, é pensar numa re-função para o material que tem uma grande resistência à degradação, sem modificar suas

³⁷ COELHO, Rivaldo Teodoro. *Contribuição ao estudo da aplicação de materiais alternativos nos compositos a base de cimento Portland : Uso de Grãos de Polipropileno Reciclado em Substituição aos Agregados do Concreto.* Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000365584>>. p.11 Acesso em: 11 de outubro de 2008.

características iniciais.³⁸ As garrafas de vidro retornáveis, o uso das sacolas de supermercado como recipiente para lixo doméstico, e a utilização das garrafas de refrigerante como recipientes para água, vasos de plantas e artesanato, são considerados exemplos de reutilização.

Segundo Fabi, “a reciclagem é o termo usado para o reprocessamento do material descartado para fabricação do mesmo produto ou em outros produtos”.³⁹ E ainda de acordo com Giralddi, a reciclagem significa: “reaver, de modo econômico, parte do valor intrínseco do material descartado após sua fabricação e/ou consumo”.⁴⁰ Ou seja, reciclar é agregar valor aos resíduos considerados inúteis, transformando-os em produtos novos aptos ao consumo. Tanto a sobra de restos de matéria-prima da produção de embalagens, quanto os materiais descartados pós o consumo, podem e devem retornar ao ciclo produtivo, pois além de reduzir o custo para o fabricante, diminui o volume de RSU e, sobretudo garante o desenvolvimento sustentável, proporcionando uma melhor qualidade de vida às futuras gerações. A gama de RSU que pode ser reaproveitada é vasta, e vai desde compostos orgânicos como polímeros sintéticos e naturais, até vidros, metais e ligas, todos amplamente utilizados no cotidiano.

1.4.1 – Aspectos Gerais Quanto a Reciclagem de Vidro

A reciclagem de modo geral pode ser mecânica, química ou energética, sendo aplicado ao vidro apenas a reciclagem mecânica, pois a sua estrutura química não permite as demais modalidades. A reciclagem mecânica do material vítreo pode

³⁸ ABRE (2006) *apud* DIAS, Silmara Lopes Francelino Gonçalves. *Há vida após a morte: um (re) pensar estratégico para o fim da vida das embalagens*. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2006000300009&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 02 de julho de 2008.

³⁹ FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 08. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

⁴⁰ MANCINI (1996) *apud* GIRALDI, André Luís Ferrari de Moura. *Op Cit*. p. 08. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

ser entendida como: primária (obtenção da própria garrafa) e secundária (fibras de vidro, agregados para construção e massa asfáltica).⁴¹

As sucatas de vidro, encontradas no RSU, podem ser recicláveis e não recicláveis, no que tange a fabricação conforme classificação da tabela 3.

Tabela 3 – Separação dos Materiais Recicláveis dos Não-Recicláveis⁴²

Recicláveis	Não-recicláveis
Garrafas de bebida alcoólica e não alcoólica (refrigerantes, cerveja, suco, água, vinho, etc)	Espelhos, vidros de janela e box de banheiro, lâmpadas, cristal
Frascos em geral (molhos, condimentos, remédios, perfumes e produtos de limpeza)	Ampolas de remédios, formas, travessas e utensílios de mesa de vidro temperado
Potes de produtos alimentícios	Vidros de automóveis
Cacos de embalagens	Tubos de televisão e válvulas

Os vidros recicláveis são 100% reaproveitados e não possuem restrições quanto ao seu uso. No entanto, existem limitações ao processo de reciclagem deste material, pois, estes não podem estar misturados com os vidros não recicláveis.⁴³

Os vidros planos não devem estar juntos às embalagens, visto que sua reciclagem é realizada por recicladores especializados. O caco de vidro destinado à reciclagem não pode conter contaminantes, pois estes podem danificar equipamentos, principalmente fornos, gerando inconvenientes no processo. Os metais geram alteração na cor do vidro base, formando bolhas ou defeitos metálicos. O ferro reage com o material refratário do forno, resultando em furos nas suas paredes, diminuindo sua vida útil ou até mesmo levando a interrupção do processo produtivo para a sua manutenção. Pedacos de pedras, cerâmicas, louças e cristais

⁴¹ MATHIAS (1994) *apud* FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 15. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

⁴² ABIVIDRO *apud* AMBIENTE BRASIL. *Reciclagem de Vidro*. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=./residuos/reciclagem/vidro.html>> Acesso em: 30 de março de 2009.

⁴³ MATHIAS (1994) *apud* FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 13. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

por fundirem-se em temperaturas mais elevadas formam defeitos no produto final. Papeis e plásticos mesmo volatilizando em altas temperaturas, em excesso, alteram a atmosfera do forno, provocando reações químicas que modificam a cor e criam bolhas.⁴⁴ Outro problema que pode surgir na reciclagem consiste na mistura de cacos de diferentes cores, o que pode alterar a coloração do produto final. Para não ocorrer tal empecilho, deve-se seguir o critério de separação do vidro por cores.⁴¹

1.4.2 – Aspectos Gerais quanto a Reciclagem de PET

A reciclagem pode ser realizada através de 4 (quatro) modalidades (primária, secundária, terciária ou quaternária). Cabem as empresas e as recicladoras a escolha do melhor ou mais indicado método, de acordo com seus objetivos, legislação vigente, tecnologia disponível e a viabilidade econômica.⁴⁵

Na reciclagem primária (mecânica ou física) as “sobras” de polímeros virgens (aparas, rebarbas, peças defeituosas etc.), usados na obtenção de produtos como garrafa, por exemplo, são reinseridos por métodos convenientes no processo produtivo. Mas, alguns fatores podem inviabilizar este tipo reciclagem, assim como, a degradação sofrida pelo material devido a repetições, contaminantes provenientes das indústrias e dificuldade de manipulação de resíduos com baixa densidade.⁴⁶

A reciclagem secundária (mecânica ou física) é entendida como a recuperação dos resíduos pós-consumo. Por se tratar de um produto já utilizado, pode estar presente uma grande quantidade de contaminantes. Sendo este o motivo

⁴⁴ ABIVIDRO. *Qualidade*. Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/index.php/26>>. Acesso em: 30 de março de 2009.

⁴⁵ MALAGUETA, Diego Cunha; MEDINA, Heloisa V. de. *O desafio da reciclagem de plásticos automotivos*. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XI_jic_2003/07_Diego_Cunha_JIC_2003.pdf>. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

⁴⁶ BONELLI (1993) *apud* GIRALDI André Luís Ferrari de Moura. *Op Cit* p. 08-09. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

pelo qual o PET reciclado não poderá mais ser aplicado a fabricação de embalagens de alimentos. Para diminuir a probabilidade de contaminação no produto final, etapas como: separação, moagem, lavagem, secagem e reprocessamento são realizadas com intuito de obter um produto reciclado com as propriedades mais próximas do produto virgem. É aconselhável que o material polimérico reciclado seja de longa vida útil, pois após alguns processos de reciclagem, perde determinadas propriedades.³

Na terciária (química) os resíduos são transformados e as suas propriedades originais são recuperadas. Dá-se através de processos de despolimerização para obtenção dos produtos que darão partida ao polímero. Para isso são utilizados procedimentos como a solvólise, métodos térmicos ou métodos térmicos/catalíticos.³ Para a reciclagem química do PET, assim como aos demais termoplásticos gerados por polimerização em etapas, utiliza-se a técnica da solvólise.⁴⁷ Um dos procedimentos de despolimerização por solvólise é a hidrólise, que consiste em obter o monômero pela reação com excesso de água, alta temperatura e catalisador.³

Na quaternária (energética) os resíduos são incinerados e a energia neles contida é reaproveitada.³ O inconveniente desta modalidade de reciclagem consiste na geração de um prejuízo ambiental, pois ao incinerar os materiais, os gases provenientes da combustão são lançados no ar, necessitando, portanto, o controle dessa emissão. Antes de se utilizar esta alternativa de reciclagem deve-se verificar a viabilidade econômica entre o ganho energético que este tipo de

⁴⁷ GIRALDI, André Luís Ferrari de Moura. *Op Cit* p. 27. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

combustível proporciona e a realização do controle da redução de impacto necessária⁴⁸.

As principais aplicações de PET reciclado são em fibra têxtil, mantas de não tecido, cordas, resinas insaturadas, cerdas de vassouras e escovas e embalagens. Vale ressaltar que não é possível aplicar o PET reciclado em embalagens monocamadas para alimentos, porém a portaria nº 987 de 1998 da Secretaria de Vigilância Sanitária, permite a utilização da resina de PET reciclada em embalagens multicamadas para acondicionar bebidas carbonatadas não alcoólicas⁴⁹, onde o material reciclado não fica em contato com o alimento e sim na camada intermediária.⁵⁰

⁴⁸ FORLIN, Flávio J.; FARIA, José de Assis F. *Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas*. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v12n1/9876.pdf>>. Acesso em: 02 de julho de 2008.

⁴⁹ SAMMARCO E DELFINI (1999) *apud* SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva. *Poli (tereftalato de etileno): Reprocessamento por Extrusão e Metodologias de Caracterização*. Disponível em: <<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtls000214849.pdf>> p. 19. Acesso em: 04 de agosto de 2008.

⁵⁰ FERRO (1999) *apud* SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva. *Poli (tereftalato de etileno): Reprocessamento por Extrusão e Metodologias de Caracterização*. Disponível em: <<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtls000214849.pdf>> p. 19. Acesso em: 04 de agosto de 2008.

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE SOBRE A COMPOSIÇÃO DO RSU NACIONAL E DO RIO DE JANEIRO – RJ E A RECICLAGEM DE VIDRO E PET NO BRASIL

As relações entre o homem e a natureza vêm ocupando o centro dos debates ambientais em todo o planeta, uma vez que os recursos naturais são comprovadamente finitos e a manutenção da espécie humana está intimamente ligada a preservação do ecossistema. Esta situação está bem descrita por Cortez.

Essas preocupações tem tradicionalmente enfatizado a problemática do lixo, pois o crescimento acelerado dos grandes centros urbanos fez com que as áreas disponíveis para o seu depósito se tornassem escassas. A sujeira acumulada no meio ambiente aumentou a poluição do solo, das águas e piorou as condições de saúde das populações em todo o mundo, especialmente nas regiões menos desenvolvidas.⁵¹

O fim do século XX e início do século XXI foram marcados pela larga utilização de recursos naturais e principalmente pelo desperdício dos mesmos, gerando, portanto, impactos ao meio ambiente. Estima-se que o Brasil desperdiça, anualmente, mais de 10 bilhões de reais em resíduos sólidos, descontando o que é reciclado.**Erro! Indicador não definido.** Como as questões ambientais influenciam diretamente na qualidade de vida das gerações, surgiu a discussão sobre como reduzir o RSU para aumentar as perspectivas de um futuro livre das amarras de um colapso ambiental. Para efetivamente serem implementadas as ideias surgidas no debate da redução do RSU, deve-se inicialmente conhecer os seus principais componentes (Figura 5)

⁵¹ CORTEZ, Juan Carlos V. et. all. *Significados Psicológicos do Lixo*. Disponível em: <http://www.milfont.com/pub_lixo2003.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2009.

Composição dos RSU no Brasil

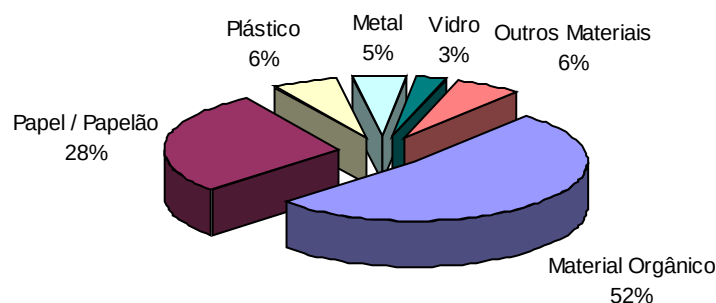


Figura 5 – Distribuição da Composição Média de RSU no Brasil⁵²

É fundamental que os países possuam um bom sistema de gerenciamento dos RSU. No Brasil, especificamente, no município do Rio de Janeiro é feito um trabalho há pelo menos duas décadas, de mensuração do RSU (Figura 6) objetivando melhorar as ações de reciclagem, de saúde pública e o meio ambiente.⁵³

Composição dos RSU do Rio de Janeiro - RJ

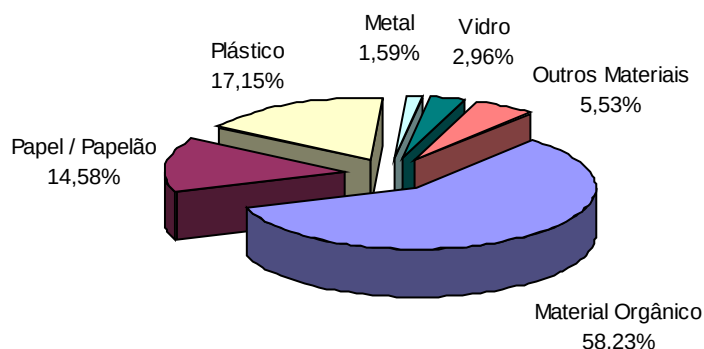


Figura 6 – Distribuição da Composição Média de RSU no Rio de Janeiro - RJ

Erro! Indicador não definido.

⁵²EDITORA MODERNA *apud* SILVEIRA, Ana Paula de Carvalho. et all. *Reciclagem de Lixo e Química Verde. Papel, Vidro, Metal, PET e Orgânicos*. Disponível em: <http://www.ccmn.ufrj.br/curso/trabalhos/pdf/quimica-trabalhos/quimica_meioambiente/quimicaeamb2.pdf> Acesso em: 10 de maio de 2009. p.16.

⁵³ COMLURB. *Caracterização Gravimétrica e Microbiológica dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município do Rio de Janeiro – 2007*. Disponível em: <http://comlurb.rio.rj.gov.br/download/caracterizacao_do_lixo_domiciliar_2007.pdf>. p. 47. Acesso em: 08 de abril de 2009.

A partir da observação dos gráficos anteriores é possível verificar que existe uma diferença entre a composição média do país e a regional para alguns materiais. Num país de dimensão continental como o Brasil as diferenças regionais são muitas, principalmente no que se refere ao quesito desenvolvimento. Quanto mais desenvolvida a região, automaticamente maior será a circulação de capital, e por consequência maior será o potencial de consumo.

Um dos principais indícios de discrepância tem a ver com a presença do plástico nos RSU nacional e municipal. Como o Rio de Janeiro é uma metrópole situada no sudeste, uma das regiões mais desenvolvidas do país, a presença de plástico nos RSU é consideravelmente superior à média nacional, devido ao seu elevado consumo.

Outras médias que também apresentam diferenças referem-se aos materiais: metal e papel, neste caso a regional possuem menores índices, o que pode ter uma relação com a coleta seletiva realizada pelas pessoas que sobrevivem destes materiais retirando-os dessa forma da composição dos resíduos.

2.1 – COMPOSIÇÃO MÉDIA DO RSU DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Para obter um desempenho satisfatório no gerenciamento de resíduos é necessário conhecer a composição média dos RSU, que varia ao longo do tempo. Na tabela 4 é apresentada a variação histórica dos RSU do Rio de Janeiro e posterior análise de dados.

Ao observar o levantamento histórico da composição média do RSU, na cidade do Rio de Janeiro, com base na tabela 4, verifica-se uma significativa variação na quantidade de resíduos por ano. Para facilitar o entendimento, seguem abaixo os gráficos de comparação dos principais componentes.

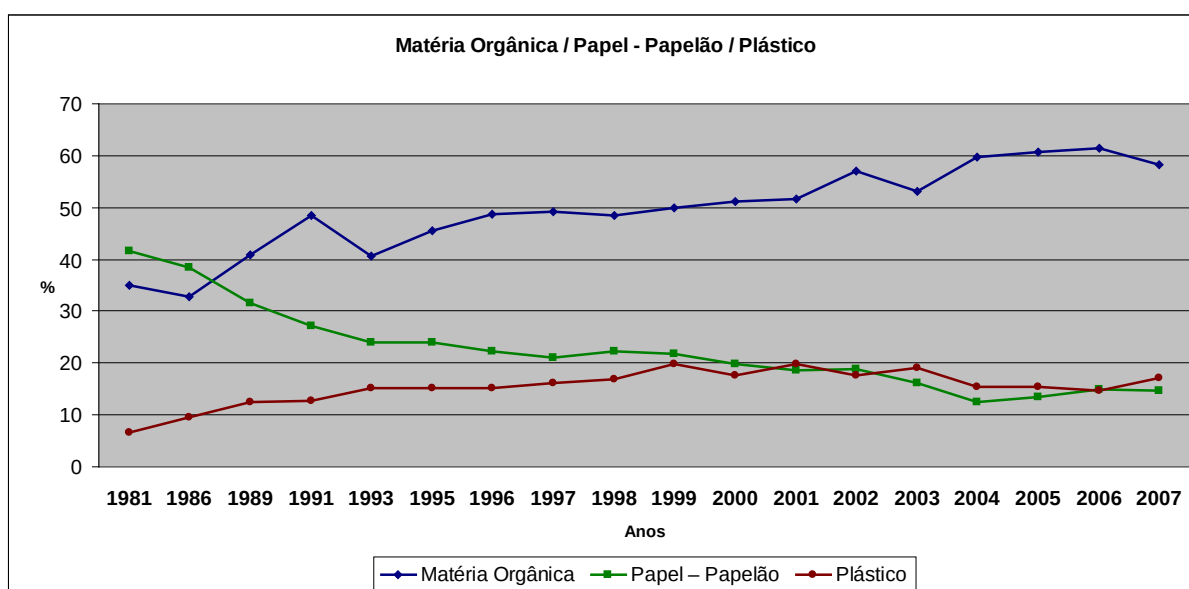


Figura 7 – Variação Histórica da Matéria, Papel – Papelão e Plástico

Na Figura 7 percebe-se uma grande quantidade de matéria orgânica descartada em todo período avaliado. Para garantir a vida útil dos aterros é imprescindível a presença de resíduos que possuem acelerada degradação. Dentre os componentes citados na tabela 4, a matéria orgânica representa a maior degradabilidade. Com base neste dado, cabe ressaltar que para garantir a viabilidade dos aterros, é necessário que cada cidadão, além de ter a consciência da importância da separação do seu lixo domiciliar, deve praticá-la efetivamente. Através da análise gráfica da evolução histórica da matéria orgânica putrescível, foram percebidas uma evolução na proporção deste componente nos aterros, alcançando picos superiores a 60%. Este dado representa o reflexo de um início de mudança de postura por parte da população, uma vez que um aumento no

percentual de matéria orgânica representa uma redução no percentual de recicláveis presentes nos resíduos.

O papel/ papelão possui índices significativos de reciclagem, e devido a esta realidade, o seu percentual foi decrescido em mais de 50% até o final do período avaliado.

A industrialização fez surgir uma modalidade de resíduos (plásticos) que apresenta um tempo de degradação extremamente elevado, além de um grande volume “morto” provocado pelo ar que fica no interior da embalagem, causando assim, uma redução na vida útil dos aterros. Na análise da Figura 7 é possível perceber um aumento do percentual do plástico nos RSU, considerando o início do período avaliado até o final deste. Isso se deve as amplas possibilidades de aplicação do material aliado ao baixo custo e ao pequeno índice de reciclagem, pois existem determinadas dificuldades para realização deste tipo de processamento, tais como, ausência de comprometimento entre demanda e fornecimento de matéria-prima, baixo custo da resina virgem e alta contaminação dos resíduos.⁵⁴

⁵⁴ SANTOS, Amélia S. F. et al. Tendências e Desafios da Reciclagem de Embalagens Plásticas. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v14n5/23062.pdf>>. Acesso em: 24 de maio de 2008.

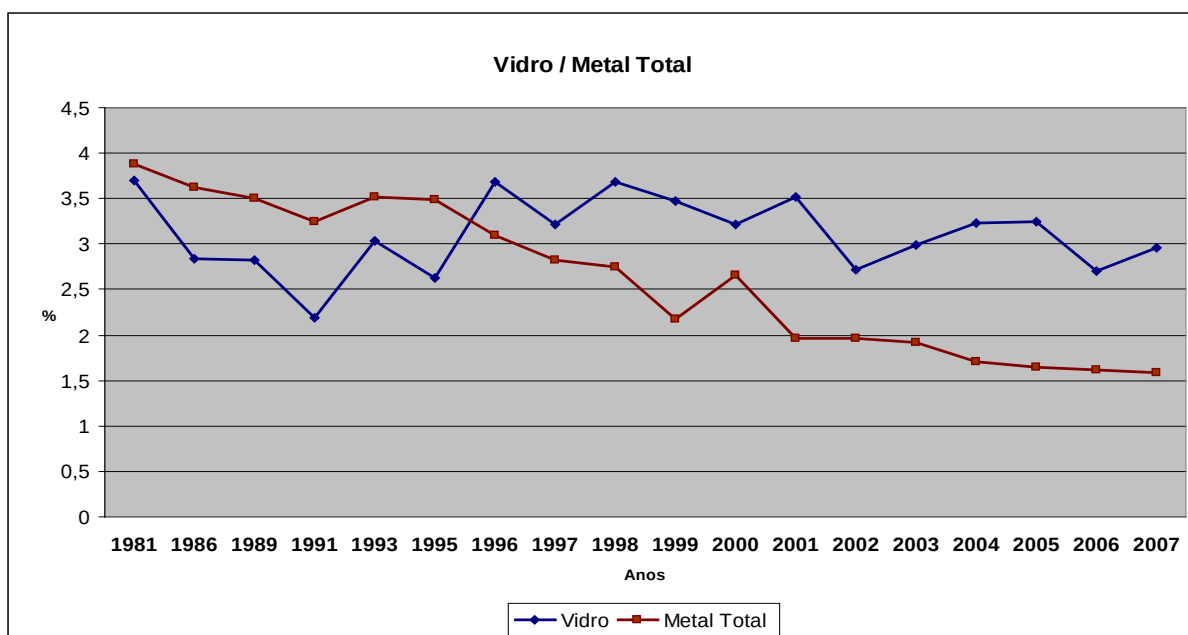


Figura 8 – Variação Histórica do Vidro e Metal Total

O vidro, mesmo estando sempre presente no RSU, não possui uma variação significativa dentro do período avaliado (Figura 8), pois é um material amplamente reutilizado no mercado, sendo descartado apenas quando perde a função para a qual se destina.

A presença de metal total no RSU tem sido cada vez menor, devido ao trabalho de determinados segmentos da sociedade no que tange a coleta seletiva para reciclagem. Com destaque para o alumínio, uma vez que, o Brasil é o país que mais recicla latas de alumínio no mundo, tendo atingido um índice de reciclagem de 89% em 2003.⁵⁵ Um dos fatores que viabilizam a reciclagem de latas de alumínio é a relação peso/ volume dessas embalagens.⁵⁴

Para a eficácia do gerenciamento de resíduos implementadas nos municípios, deve ser desenvolvida uma estratégia governamental, que consiste em

⁵⁵ CEMPRES (2005) *apud* HISATUGO E. Y.; MARÇAL JÚNIOR, O. *Impacto Ambiental Positivo Gerado pela Coleta Seletiva e Reciclagem de Alumínio e Papel em Uberlândia, MG*. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiceb/resumos/458a.pdf>>. Acesso em: 28 de março de 2009.

ampla divulgação do programa 3 R'S, com estímulo do poder público para a coleta seletiva, visando minimizar o descarte imoderado.

(...) o governo deveria estabelecer com máxima urgência uma Política Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos, com responsabilidade compartilhada entre todos os setores envolvidos, ou seja, Poder Público, sociedade e setor produtivo.⁵⁶

2.2 – POTENCIAL DOS RESÍDUOS PARA RECICLAGEM

Os componentes do RSU de maior potencial para reciclagem são: papel/papelão, metal, plástico e vidro. Dois fatores justificam a reciclagem destes materiais: tempo de degradação e economia de matéria-prima / energia.

Para determinar o tempo de degradação do RSU, devem-se considerar os aspectos físicos, químicos e biológicos do meio no qual estão submetidos, tais como, temperatura, pH do meio, teor de umidade, luminosidade, pressão atmosférica etc.⁵⁷

A tabela 5 representa apenas uma média de degradação dos principais materiais recicláveis encontrados no RSU.

Tabela 5 – Tempo de Degradação dos Principais Materiais Recicláveis⁵⁸

Material	Tempo de Decomposição
Papel	De 3 a 6 meses
Plástico	Mais de 100 anos
Metal	Mais de 100 anos
Vidro	1 milhão de anos

⁵⁶ REDAÇÃO DO AMBIENTE BRASIL. *Análise do Ciclo de Vida (ACV) e Reciclagem*. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/analise_do_ciclo_de_vida_%28acv%29_e_reciclagem.html>. Acesso em: 19 de maio de 2009.

⁵⁷ TV NATUREZA. Disponível em: <http://www.tvnatureza.com/index.php?option=com_content&task=view&id=191&Itemid=2> Acesso em: 27 de maio de 2009.

⁵⁸ SILVEIRA, Ana Paula de Carvalho. et all. *Reciclagem de Lixo e Química Verde. Papel, Vidro, Metal, PET e Orgânicos*. Disponível em: <http://www.ccmn.ufrj.br/curso/trabalhos/pdf/quimica-trabalhos/quimica_meioambiente/quimicaeamb2.pdf> p. 08. Acesso em: 10 de maio de 2009.

Além do fator tempo de degradação, outra viabilidade da reciclagem consiste na economia de matéria-prima e energia necessária para produção de cada material, pois, a quantidade de energia gasta para obter um componente reciclado é bem menor comparada a um material virgem, conforme demonstra a tabela 6.

Tabela 6 – Economias Geradas com a Utilização de Recicláveis⁵⁶

Material	Economia de Matéria-Prima	Economia de Energia
Metal	Redução de Impactos decorrentes da mineração.	70%
Papel	Redução da Derrubada de Árvores.	25% a 60%
Vidro	Redução dos Minérios utilizados na Fabricação.	70%
Plástico	Redução no Consumo de Petróleo	88%

Apesar de o Brasil ser considerado o maior reciclador de alumínio do mundo, no que se refere ao reaproveitamento de vidro e plásticos, ainda deixa a desejar.⁵⁹ Seria fundamental para o Brasil obter os mesmos índices de reciclagem do alumínio para o vidro e PET, pois estes consomem uma substancial quantidade de energia, tanto na fabricação quanto na distribuição.⁶⁰ O fator economia de energia é um dos principais propósitos da reciclagem. Para ressaltar a atual situação da reciclagem de vidro e PET no Brasil, segue abaixo a análise individual destes componentes.

⁵⁹ REDAÇÃO DO AMBIENTE BRASIL. Estatísticas de Reciclagem – Lixo. O lixo é uma fonte de riquezas. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/estatisticas_de_reciclagem/estatisticas_de_reciclagem_-_lixo.html>. Acesso em: 27 de maio de 2009.

⁶⁰ FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit.* p. 1. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

2.3 – ANÁLISE DA RECICLAGEM DO VIDRO NO BRASIL

O vidro é um material de alta durabilidade, característica que pode ser compreendida através da análise de sua estrutura química, que é muito semelhante a da crosta terrestre. Segue abaixo a tabela com os tipos de elementos, presentes na crosta terrestre que também são encontrados nos vidros mais comuns.

Tabela 7 – Semelhança entre a Composição da Crosta Terrestre e do Vidro⁵⁸

Óxido	% Na Crosta Terrestre	% Nos Vidros Comuns
SiO ₂ (sílica)	60	74
Al ₂ O ₃ (alumina)	15	2
Fe ₂ O ₃ (óxido de ferro)	7	0,1
CaO (óxido de cálcio)	5	9
MgO (óxido de magnésio)	3	2
Na ₂ O (óxido de sódio)	4	12
K ₂ O (óxido de potássio)	3	1

Por conta deste fato, o vidro é um dos materiais encontrados no RSU, que possuem a mais lenta degradação, sendo necessário, portanto, a viabilização de uma política de incentivo ao reuso, uma vez que este material não se desgasta, e secundariamente a reciclagem, quando for impossível a sua reutilização. Cabe ressaltar que o Brasil possui diversos programas de reciclagem de vidro, no entanto, os consumidores ainda encontram dificuldades no descarte deste material para direcioná-los às indústrias recicladoras.⁶¹

⁶¹ ABIVIDRO (2000) apud FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* .p.16. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

Segundo dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), o Brasil produz em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, usando cerca de 45% de matéria-prima reciclada na forma de cacos (Figura 9).⁶²

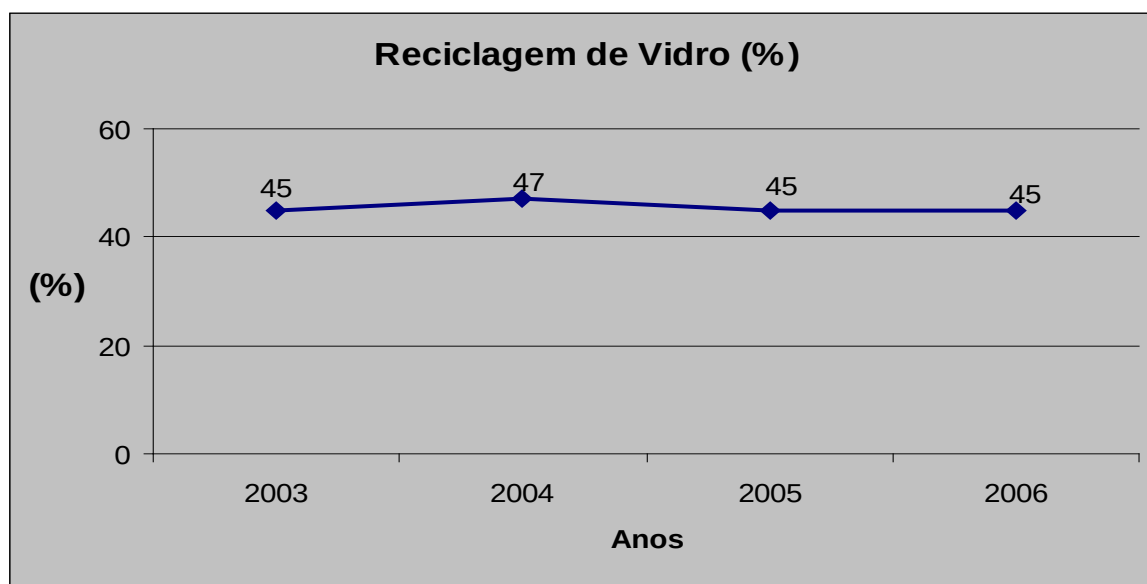


Figura 9 – Variação do Percentual de Vidro Reciclado no Brasil⁶³

A reciclagem de vidro em alguns países do mundo pode ser verificada através dos seguintes dados do Cempre: Nos EUA, o índice de reciclagem em 2007 foi de 40%, correspondendo a 2,5 milhões de toneladas. Na Alemanha, o índice de reciclagem em 2004 foi de 97%, equivalendo a 2,6 milhões de toneladas. Na Suíça (96%), Noruega (89%), Itália (61%) e Finlândia (72%).⁶²

2.4 – ANÁLISE DA RECICLAGEM DO PET NO BRASIL

O PET por ser utilizado amplamente no setor de embalagens, tem sido presença constante nos RSU. Pode-se afirmar que dentre os polímeros, o PET é

⁶² CEMPRES. *O mercado para reciclagem*. Disponível em:

<http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_vidro.php>. Acesso em: 27 de maio de 2009

⁶³ ABRELPE. *Censo de Reciclagem*. Disponível em:

<http://www.abrelpe.org.br/pdf/7_Reciclagem.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2009.

que representa o maior crescimento em consumo.³ Assim como ocorre com qualquer produto não biodegradável, o PET, deve ser utilizado e descartado com consciência, devendo ser direcionado a um programa de coleta seletiva para a reciclagem, quando esgotadas as alternativas de reutilização. Embora a reciclagem de polímeros em geral seja inferior ao desejado, o Brasil é o 2º maior reciclador de PET no mundo, perdendo apenas para o Japão, conforme observado na figura 10.

Taxas de Reciclagem de PET

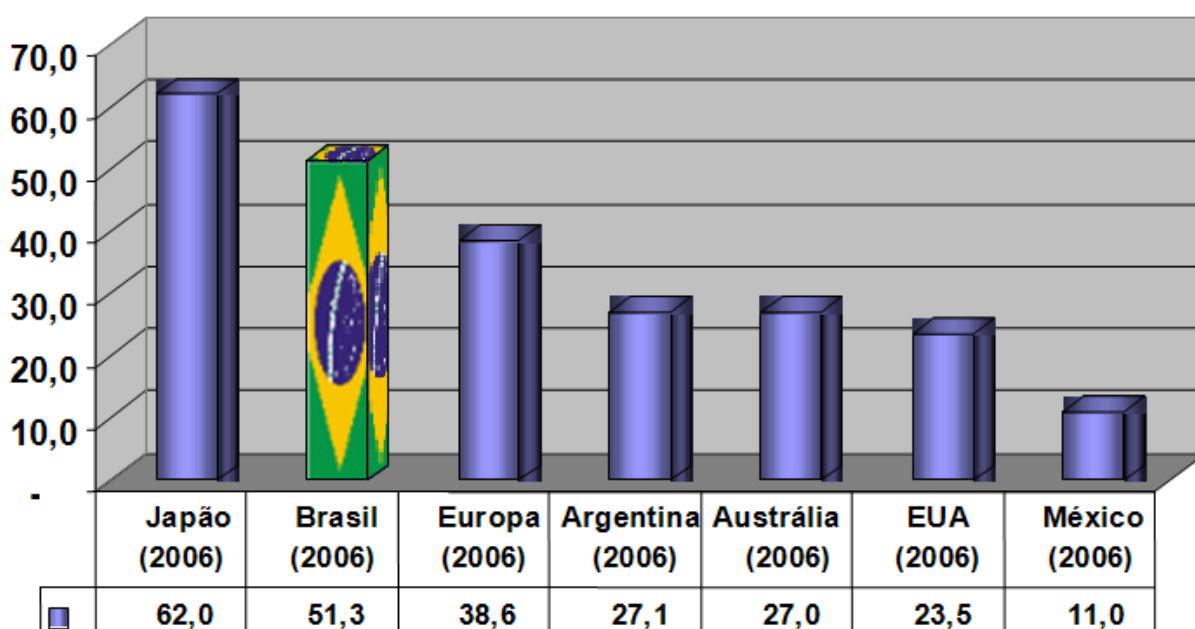


Figura 10 – Índices de Reciclagem de PET no Mundo⁶⁴

Há que se considerar que isto ocorre devido a questões de escala, podendo ser atingidos valores absolutos muito mais expressivos com a porcentagem de reciclagem de países desenvolvidos. Nesta linha de raciocínio, pode-se observar que o continente europeu foi considerado como um todo, apresentando na análise gráfica apenas o seu percentual médio. Se os países que o compõe fossem analisados de forma específica, com certeza apresentariam variações consideráveis.

⁶⁴

ABIPET *apud* NOUS CONSULTING. Disponível em: <[http://www.abipet.org.br/noticias/Terceiro%20Censo%20Reciclagem%20do%20PET%2006-07.pps#598,32,O Destino do PET Reciclado](http://www.abipet.org.br/noticias/Terceiro%20Censo%20Reciclagem%20do%20PET%2006-07.pps#598,32,O%20Destino%20do%20PET%20Reciclado)>. Acesso em: 14 de setembro de 2008.

A Alemanha, por exemplo, apresenta um índice de 60% de reciclagem de PET.⁶⁵ E a Suíça recicla cerca de 80% das garrafas PET, enquanto que a média europeia varia entre 20 e 40%. Esse alto índice de reciclagem na Suíça pode ser atribuído ao fato da implementação de uma política governamental voltada para a preservação ambiental, que consiste em uma aplicação da política dos 3 R's, além de um comprometimento entre governo, indústria e população, objetivando reduzir a produção do lixo. São usados como recursos, além da cobrança de taxa de lixo anual por imóvel, um sistema de coleta que estimula a baixa produção do lixo, pois só é coletado o que se encontra em sacos padronizados, e estes para serem adquiridos é necessário o pagamento. Então quanto mais lixo é produzido, maior é a quantidade de sacos para o armazenamento e, portanto maior será o custo para o cidadão.⁶⁶

No que se refere aos dados de reciclagem no Brasil, o alumínio como já mencionado anteriormente, é o líder do ranking neste tipo de processamento. Embora o índice nacional de reciclagem do PET seja inferior ao alumínio, é de se esperar que o PET atinja um patamar semelhante a este material, esta previsão otimista deve-se a ascensão na reciclagem da resina PET, conforme demonstra a figura 11.

⁶⁵ FREDERICK. *Reciclagem de PET triplica em uma década*. Disponível em: <<http://www.agenciamandalla.org.br/modules.php?file=article&name=News&sid=211>>. Acesso em: 05 de julho de 2009.

⁶⁶ CAMARGO, Suzana. *Zurique é modelo em reciclagem de lixo*. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/conteudo_467362.shtml>. Acesso em: 05 de julho de 2009.

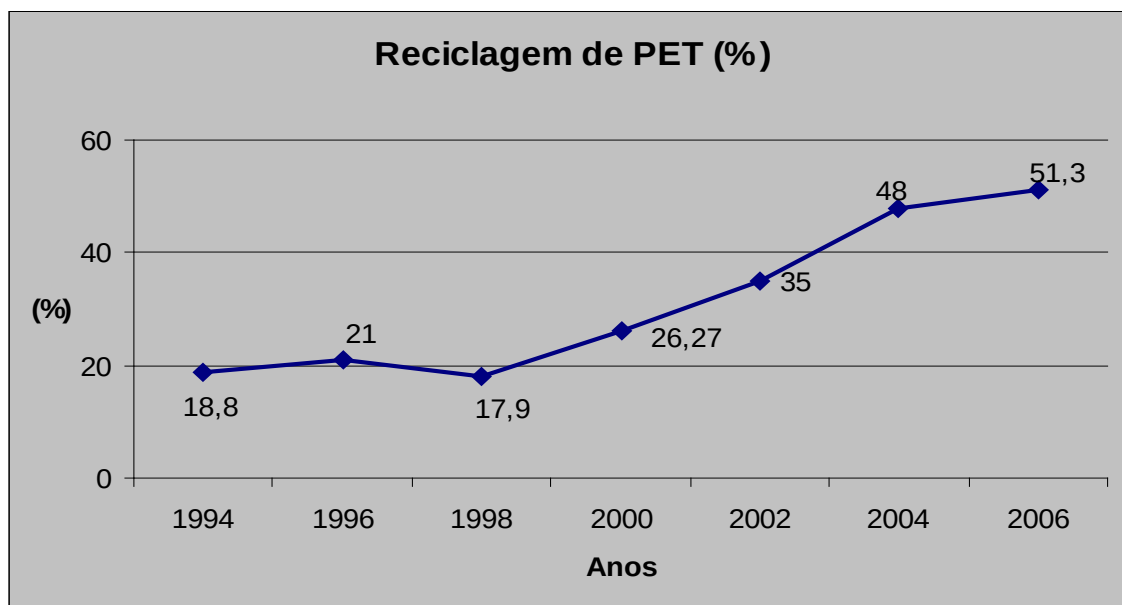


Figura 11 – Variação do Percentual de PET Reciclado no Brasil Erro! Indicador não definido.

Segundo a ABIPET, a reciclagem de PET era prejudicada pela bi tributação com alíquotas diferenciadas, pois além de ser aplicado 10% de IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) ao produto virgem, também cobrava-se 12% deste tributo sobre o material pós consumo, quando encaminhado a reciclagem. Causando, portanto, um considerável entrave a reciclagem deste polímero. Esse quadro foi modificado em 2002, pois as indústrias passaram a ter um crédito de 15% no IPI de seus produtos ao utilizar matéria-prima reciclada, contribuindo, portanto, para o crescimento de PET reciclado no Brasil.⁶⁷

⁶⁷ FABI, Andréa Rodrigues. *Op Cit* p. 11 -12. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DIDÁTICAS COMO INCENTIVO À MINIMIZAÇÃO DE DESCARTES (USO CONSCIENTE DE EMBALAGENS)

O desenvolvimento da atividade educacional deve acontecer através de processos oriundos da convivência familiar, social, ações governamentais, manifestações culturais, e principalmente na escola. O saber escolar deve estar sempre alinhado com atividades contextualizadas que permitam ao estudante compreender o mundo no qual está inserido. O plano de diretrizes e bases da educação nacional da lei nº. 9.394/96, faz salientar que o educando deve estar preparado para associar seu conhecimento escolar com a realidade de mundo no qual esta inserido, o que pode ser confirmado em alguns de seus artigos, tais como:

Art. 26 Os currículos do ensino fundamental e médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada em cada sistema de ensino e estabelecimento escolar, por uma parte diversificada exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e da clientela.

Art. 32 O ensino fundamental, (...), terá por objetivo a formação básica do cidadão, mediante:

II – a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade.

Art. 35 O ensino médio, (...), terá como finalidade:

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.⁶⁸

Com o intuito de ser um multiplicador de conhecimentos, o professor não deve ser mecânico e conhecer somente o conteúdo de sua disciplina, mesmo que de forma eficiente. Ele deve estar atento com os problemas da sociedade, sendo um elo pensante e estimulador do pensamento, para que seja, não só eficiente e sim eficaz em suas ações.

⁶⁸ BRASIL. Lei nº9.394, de 20 de dezembro de 1996. Dispõe sobre as Diretrizes e Bases Educacionais. Disponível em: <<http://www.cefetce.br/Ensino/Cursos/Médio/Lei.htm>>. Acesso em: 18 de maio de 2006.

Este capítulo é dedicado ao desenvolvimento de atividades que podem ser usadas num ambiente escolar de forma a ensinar química, utilizando dados do cotidiano, adaptando o modelo construtivista aos métodos tradicionais de ensino, com o objetivo de difundir o conhecimento de maneira prazerosa. Como se trata de uma pesquisa bibliográfica relacionada aos 3R's, são propostas algumas dinâmicas em sala de aula que podem construir a relação entre os conceitos da educação formal ao cotidiano do aluno.

As atividades propostas se subdividem em 3 (três) etapas dentro de sala de aula, utilizando dois tempos corridos de aula (uma média de 1 hora e 30 minutos).

A primeira etapa consiste numa análise prévia do conceito de lixo e quais são os tipos de material descartados pelos alunos. Através de uma indagação acerca do significado da palavra lixo e posteriormente a aplicação de uma dinâmica que visa conhecer o destino dado pelos alunos aos materiais que são geralmente encontrados nos RSU. Para em seguida realizar uma discussão acerca dos materiais descartados. Foram utilizados 30 minutos nesta atividade.

A segunda etapa é voltada para apresentação de conceitos relacionados à política dos 3 R's, e a partir dessa informação criar um ambiente propício para a contextualização de conceitos químicos através de uma abordagem prática de conhecimentos teóricos que integram a grade curricular de química, tais como: concentração, densidade, técnicas de separação e pressão. Foram utilizados 50 minutos nesta atividade..

A terceira etapa visa aplicar novamente uma indagação acerca do significado do lixo para os alunos, para enfim, poder verificar o efeito gerado com toda a atividade realizada. Foram utilizados 10 minutos nesta atividade.

3.1 – ATIVIDADES APLICADAS EM SALA DE AULA

No dia 18 de maio de 2009, foram realizadas as atividades propostas no presente capítulo, no Colégio Estadual Francisco Salles, no município de Campos dos Goytacazes – RJ, numa turma de 3º ano do Ensino Médio no 3º turno, com 23 (vinte e três) alunos, de faixa etária média de 20 (vinte) anos, presentes em sala de aula.

➤ **ETAPA 1**

3.1.1 – Indagação acerca do Significado da Palavra Lixo

O início da atividade na sala de aula acontece com a aplicação de uma pergunta a ser respondida pelos alunos de forma simples, conforme o modelo a seguir:

Cite 3 (três) palavras que vem a mente quando você ouve a palavra lixo?

1- _____

2- _____

3- _____

Após a devolução do material respondido, aplica-se a estes discentes 2 (duas) dinâmicas envolvendo descartes do RSU.

3.1.2 – Dinâmica 1 - “Jogue o Lixo no Lixo”

Objetivo

Propor aos alunos o descarte dos resíduos que geralmente são lançados no dia a dia para ao final da dinâmica ser feita uma reflexão nessas

atitudes cotidianas, consideradas “banais”, e a ligação das mesmas aos impactos ambientais.

Materiais Utilizados

Caixa de papelão, garrafas PET e cartolina.

Procedimento

- 1) Dividir a turma em dois grupos;
- 2) Distribuir para cada equipe: uma caixa de papelão figurando uma lixeira e uma sacola cheia de garrafas do tipo PET contendo em cada uma um rótulo representando o nome de um material que geralmente é lançado no lixo, sendo atribuída uma pontuação a cada material, baseada no seu tempo de degradação ou no seu potencial para reciclagem.
- 3) O Material Orgânico embora possa ser reutilizado para produção de adubo orgânico por compostagem, nesta dinâmica, isso será desconsiderado, e prevalecerá a viabilidade do seu descarte baseada na sua biodegradabilidade, sendo atribuída uma pontuação positiva. Esta também será aplicada a todos os materiais não passíveis do processo de reciclagem. Aos materiais recicláveis serão atribuídas pontuações negativas, uma vez que estes deveriam ser reutilizados ou encaminhados para reciclagem. O tempo de degradação, neste caso, é fundamental para diferenciar os materiais na escala de pontuação.

Tabela 8 – Lista de Materiais Utilizados na Dinâmica e Pontuação

Material	Pontuação
Cascas de Fruta	25 pontos
Folhas Secas de Planta	25 pontos
Sobras de Comida	25 pontos
Papel Sujo de Gordura	25 pontos
Caixa de Sapato – Papelão	-5 pontos
Entulho de obra – Construção Civil	-5 pontos
Sacolas Plásticas	-10 pontos
Garrafa PET	-10 pontos
Caixa de Leite Longa Vida	-10 pontos
Latas de Cerveja ou Refrigerante	-10 pontos
Pneus Velhos	- 15 pontos
Garrafas de Vidro	- 15 pontos
Pilhas Usadas	- 20 pontos

- 4) Sugerir a realização da dinâmica em 5 (cinco) minutos, que consiste em pedir aos alunos para lançarem na caixa apenas os materiais representados nos rótulos das garrafas PET, que eles costumam jogar fora em seu cotidiano, conforme figura 12.



Figura 12 – Aplicação da Dinâmica “Jogue o lixo no lixo”.

- 5) Ao final, conferir o que cada grupo descartou e informar às equipes que cada material lançado no lixo possui uma pontuação e divulgar os resultados obtidos, premiando a cada componente da equipe vencedora com um bombom, caso esta atenda os resultados: EXCELENTE ou BOM, conforme a escala de resultados descrita na tabela abaixo.
- 6) Discutir com os alunos os motivos de cada valor de pontuação e abrir para debate sobre motivações dos alunos para cada descarte e seus conceitos prévios relacionados ao descarte.

Tabela 9 – Escala de Resultados

Classificação	Pontuação
Excelente	Acima de 50 pontos
Bom	De 5 a 50 pontos
Indiferente	Zero
Ruim	De - 5 a - 50 pontos
Péssimo	Acima de - 50 pontos

➤ **ETAPA 2**

3.1.3 – Exposição Conceitual dos 3R's

Após a aplicação da dinâmica é feita uma breve explanação sobre o lixo e reciclagem, enfocando os 3R's (redução, reutilização e reciclagem). O objetivo é demonstrar aos alunos que se cada cidadão cumprir com as propostas dos 3R's será possível não só a economia na utilização de recursos naturais (matéria prima) como a redução do gasto energético no processo de produção. Alcançando assim, uma drástica redução no volume de materiais descartados, minimizando, portanto, os impactos ao meio ambiente.

3.1.4 – Demonstração de Técnicas de Separação

Seguindo a exposição acima é necessário enfatizar a importância da separação de impurezas do material a ser reciclado, além da demonstração ao vivo de duas técnicas de separação: por imantação e por densidade.

Com a demonstração das técnicas de separação de impurezas aplicadas na indústria de reciclagem, é possível o aluno ter um maior contato com procedimentos químicos, que em regra são apresentados pelo professor tradicional, de forma teórica.

- **Separação por Imantação Aplicada ao Vidro e Polímeros**

Na técnica de separar por imantação, podem ser utilizados dois materiais: cacos de vidro ou “flakes” de polímeros. É trabalhada a separação dos cacos ou dos “flakes” das impurezas metálicas com a utilização de um imã.⁶⁹ Conforme demonstrado na Figura 13.

⁶⁹ VALT, Renata Bachmann Guimarães. *Op Cit* p.57 Acesso em: 27 de março de 2009.



Figura 13 – Demonstração da Técnica de Separação por Imantação

- **Separação por Densidade Aplicada aos Polímeros**

A separação também pode ser feita pela diferença de densidade. Utilizando: água ($d = 1,0 \text{ g /cm}^3$) e água + álcool ($d = < 1 \text{ g /cm}^3$), amostras de politereftalato de etileno (PET): ($d = 1,33 - 1,39 \text{ g /cm}^3$), polietileno de alta densidade (PEAD): ($d = 0,94 - 0,96 \text{ g /cm}^3$), e polipropileno (PP): ($d = 0,89 - 0,91 \text{ g /cm}^3$).⁷⁰ Não foi realizada a medição da densidade na solução de água + álcool, tendo em vista as dificuldades da maioria dos professores com a falta de um laboratório nas escolas. A preparação da solução foi realizada através de tentativas e para o material se comportar conforme o previsto a formulação usada foi de 1000 ml de água para 1200 ml de álcool. Porém é importante ressaltar que dependendo da composição do álcool usado esta formulação pode variar.

O objetivo desta é demonstrar a separação das amostras de polímeros nos diferentes meios líquidos citados, apontando o comportamento de cada material,

⁷⁰ MANRICH, Sati; FRATTINI, Gustavo; ROSALINI, Antonio Carlos. *Identificação de Plásticos. Uma ferramenta para Reciclagem*. São Carlos. Ed. UFSCar. 1997. p. 15.

no sentido de afundar ou flutuar. Explicou-se ao grupo que os materiais ao afundarem são mais densos que o líquido no qual estão imersos, e nessa mesma linha de raciocínio, os polímeros que flutuam, possuem característica contrária. Usou-se a seguinte sequência lógica.³

- 1- Todas os flakes em água, obtendo a flutuação do PP e PEAD, e o afundamento do PET.
- 2- PP e PEAD em (água + álcool) líquido de menor densidade adicionar PP e PEAD, obtendo PP flutuando e PEAD, ao contrário daquele, afundando.



Figura 14 – Demonstração da Separação por Densidade.

3.1.5 – Dinâmica 2 - Redução de Volume

Objetivo

Demonstrar a redução do volume de garrafas PET no lixo, uma vez que um dos problemas que afetam a vida útil de um aterro sanitário é o volume “morto”

de matérias nele depositado, como o ar contido nas embalagens ocupando um espaço considerável, levando-se em conta a quantidade ali depositada.

Materiais Utilizados

Caixa de papelão e garrafas PET.

Procedimento

- 1) Dividir a turma em dois grupos;
- 2) Distribuir para cada equipe: uma caixa de papelão e uma sacola cheia de garrafas do tipo PET;
- 3) Fazer a demonstração da redução do volume através do ato de amassar a garrafa PET e em seguida utilizar a própria tampa para conter a entrada de ar. Explicar as equipes que o ar presente nas garrafas ao ser retirado reduz o volume da embalagem, ocupando um menor espaço nas caixas, conforme figura abaixo.



Figura 16 – Aplicação da Dinâmica: Redução de Volume

- 4) Propor aos grupos que sigam o mesmo procedimento e àquele que conseguir colocar o maior número de garrafas, ocupando toda a caixa de papelão será o vencedor, de acordo com a próxima figura.



Figura 16 – Demonstração da Execução da Dinâmica da Redução

➤ **ETAPA 3**

3.1.6 – Finalização da Atividade

A aplicação das atividades propostas é uma tentativa de mudança nas atitudes cotidianas de cada indivíduo, para enfim, constituir multiplicadores da redução, reutilização e reciclagem dos RSU perante a comunidade, aumentando, portanto, a vida útil dos aterros.

Ao final das atividades aplicou-se novamente a pergunta:

E agora o que vem a mente quando você ouve a palavra lixo? Cite 3 (três) palavras.

1- _____

2- _____

3- _____

3.2 – RESULTADOS DAS ATIVIDADES

Pôde ser observado, com a aplicação da primeira pergunta que a grande maioria da turma associou o lixo a algo nocivo, pois num universo de 69 (sessenta e nove) possíveis respostas, foram citadas apenas 20 (vinte) palavras, dentre estas, 13 (treze) palavras com aspecto negativo, 2 (duas) palavras com significado ligado a algo positivo e 5 (cinco) palavras indiferentes a esses dois aspectos, conforme tabelas abaixo.

Tabela 10 – Destaque Hierárquico das Palavras com Carga Negativa

Palavras com Carga Negativa	Número de Repetições
Poluição	17 (dezessete)
Sujeira	13 (treze)
Doença	12 (doze)
Contaminação, Odor e Desrespeito	3 (três) de cada
Inundação	2 (duas)
Aglomerção, Destruição Ambiental, Lixão, Mortes, Perda de Moradia e Ratos	1 (uma) de cada

Tabela 11 – Destaque Hierárquico das Palavras com Carga Positiva

Palavras com Carga Positiva	Número de Repetições
Reciclagem	4 (quatro)
Coleta	1 (uma)

Tabela 12 – Palavras Indiferentes aos Aspectos Positivos e Negativos

Palavras Indiferentes	Número de Repetições
Ambiente, Chuva, Luxo, Prefeitura e Resto	1 (uma) de cada

Na escola onde foram aplicadas as atividades, já existe programa de Educação Ambiental, com destaque para as oficinas de reciclagem de papel e produção de sabão a partir da reutilização do óleo de cozinha. No entanto, a partir dos dados contidos nas tabelas acima, pode-se observar que houve um predomínio de aspectos negativos atribuídos ao lixo. Caracterizando, portanto, uma carência de informações relativas à importância do correto gerenciamento do lixo de cada um.

A aplicação da dinâmica “Jogue o lixo no lixo” foi muito adequada para despertar um senso crítico no ato de descarte dos materiais ali representados. Num primeiro momento ambos os grupos agiram em consonância com as palavras citadas na pergunta inicial, ou seja, de forma negativa, lançando na caixa que figurava uma lixeira, todos os materiais existentes na sacola. Logo após, as equipes retiraram alguns materiais da lixeira, e certos questionamentos surgiram entre eles. Um exemplo disso foi a postura de um integrante de um dos grupos, que levantou a idéia de aproveitar a embalagem longa vida como sementeira para cultivo de plantas. Outro aluno, disse que não deveria “jogar fora” caixas de sapato, pois serve para arquivar fotografias. Foi, também, levantada pelos grupos a necessidade de

separação de determinados materiais para reciclagem, o que motivou as equipes a não descartar as latas de cerveja ou refrigerante.

Ambas as equipes não descartaram as garrafas PET, com a justificativa de reutilização, agindo, portanto, com consciência ambiental. Porém lançaram nas respectivas lixeiras as pilhas usadas, e um dos grupos deixou de descartar folhas secas de planta, demonstrando assim a falta de informação do que pode ou não ser jogado no lixo. Os grupos, no geral, obtiveram classificação BOA, de acordo com a tabela 7, e através de exemplos vindos deles mesmos, levantaram, de forma inconsciente, a idéia de dois dos 3 R's, que são a reutilização e reciclagem. Tornando assim, o terreno fértil para a explanação destes dois R's com subsequente demonstração das técnicas de separação.

O último conceito abordado foi o da redução, com a aplicação em seguida da segunda dinâmica, completando, assim, a idéia dos 3 R's. Os alunos ficaram surpresos com a redução de volume da garrafa PET e apresentaram bastante entusiasmo ao realizar a referida dinâmica.

O resultado da equipe vencedora foi nitidamente percebido por todos, uma vez que conseguiu uma maior compactação das garrafas PET, ocupando todo o volume da caixa, enquanto o outro grupo ultrapassou o volume da caixa, deixando cair algumas garrafas.

Com os resultados obtidos da pergunta inicial, pôde ser percebida uma elevada carência de informação acerca do gerenciamento dos RSU. A aplicação das dinâmicas e, principalmente, a exposição dos conceitos, levou esta informação aos alunos. A prova disso é que, em menos de 2 horas, o lixo, que antes era associado a algo negativo, passou a ser encarado como uma ferramenta útil para resolução de problemas gerados no meio ambiente. Dados estes, interpretados através das

respostas dadas a mesma pergunta aplicada no final da atividade. Pois num universo de 69 possíveis respostas, foram citadas apenas 11 (onze) palavras, todas com carga positiva, conforme a tabela 13.

Tabela 13 – Destaque Hierárquico das Palavras Positivas

Palavras com Carga Positiva	Número de Repetições
Reutilização	22 (vinte e duas)
Reciclagem	21 (vinte e uma)
Redução	14 (catorze)
Separar	4 (quatro)
Conscientização	2 (duas)
Conservação, Cooperação, Limpeza, Saúde, Solidariedade e Substituição	1 (uma) de cada

Cabe ressaltar que, para fins acadêmicos, o resultado obtido nas atividades propostas no presente capítulo, foi o ideal. Como as respostas positivas foram dadas logo após a aplicação dos conceitos, subentende-se que isso pode ter influenciado no bom resultado e que uma continuação deste trabalho seria realizar outra dinâmica após determinado tempo. Porém apenas isto não basta, é esperado que cada aluno, após tais informações, seja um verdadeiro seguidor da política dos 3R's, se tornando um elo multiplicador de conhecimento na divulgação da importância de tais conceitos, objetivando assim, a diminuição dos impactos ambientais provocados pelos RSU.

CONCLUSÃO

Para garantir a vida útil dos aterros é imprescindível a presença de resíduos que possuem acelerada degradação. Uma das formas de reduzir o impacto ambiental gerado pelo acúmulo de resíduos não biodegradáveis é a adoção da política dos 3 R's, que consiste em: reduzir, reutilizar e reciclar, uma vez que as questões ambientais influenciam diretamente na qualidade de vida das gerações.

Foram identificados determinados desníveis de composição do RSU nacional e regional, a partir da pesquisa acerca do percentual de materiais descartados no Brasil e no Rio de Janeiro – RJ. Sendo que a análise regional foi mais aprofundada, tendo por base um levantamento histórico, feito entre 1981 e 2007, pela COMLURB.

O percentual de plástico no Rio de Janeiro é consideravelmente maior que o nacional. Isto provavelmente advém do fato que a cidade do Rio de Janeiro fica situada numa das regiões mais desenvolvidas do país, o que caracteriza um indicativo de elevado consumo. Já os índices de metal e papel no Brasil superam o regional, o que pode ter relação com a coleta seletiva feita no município, realizada, principalmente, por pessoas que sobrevivem da retirada desses componentes do RSU. Foi identificado que o percentual de matéria orgânica do Rio de Janeiro vem aumentando ao longo do período, o que significa uma redução do percentual de recicláveis presentes no RSU regional, indicando, também, uma relação com a hipótese da coleta seletiva.

Esta pesquisa buscou não só ressaltar a importância da reciclagem do vidro e PET. Como visou, sobretudo, dar ênfase à política dos 3 R's, utilizando esses conceitos para contextualizar o ensino de química.

Foi indispensável, portanto, a aplicação prática dos estudos realizados no ambiente escolar, uma vez que foi possível identificar a carência de informação acerca do que o lixo representava para os alunos. E como foi válida toda a atividade proposta no terceiro capítulo, pois a partir da aplicação das dinâmicas e do conhecimento dos conceitos dos 3 R's, os alunos que antes associavam o lixo a algo negativo passaram a entender que ele pode ser reduzido, reutilizado e reciclado.

Porém apenas isto não basta, é esperado que cada aluno, após tais informações, seja um verdadeiro seguidor da política dos 3R's, se tornando um elo multiplicador de conhecimento na divulgação da importância de tais conceitos, objetivando assim, a diminuição dos impactos ambientais provocados pelos RSU.

Enfim, para encerrar uma licenciatura é fundamental que o trabalho de conclusão esteja ligado a educação. Pois através desta é possível não só alterar o rumo dos materiais descartados, conforme a proposta da presente monografia, principalmente, a do capítulo 3, como também melhorar as perspectivas de todo o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABIVIDRO. *A Cor do Vidro. Embalagem.* Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/index.php/21>>. Acesso em: 30 de março de 2009.

ABIVIDRO. *Qualidade.* Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/index.php/26>>. Acesso em: 30 de março de 2009.

ABIVIDRO. *Tipos de Vidro. Divisão do Vidro.* Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/index.php/20>>. Acesso em: 30 de março de 2009.

ABIVIDRO. *Vidro Plano. Embalagem.* Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/index.php/21>>. Acesso em: 30 de março de 2009.

ABRELPE. *Censo de Reciclagem.* Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/pdf/7_Reciclagem.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2009.

AMBIENTE BRASIL. *Reciclagem de Vidro.* Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&cont_eudo=./residuos/reciclagem/vidro.html> Acesso em: 30 de março de 2009.

AFONSO, Luís. *A arte do vitral na Baixa Idade Média Européia.* Disponível em: <<http://www.revista-temas.com/contacto/NewFiles/Contacto6.html>>. Acesso em: 05 de julho de 2009.

ARAÚJO, Eudes Borges. *Vidro: Uma Breve História, Técnicas de Caracterização e Aplicações na Tecnologia.* Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v19_325.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2009.

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P.; revisão técnica: SOARES, Gloria Dulce de Almeida; BASTOS, Ivan Napoleão; SACCO, Wagner Figueiredo; tradução: Vértice Translate; All Tasks. *Ciência e Engenharia dos Materiais.* São Paulo: Cengage Learning, 2008.

BRAGA, Benedito. *et all. Introdução à Engenharia Ambiental, O desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Dispõe sobre as Diretrizes e Bases Educacionais. Disponível em: <<http://www.cefetce.br/Ensino/Cursos/Médio/Lei.htm>>. Acesso em: 18 de maio de 2006.

CAMARGO, Suzana. *Zurique é modelo em reciclagem de lixo*. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/conteudo_467362.shtml>. Acesso em: 05 de julho de 2009.

CASTRO, Rosária Souza. *Corte e Têmpera de Vidro*. Disponível em: <<http://sbrtv1.ibict.br/upload/sbrt5468.html?PHPSESSID=55ffa74ec891d4dd73f83cdc7e6b1dd5>>. Acesso em: 05 de julho de 2009.

CEMPRE. *O mercado para reciclagem*. Disponível em: <http://cempre.tecnologia.ws/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_pet.php>. Acesso em: 02 out. 2008.

COELHO, Rivaldo Teodoro. *Contribuição ao estudo da aplicação de materiais alternativos nos compostos a base de cimento Portland : Uso de Grãos de Polipropileno Reciclado em Substituição aos Agregados do Concreto*. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000365584>>. Acesso em: 11 de outubro de 2008.

COMLURB. *Caracterização Gravimétrica e Microbiológica dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município do Rio de Janeiro – 2007*. Disponível em: <http://comlurb.rio.rj.gov.br/download/caracterizacao_do_lixo_domiciliar_2007.pdf>. Acesso em: 08 de abril de 2009.

CORTEZ, Juan Carlos V. *et. all. Significados Psicológicos do Lixo*. Disponível em: <http://www.milfont.com/pub_lixo2003.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2009.

DIAS, Silmara Lopes Francelino Gonçalves. *Há vida após a morte: um (re) pensar estratégico para o fim da vida das embalagens*. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2006000300009&script=sci_arttext&tlng=pt)

530X2006000300009&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 02 de julho de 2008.

DIAS, Silmara Lopes Francelino Gonçalves; TEODÓSIO, Armindo dos Santos de Souza. *Reciclagem do PET: desafios e possibilidades*. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR520346_8551.pdf> Acesso em: 06 out. 2008.

FABI, Andréa Rodrigues. *Comparação do Consumo de Energia e Emissão de CO₂ entre Garrafas PET e de Vidro, Utilizando Análise Ambiental do Ciclo de Vida*. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000376961>>. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

FORLIN, Flávio J.; FARIA, José de Assis F. *Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas*. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v12n1/9876.pdf>>. Acesso em: 02 de julho de 2008.

FREDERICK. *Reciclagem de PET triplica em uma década*. Disponível em: <<http://www.agenciamandalla.org.br/modules.php?file=article&name=News&sid=211>>. Acesso em: 05 de julho de 2009.

GIRALDI, André Luís Ferrari de Moura. *Desenvolvimento e Caracterização Termo-Mecânica de Compósitos de PET Reciclados com Fibra de Vidro*. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000317738>>. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

HISATUGO E. Y.; MARÇAL JÚNIOR, O. *Impacto Ambiental Positivo Gerado pela Coleta Seletiva e Reciclagem de Alumínio e Papel em Uberlândia, MG*. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiceb/resumos/458a.pdf>>. Acesso em: 28 de março de 2009.

JR., Arlindo Philippi; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet; *Curso de Gestão Ambiental*. São Paulo: Manole, 2004.

LIMA, Rose Mary Rosa de; FILHO, Eduardo Romeiro; *A Reciclagem de Materiais e Suas Aplicações no Desenvolvimento de Novos Produtos: Um Estudo de Caso*. Disponível em: <<http://www.iem.efei.br/sanches/Ensino/pos%20graduacao/GPDP/artigos/Artigo%2012.pdf>>. Acesso em: 27 de março de 2009.

MALAGUETA, Diego Cunha; MEDINA, Heloisa V. de. *O desafio da reciclagem de plásticos automotivos*. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XI_jic_2003/07_Diego_Cunha_JIC_2003.pdf>. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

MANRICH, Sati; FRATTINI, Gustavo; ROSALINI, Antonio Carlos. Identificação de Plásticos. Uma ferramenta para Reciclagem. São Carlos. Ed. UFSCar. 1997.

MANRICH, Sílvio. Processamento de Termoplásticos: Rosca Única, Extrusão e Matrizes, Injeção e Moldes: São Paulo: Artliber, 2005.

REDAÇÃO DO AMBIENTE BRASIL. *Análise do Ciclo de Vida (ACV) e Reciclagem*. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/analise_do_ciclo_de_vida_%28acv%29_e_reciclagem.html>. Acesso em: 19 de maio de 2009.

REDAÇÃO DO AMBIENTE BRASIL. Estatísticas de Reciclagem – Lixo. O lixo é uma fonte de riquezas. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/estatisticas_de_reciclagem/estatisticas_de_reciclagem_-_lixo.html>. Acesso em: 27 de maio de 2009.

SANTOS, Amélia S. F. et all. Tendências e Desafios da Reciclagem de Embalagens Plásticas. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v14n5/23062.pdf>>. Acesso em: 24 de maio de 2008.

SILVEIRA, Ana Paula de Carvalho. et all. *Reciclagem de Lixo e Química Verde. Papel, Vidro, Metal, Pet e Orgânicos*. Disponível em: <http://www.ccmn.ufrj.br/curso/trabalhos/pdf/quimica-trabalhos/quimica_meioambiente/quimicaeamb2.pdf> Acesso em: 10 de maio de 2009.

SPINACÉ, M.A.S. PAOLI, M, A. *A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros*. Química Nova, Vol. 28, Nº1, 65-72. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28n1/13-RV03270.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2008.

SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva. *Poli (tereftalato de etileno): Reprocessamento por Extrusão e Metodologias de Caracterização*. Disponível em: <<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtIs000214849.pdf>> Acesso em: 04 de agosto de 2008.

TV NATUREZA. _____. Disponível em: <http://www.tvnatureza.com/index.php?option=com_content&task=view&id=191&Itemid=2> Acesso em: 27 de maio de 2009.

VALT, Renata Bachmann Guimarães. *Análise do Ciclo de Vida de Embalagens de PET, de Alumínio e de Vidro para Refrigerantes no Brasil variando a Taxa de Reciclagem dos Materiais*. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/1593/1/ACV%20EMBALAGENS.pdf>>. Acesso em: 27 de março de 2009.

WAN, Emerson; GALEMBECK, Eduardo; GALEMBECK, Fernando. *Polímeros Sintéticos*. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/02/polimer.pdf>>. Acesso em: 07 de setembro de 2008.

WIEBECK, Hélio; HARADA, Júlio. *Plásticos de Engenharia. Tecnologia e Aplicações*. São Paulo: Artliber, 2005.