

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EM QUÍMICA
MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL DE CURSO

EDUCAÇÃO AMBIENTAL: RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Aluno: Fabiano de Bonis de Britto
Orientador: Prof. Júlio Carlos Afonso

RIO DE JANEIRO

JULHO DE 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EM QUÍMICA

EDUCAÇÃO AMBIENTAL: RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

**Apresentação de Projeto Final de Curso à
Universidade Federal do Rio de Janeiro como
condição prévia para obtenção do grau de Licenciado
em Química.**

Aluno: Fabiano de Bonis de Britto

JULHO DE 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EM QUÍMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Curso: Licenciatura em Química

Licenciando: Fabiano de Bonis de Britto

DRE: 103080759

Orientador: Prof. Júlio Carlos Afonso

**Título da Monografia: EDUCAÇÃO AMBIENTAL: RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS**

BANCA EXAMINADORA

.....
Prof.^a Dra. Magaly Girão Albuquerque, DQO/IQ/UFRJ

.....
Prof.^a Dra. Zélia Therezinha Custódio Leite, DQA/IQ/UFRJ

“... E nunca considere seu estudo como uma obrigação, mas sim como uma oportunidade invejável de aprender, sobre a influência libertadora da beleza do domínio do espírito para o seu prazer pessoal e o proveito da comunidade à qual pertencerá o seu trabalho futuro. ...”

Albert Einstein (1879-1955)

Dedico esta monografia, primeiramente a Deus, por ter abençoado os meus caminhos até aqui e para todo sempre.

À minha amada esposa Jaqueline, por todos os momentos de dificuldades e alegria que estive comigo ao meu lado.

À minha família, em especial, meus pais Getúlio e Glória, meus irmãos, Andréa e Eduardo, minhas tias Elena e Cláudia, por sempre me apoiarem em todos os momentos desta caminhada, com muito amor, dedicação, paciência e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me abençoar e conceder força, sabedoria, saúde e proteção para a conclusão desta caminhada.

Ao Curso de Graduação em Licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela oportunidade concedida. A todo corpo docente do Instituto de Química desta Instituição de Ensino, que durante todo o curso conseguiram ir além da transmissão dos conhecimentos do currículo disciplinar.

Ao Professor Dr. Júlio Carlos Afonso, pela orientação no desenvolvimento desta monografia, pelo incentivo e pela confiança em mim depositada para elaboração deste trabalho.

À Secretária Vânia Rufino, pelo sorriso amigo no rosto, por estar sempre disposta a ajudar e pela amizade que nasceu desse convívio.

A todos os amigos e companheiros do curso, em especial a Daniella Perrotta, a Ivanete Campos, a Tatiane Silva, ao Carlos Assumpção que sempre partilhavam das mesmas dificuldades e juntos torcíamos um pela vitória do outro.

Aos amigos pessoais, que mesmo quando não presentes torceram e torcem pelo meu sucesso e pelo alcance de todos os meus objetivos.

Aos meus irmãos, Andréa e Eduardo, aos meus cunhados Cláudia e Dymytryus, e às minhas tias Elena e Cláudia, pelo carinho, incentivo e apoio.

Mais uma vez aos meus pais, Getulio e Gloria, que foram simplesmente imprescindíveis na conquista de mais uma vitória. Agradeço por serem desde sempre verdadeiros exemplos de luta e persistência, e por terem formado a pessoa que sou.

E por fim, agradeço a minha esposa e companheira, Jaqueline, por ter comemorado comigo todas as minhas glórias, por ter me acalentado nos momentos de dificuldades, por fazer parte da minha vida e por ter trazido a ela pessoas tão especiais, que hoje fazem parte da minha família, como o meu afilhado João Vitor, e minha segunda mãe e sogra, Jandira, que embora não esteja mais presente entre nós carnalmente, está sempre ao meu lado em espírito, e que com toda certeza, esteja onde estiver, está radiante e feliz com essa minha conquista.

RESUMO

Todos os dias a humanidade produz, em média, uma montanha de 3,5 milhões de toneladas só de lixo domiciliar. A população mundial supera os seis bilhões de pessoas. O Brasil está com uma população em torno de 180 milhões de habitantes, onde a questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é preocupante, quando cerca de 240 mil toneladas de RSU são produzidas diariamente. A produção per capita de resíduos domésticos em áreas urbanas, no país, gira em torno de 0,5 kg a 1,0 kg por dia, dependendo do porte da cidade (IPT/CEMPRE, 2000).

Entre os diversos problemas ambientais existentes, o dos RSU tem-se tornado um dos maiores desafios da atualidade. Com o crescimento acelerado da população, houve incremento na produção de bens e serviços. Estes, por sua vez, à medida que são produzidos e consumidos, acarretam uma geração cada vez maior de resíduos, os quais, coletados ou dispostos inadequadamente, trazem significativos impactos à saúde pública e ao meio ambiente.

Seguindo essa linha de raciocínio, o lixo é um problema, tanto em sua origem, gastando recursos naturais sem retorno, como no seu destino, degradando o ambiente natural com prejuízos à saúde humana. Mas também é emblemático na sua solução: se a sociedade passasse a produzir menos lixo, separasse-o antes de colocá-lo na rua, vendo ser reutilizado, reciclado ou compostado, os efeitos e as economias seriam incalculáveis.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o destino final e a gestão desse tipo de resíduo, considerando os principais impactos causados por eles, aspectos da legislação ambiental vigente em relação ao tema, o seu potencial de reaproveitamento e o emprego da educação como ferramenta de conscientização. O aluno precisa ser incentivado a refletir em relação a seus hábitos diários e as implicações quanto aos resíduos produzidos por ele. Deve-se incentivar nos alunos e nos cidadãos em geral uma postura em favor do consumo consciente e da reciclabilidade dos RSU.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO - ENTENDENDO MELHOR OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	14
1.1 Definição	14
1.2 Origem	15
1.2.1 Residencial	16
1.2.2 Comercial	18
1.2.3 Público	19
1.3 Classificação	20
1.3.1 De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ..	20
1.3.2 De acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) ...	21
1.3.3 Quanto à capacidade de reaproveitamento	22
1.3.4 Quanto à fonte geradora	23
1.3.5 Quanto às características de degradabilidade	23
1.4 Formação e composição	25
2. TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSU NO BRASIL	27
2.1 Compactação	30
2.2 Trituração	30
2.3 Incineração	31
2.4 Compostagem	33
2.5 Reciclagem	35
2.6 Aterros	38
2.6.1 Lixão	38
2.6.2 Aterro controlado	40
2.6.3 Aterro sanitário	41
3. APROVEITAMENTO DOS RSU – PET: UM ESTUDO DE CASO	43
3.1 Poli(Tereftalato de etileno) - PET	44

	10
3.2 Aspectos econômicos do PET	45
3.3 Reciclagem do PET	47
3.3.1 Reciclagem mecânica	50
3.3.2 Reciclagem química	53
3.3.3 Reciclagem energética.....	54
3.4 Aplicações do PET reciclado	54
4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	57
4.1 O consumo consciente e o desenvolvimento sustentável	58
4.2 Contextualização e experimentação em sala de aula	60
4.3 A importância do papel do professor na formação do aluno como cidadão consciente	63
5. CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Destinação final dos resíduos em peso (JUCÁ, 2003)	27
Figura 2 – Destinação final dos resíduos por municípios (JUCÁ, 2003)	27
Figura 3 – Compactadora de lixo (COMLURB, 2009)	30
Figura 4 – Triturador de lixo (COMLURB, 2009)	31
Figura 5 – Esquema de incinerador (BELÉM IN FORM, 2009)	32
Figura 6 – Incinerador da empresa Essencis em Magé em São Paulo (ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S/A., 2009)	32
Figura 7 – Ciclo da matéria orgânica (CÂMARA MUNICIPAL DO SEIXAL, 2009) ..	34
Figura 8 – Compostagem nas escolas (CÂMARA MUNICIPAL DO SEIXAL, 2009).....	34
Figura 9 – Caixas coletoras coloridas utilizadas na coleta seletiva (COMLURB, 2009).....	35
Figura 10 – Símbolos de reciclagem (COMLURB, 2009)	36
Figura 11 – Reciclagem hoje no Brasil (COMLURB, 2009)	38
Figura 12 – Esquema de lixão (POSSANTE ON LINE, 2009)	39
Figura 13 – Criança no lixão (POSSANTE ON LINE, 2009)	39
Figura 14 – Esquema de aterro controlado (POSSANTE ON LINE, 2009)	40

Figura 15 – Aterro controlado de Maringá no Paraná (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ, 2009)	41
Figura 16 – Esquema de aterro sanitário (POSSANTE ON LINE, 2009)	41
Figura 17 – Aterro sanitário de Bandeirantes em São Paulo (HELENO & FONSECA CONSTRUTÉCNICA S.A., 2009)	42
Figura 18 – Reação de obtenção do PET (GOODMAN, 1988)	44
Figura 19 – Classificação das resinas segundo a norma ABNT (ABNT / NBR 13230).....	46
Figura 20 - Principais utilizações do PET virgem (HOMENEWS, 2009)	47
Figura 21 - Ciclo de transformação de resíduos sólidos (NASCIMENTO, 1996).....	48
Figura 22 – Fardos de PET prensados (JUNDIAÍ SERVIÇOS S/A, 2009)	49
Figura 23 – Flake de PET reciclado (VERTEX TRADE AND TECHNOLOGY S/A, 2009)	51
Figura 24 – Grânulos de PET reciclado (VERTEX TRADE AND TECHNOLOGY S/A, 2009)	51
Figura 25 - Diagrama do processo de beneficiamento de garrafas PET (NASCIMENTO, 1996)	52
Figura 26 - Diagrama genérico da reciclagem química (NASCIMENTO, 1996).....	53
Figura 27 - Esquema ilustrativo da reciclagem energética (NASCIMENTO,	

1996).....	54
Figura 28 – Utilização da reciclagem na moda (COLMURB, 2009)	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos resíduos sólidos (ABNT/NBR 10004)	21
Tabela 2 – Classificação dos resíduos sólidos (CONAMA / Resolução nº 5 de 1993).....	22
Tabela 3 – Classificação dos resíduos sólidos em componentes putrescíveis, recicláveis e combustíveis (IPT/CEMPRE, 2000)	23
Tabela 4 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à fonte geradora (LIMA, 2002).....	24
Tabela 5 – Classificação dos resíduos sólidos quanto a degradabilidade (LIMA, 2002)	24
Tabela 6 – Matéria orgânica putrescível nos RSU no mundo e no Brasil em peso percentual	26
Tabela 7 – Tipo da destinação final em percentual (JUCÁ, 2003)	28
Tabela 8 – Tipo e Custos da Destinação final no Brasil (JUCÁ, 2003)	29
Tabela 9 – Aplicações para a embalagem PET por setor (NASCIMENTO,1996).....	45
Tabela 10 - Consumo de embalagens de PET (ABIPET, 2009)	46

1. INTRODUÇÃO - ENTENDENDO MELHOR OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

As atividades humanas geram produtos e resíduos dos mais variados tipos; estes últimos, materiais diversos, são chamados no nosso cotidiano de lixo.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU), antigamente designados apenas como lixo, vêm assumindo uma outra conotação, principalmente devido à consciência da sociedade em relação ao problema. O lixo reproduz os valores de um grupamento social e, sendo o reflexo de suas atividades cotidianas, sua composição demonstra o seu grau de desenvolvimento.

1.1 Definição

Pode-se definir resíduo como o conjunto dos produtos não aproveitados das atividades humanas (doméstica, comercial, industrial, de serviços, de saúde, etc.) ou gerados pela natureza, como galhos, folhas, terra, areia de dragagem, etc. Assim, o lixo é basicamente todo e qualquer resíduo sólido, proveniente de atividades humanas ou geradas pela natureza em aglomerações urbanas.

No Brasil o lixo é denominado de resíduos sólidos segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/NBR 10004). A definição oficial de resíduos sólidos, de acordo com esta Norma, é: *“Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam da atividade da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição 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 tornem inviáveis seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível”*.

Alguns autores definem o lixo como “todo e qualquer resíduo resultante das atividades diárias do homem na sociedade. Estes resíduos são, basicamente, sobras

de alimentos, papéis, papelões, plásticos, trapos, couros, madeiras, latas, vidros, lamas, gases, vapores, poeiras, sabões, detergentes e outras substâncias descartáveis de forma consciente”.

Os resíduos sólidos são, ainda, definidos como os “restos das atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis” (IPT/CEMPRE, 2000).

Uma característica própria dos países em desenvolvimento, como o Brasil, é a adoção como sistema de disposição de lixo dos chamados lixões (sem critério geotécnico e ambiental). Dentre os inúmeros problemas resultantes dessa prática obsoleta de dispor resíduo a céu aberto, pode-se citar:

- Contaminação causada pelo chorume que pode atingir o solo e as águas superficiais e subsuperficiais. Na água, o lixo pode provocar poluição física (aumento de turbidez, alteração de temperatura), poluição química (mudança de coloração e acidificação), poluição bioquímica (mau cheiro, alteração no pH e oxigênio dissolvido) e poluição biológica (presença de coliformes fecais);
- Gases resultantes da decomposição anaeróbia da matéria orgânica (CH_4 , NH_3 , CO_2 e H_2S) que contribuem para o efeito estufa e podem causar danos à saúde humana;
- Desperdício de material reciclável;
- Desvalorização de espaços urbanos para a localização dos lixões, que quase sempre são instalados nas periferias das cidades mais carentes e vulneráveis às conseqüências da degradação ambiental;
- Proliferação de insetos e agentes patogênicos.

1.2 Origem

A origem é o principal elemento para a caracterização dos resíduos sólidos. A composição dos RSU pode ser dividida principalmente em: matéria orgânica, que contém restos de alimentos, plantas e materiais em decomposição, metais, papéis,

papelões, vidros e plásticos. Estes últimos são normalmente subdivididos em filmes (películas com espessura geralmente menor do que 200 μm , o que abrange uma ampla variedade de sacos e sacolas) e plásticos rígidos. A maioria dos materiais plásticos pode ser reaproveitada, tanto para a reciclagem como para a reutilização. Mesmo a parte orgânica pode ser tratada e utilizada como composto orgânico (REMEDIO, 2002).

Os principais plásticos presentes nos RSU são o poli(tereftalato de etileno) (PET), das garrafas de refrigerante; o polietileno de alta densidade (PEAD), geralmente opaco ou translúcido, aplicado em embalagens em geral, sacos e sacolas; o poli(cloreto de vinila) – PVC -, dos tubos e conexões, sendo também aplicado em embalagens; o polietileno de baixa densidade (PEBD), que pode ser transparente e é normalmente aplicado no segmento de filmes; o polipropileno (PP), de filmes e embalagens; e o poliestireno (PS), dos copos descartáveis e carcaças de produtos eletroeletrônicos. Dado o fato que mais de um tipo de plástico pode ter a mesma finalidade e que são normalmente incompatíveis entre si, é necessária uma separação criteriosa, baseada não somente nas inscrições, que não atingem todos os produtos descartados e podem mesmo estar incorretas, mas também em suas características intrínsecas (REMEDIO, 2002).

A definição de resíduo urbano depende de cada município, pois é função do serviço de coleta de cada região. Nas atividades de limpeza urbana, os tipos residencial e comercial constituem o chamado lixo domiciliar, que junto com o lixo público, representa a maior parcela dos resíduos sólidos produzidos nas cidades:

1.2.1 Residencial

O lixo residencial é gerado nas atividades diárias dos domicílios. É composto por material orgânico, material reciclável e itens diversos. Até bem poucos anos, os resíduos residenciais eram considerados como de pequeno risco para o meio ambiente. Hoje em dia, seja pela introdução de novos produtos na vida moderna seja pelo maior conhecimento dos impactos de determinados materiais no ambiente, considera-se que estes resíduos são uma ameaça à integridade do meio ambiente e

do homem, pois contêm itens que podem ser considerados perigosos.

Embora em pequena quantidade, são encontradas no lixo doméstico pilhas e baterias, óleo de motor, tintas, pesticidas, embalagens de inseticidas, solventes e produtos de limpeza, termômetros, lâmpadas. Tais resíduos têm efeitos potencialmente nocivos à saúde e ao meio ambiente, já que provêm deles metais pesados e substâncias químicas, que se incorporam à cadeia biológica e, em alguns casos, como mercúrio, chumbo, cádmio e cloro, têm efeito de bioacumulação (acumulam no organismo) e de biomagnificação (transferência do composto através de vários elos da cadeia alimentar).

Segundo estimativas da Companhia Municipal de Limpeza Urbana da cidade do Rio de Janeiro (COMLURB, 2009), por ano, cerca de 15 milhões de pilhas e baterias comuns, além de 700 mil baterias de celulares são descartadas no Estado do Rio de Janeiro, em números crescentes. As pilhas e baterias são utilizadas em diversos aparelhos eletroeletrônicos, contendo em suas composições metais pesados, como mercúrio, chumbo, cádmio e níquel. Quando expostas ao calor e à umidade, estes metais, liberados na natureza através do vazamento das embalagens, contaminam o solo, os recursos hídricos subterrâneos e superficiais e a atmosfera (em forma de gases). Quando atingem a cadeia alimentar, contaminam os seres humanos, causando danos ao organismo, tais como distúrbios renais, neurológicos (atacando o sistema nervoso), hormonais, gástricos, dentre outras complicações.

A disposição final de pilhas e baterias é regulamentada por leis específicas, como a Resolução CONAMA nº 401/2008, que dispõe sobre a reciclagem e a reutilização e disposição final de pilhas e baterias. Porém, o tratamento dado à pilha descartada hoje no Brasil é inadequado e, muitas vezes, provoca a contaminação do ambiente.

Nos países desenvolvidos, as pilhas e baterias descartadas são recolhidas e recicladas, cabendo ao consumidor a devolução da pilha usada quando na compra de outra nova, pela qual recebe um desconto no preço. Em outros países, a fabricação de pilhas e baterias com metais mais nocivos foi proibida.

Já as lâmpadas fluorescentes possuem em sua constituição substâncias químicas nocivas ao meio ambiente, como metais pesados, entre os quais se sobressai o mercúrio metálico. Quando descartadas em grandes quantidades, o mercúrio liberado passa a evaporar e, em épocas chuvosas, pode contaminar o solo e corpos d'água. Se ingerido pelo ser humano, o mercúrio atinge o sistema nervoso, podendo causar desde lesões leves até a morte.

No Brasil, o consumo de lâmpadas fluorescentes aumentou consideravelmente, tanto em estabelecimentos industriais, comerciais, como nas residências. O consumo desenfreado foi desencadeado pelo racionamento de energia elétrica, ocorrido ao longo do ano de 2001. O poder público, visando poupar energia e, novamente, tentando resolver o problema de imediato, sem prever as conseqüências futuras, incentivou a substituição das lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes, através de propaganda maciça. Agora, há uma incerteza da disposição final desse resíduo, devido à falta de legislação que regulamente e estabeleça critérios para seu descarte.

Outro aspecto da caracterização dos resíduos residenciais refere-se à presença de microrganismos, que favorece a transmissão de doenças infecto-contagiosas, estabelecidas pela presença de seringas e fraldas descartáveis, lenços de papel, papel higiênico, curativos, preservativos, etc.

1.2.2 Comercial

É aquele produzido em estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços, cujas características dependem da atividade ali desenvolvida. Possuem composição variável de acordo com o tipo de atividade desenvolvida pela unidade geradora.

Um resíduo bastante problemático e de difícil decomposição, que se encontra muito no descarte comercial é o pneu, um problema para a sociedade e para o meio ambiente que se tornou uma preocupação mundial por ser praticamente

indestrutível e por tratar-se de um produto projetado para operar por um longo período de tempo e absorver impactos.

O Brasil produz e descarta cerca de 300.000 toneladas por ano de pneus, que vão para o lixo e de onde se aproveitam apenas o arame, o cordonel (nylon da carcaça) e parte da borracha, sendo reutilizados em aplicações de baixa tecnologia, tais como controle de erosão, protetor de árvores, recifes artificiais, composição de massa asfáltica etc.

O pneu possui, em sua estrutura, materiais como borracha, aço e tecido de nylon ou poliéster, de difícil separação. Após o uso, ele pode ser descartado, ser destinado ao reuso ou à reciclagem. Porém, causa o assoreamento de rios e lagoas, ocupando grandes espaços nos aterros sanitários ou, quando amontoados em terrenos baldios, favorecem a proliferação de insetos, além de incêndios.

A reciclagem de pneus de borracha em matéria bruta secundária, ou a recauchutagem, é a forma mais promissora de eliminação de restos de pneus do fluxo de dejetos. O método atual de reaproveitamento de borracha é caro e, utilizado em apenas cerca de vinte empresas no país, consiste na queima do pneu para a separação do arame e a borracha, causando forte poluição de gases derivados do enxofre.

Quando queimado, produz uma fumaça preta e, como subproduto, um material oleoso, que contamina as águas subterrâneas. Quando reutilizado, é recauchutado ou remoldado, e sua carcaça pode ser reaproveitada até duas vezes.

1.2.3 Público

São os resíduos compostos por sobras ou descarte de atividades, desenvolvidas pela administração pública municipal, estadual e federal, como varrição, capina, raspagem, etc., provenientes dos logradouros públicos (ruas e praças, por exemplo), bem como móveis velhos, galhos grandes, aparelhos de cerâmica, entulhos de obras e outros materiais inservíveis deixados pela população,

indevidamente, nas ruas (transeuntes, quando se deslocam em vias públicas, durante o exercício de trabalho, esporte, lazer, etc.) ou retirados das residências através de serviço de remoção especial.

Englobam-se ainda os resíduos gerados por terminais de passageiros e cargas (Portos, Aeroportos, Rodoviárias e Estações Ferroviárias), que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos. Basicamente, o lixo gerado nestes estabelecimentos assemelha-se ao resíduo domiciliar, contudo podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados e países.

1.3 Classificação

A variedade de constituintes com características diferenciadas que compõe o RSU demanda diversas classificações tendo, cada uma, objetivos específicos. Os RSU podem ser classificados segundo sua periculosidade, em função de suas propriedades físicas, químicas e infecto-contagiosas e na identificação de contaminantes presentes em sua massa. Existem também classificações em relação à fonte geradora, à capacidade de reaproveitamento e biodegradabilidade.

As decisões técnicas e econômicas relacionadas ao trato dos resíduos sólidos deverão estar fundamentadas em sua classificação, que condicionará ou não a necessidade de medidas especiais.

1.3.1 De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

A ABNT, em sua norma NBR 10004, classifica os resíduos sólidos em função de sua periculosidade química e biológica. São divididos em classes I – resíduos perigosos - classe II - resíduos não perigosos, subdivididos em A, não inertes e em B, inertes, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos resíduos sólidos (ABNT/NBR 10004)

CLASSES	CARACTERÍSTICAS
<p>CLASSE I RESÍDUOS PERIGOSOS</p>	<p>Aqueles que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar:</p> <p>a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;</p> <p>b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.</p> <p>Inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade são características da periculosidade de um resíduo.</p> <p>Exemplos: borras de tinta, lodo de galvanoplastia, Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), solventes, substâncias cloradas e contendo metais pesados, outros.</p>
<p>A: NÃO INERTES</p>	<p>Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes.</p> <p>Os resíduos classe II A podem ter propriedades, tais como a biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.</p> <p>Exemplo: lixo domiciliar urbano (doméstico e comercial), sucata de metais ferrosos e não ferrosos, papel, plástico, borracha, madeira, materiais têxteis, outros.</p>
<p>CLASSE II RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS</p>	<p>B: INERTES</p> <p>Qualquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Exemplo: cacos de vidro, entulho de construção, refratários, outros.</p>

1.3.2 De acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)

O CONAMA, em sua Resolução nº 5 de 1993 classifica os resíduos em grupos A, B, C e D, de acordo com sua periculosidade, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos resíduos sólidos (CONAMA / Resolução nº 5 de 1993)

GRUPO	CARACTERÍSTICAS	RESÍDUO
GRUPO A	Risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos.	Serviços de Saúde (RSS)
GRUPO B	Risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características químicas.	Drogas quimioterápicas e produtos por elas contaminados, resíduos farmacêuticos (medicamentos vencidos, contaminados, interditados ou não utilizados); e demais produtos perigosos, conforme classificação da NBR 10.004 da ABNT (resíduos tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos)
GRUPO C	Resíduos radioativos	
GRUPO D	Resíduos comuns	Todos os demais que não se enquadram nos grupos descritos anteriormente

1.3.3 Quanto à capacidade de reaproveitamento

De acordo com o Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT/CEMPRE, 2000), o lixo urbano é constituído por diferentes frações que podem ser classificadas em putrescíveis, recicláveis e combustíveis, conforme apresentado na Tabela 3.

Esta classificação é útil quando se conhece a composição física do lixo urbano, no intuito de se ordenar o quantitativo de materiais passíveis de passar por processos de compostagem, reciclagem ou de serem utilizados na geração de energia e calor. Esta categorização proporciona um melhor entendimento das potencialidades que os componentes do lixo urbano podem ter, quando o objetivo é a avaliação das alternativas para sua destinação final.

Tabela 3 – Classificação dos resíduos sólidos em componentes putrescíveis, recicláveis e combustíveis (IPT/CEMPRE, 2000)

COMPONENTES	PUTRESCÍVEL	REICLÁVEL	COMBUSTÍVEL
BORRACHA		X	X
COURO	X		X
MADEIRA	X	X	X
MATÉRIA ORGÂNICA PUTRESCÍVEL	X		
METAIS FERROSOS		X	
METAIS NÃO-FERROSOS		X	
PAPEL	X	X	X
PAPELÃO	X	X	X
PLÁSTICO DURO		X	X
PLÁSTICO FILME		X	X
TRAPOS		X	X
VIDRO		X	

FONTE: CEMPRE/IPT, 2000

1.3.4 Quanto à fonte geradora

De acordo com a fonte geradora as características básicas dos resíduos sólidos gerados podem ser classificados como domiciliar, comercial, industrial, de atividades públicas, de vias públicas e de serviço de saúde, conforme apresentados na Tabela 4.

1.3.5 Quanto às características de degradabilidade

Com relação a sua biodegradabilidade, os resíduos sólidos podem ser classificados (LIMA, 2002) em não degradáveis, dificilmente degradáveis, moderadamente degradáveis e facilmente degradáveis, como apresentado na Tabela 5.

Tabela 4 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à fonte geradora (LIMA, 2002)

ORIGEM	CARACTERÍSTICAS
DOMICILIAR	Gerados em residências, composto por resto de alimentos, jornais, revistas, embalagens vazias de papelão ou de plásticos, papel e absorventes higiênicos usados, fraldas descartáveis, curativos, seringas, etc. Produtos tóxicos como frascos contendo tintas, vernizes, solventes, pigmentos, óleos lubrificantes, pilhas, baterias, lâmpadas. É comum a presença de itens perfuro cortantes como agulhas, lâminas de barbear, pregos etc. Ainda existem eletrodomésticos, pequenos móveis, utensílios domésticos, roupas, calçados, brinquedos, animais mortos, e outros.
COMERCIAL	Gerados em estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços como supermercados, bancos, lojas, bares, restaurantes, etc. Sua composição depende da atividade desenvolvida pela unidade geradora. Os resíduos oriundos de bares, restaurantes e similares são mais ricos em matéria orgânica, enquanto aqueles oriundos de estabelecimentos de prestação de serviços são mais ricos em material reciclável. Os resíduos de origem domiciliar e comercial compõem o lixo domiciliar urbano, caso não haja coleta diferenciada, o que ocorre na grande maioria dos municípios brasileiros
INDUSTRIAL	Sua composição básica depende da atividade desenvolvida pela indústria. Há legislação específica que trata da disposição, coleta e destinação final dos resíduos industriais. Ressalta-se que toda indústria possui em seu interior escritório, cantina, refeitório e outros pontos geradores de resíduos sólidos tipicamente urbanos, que devem ser recolhidos separadamente dos resíduos industriais e dispostos normalmente à coleta regular.
PÚBLICO	Derivado da limpeza das vias públicas, praias, galerias, córregos, terrenos baldios, etc. Inclui componentes do lixo domiciliar, resto de podas de árvores e corpos de animais.
AGRICOLA	Produzido pela agricultura e pecuária. Além dos compostos de lixo doméstico incluem embalagens de fertilizantes, pesticidas, rações, resto de colheita, esterco animal, etc.
CONSTRUÇÃO CIVIL	São habitualmente compostos por materiais inertes, mas podem ser encontrados produtos tóxicos como restos de tinta, solventes, fibra de amianto etc.
SERVIÇO DE SAÚDE	Gerados por hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios, farmácias, postos de saúde, consultórios médicos e dentários. Incluem-se nestes, qualquer outro estabelecimento que gere resíduos sólidos, que devam ser tratados por legislação específica, e necessitem de acondicionamento correto para que sejam coletados e tenham sua destinação final providenciada pelo poder público

Tabela 5 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à degradabilidade (LIMA, 2002)

DEGRADABILIDADE	CARACTERÍSTICAS	RESÍDUOS
NÃO DEGRADÁVEIS	Resistentes a biodegradação	Vidros e metais
DIFICILMENTE DEGRADÁVEIS	Biodegradação nula ou desprezível.	Plásticos, borrachas, couro, tecidos sintéticos, outros.
MODERADAMENTE DEGRADÁVEIS	A biodegradação ocorre em um período de duas a quatro semanas.	Papéis, papelão e outros materiais celulósicos.
FACILMENTE DEGRADÁVEIS	Resíduos orgânicos putrescíveis, facilmente biodegradáveis, cuja degradação é realizada por bactérias e fungos.	Restos de comida, sobras de alimentos, resíduos de podas e capinas, animais mortos, fezes animais, outros.

FONTE: LIMA, 2002

1.4 Formação e composição

A produção de lixo é um dos indicadores que melhor revela a interação entre as atividades humanas e o meio ambiente. Os principais fatores que regem sua origem e produção são a população e a industrialização. Por ser o resultado dos rejeitos das infinitas atividades humanas, apresenta-se bastante heterogêneo. Os lixos variam espacialmente e temporalmente, estando essas diferenças relacionadas, entre outros, a fatores como o número de habitantes; as variações sazonais; as condições climáticas; aos hábitos e costumes da população; ao nível educacional; ao poder aquisitivo; a segregação na origem; a disciplina e controle dos pontos produtores; as leis e regulamentações específicas.

O teor de matéria orgânica representa a quantidade, em peso seco, de matéria orgânica contida na massa de lixo. Pode ser putrescível – verduras, folhas, restos de alimentos, carnes, animais mortos – ou não putrescível – papel, papelão, madeira, ossos, couro, trapos.

Os RSU brasileiros costumam apresentar taxas de matéria orgânica putrescível da ordem de 50% a 70%, o que os diferencia dos resíduos de outros locais. Este teor orgânico influencia vários aspectos do funcionamento dos aterros. A Tabela 6 apresenta composições de resíduos urbanos de diferentes cidades no mundo e no Brasil. Observa-se que, em geral, o conteúdo de matéria orgânica presente no resíduo das cidades brasileiras é maior do que nas cidades de países mais industrializados.

O RSU além de variar em sua constituição, pode variar enormemente ao longo do tempo. Antes de 1965 não havia plástico no lixo brasileiro. O plástico surgiu aproximadamente no final dos anos 1960. Atualmente sua participação na massa do lixo é extremamente significativa e não pode deixar de ser considerada na avaliação dos diversos parâmetros geotécnicos dos RSU.

Tabela 6 – Matéria orgânica putrescível nos RSU no mundo e no Brasil em percentual em massa

CIDADES INTERNACIONAIS	MATERIAL ORGÂNICO	CIDADES BRASILEIRAS	MATERIAL ORGÂNICO
PEQUIM (1)	45%	SALVADOR (2)	70%
GENEVA (1)	28%	MANAUS (3)	51%
N. IORQUE (1)	20%	RECIFE (4)	60%
NAIROBI (1)	74%	SÃO PAULO (5)	52%
COCHABAMBA (1)	71%	LARANJAL DO JARÍ (6)	61% (2001)
ISTAMBUL (1)	61%	QUATIS	52% (2002)

2. TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSU NO BRASIL

De acordo com Jucá (2003), a destinação final dos resíduos sólidos no Brasil, considerando o percentual por quantidade (em massa) dos resíduos e o percentual pelo número de municípios, respectivamente, são apresentados nas Figuras 1 e 2.

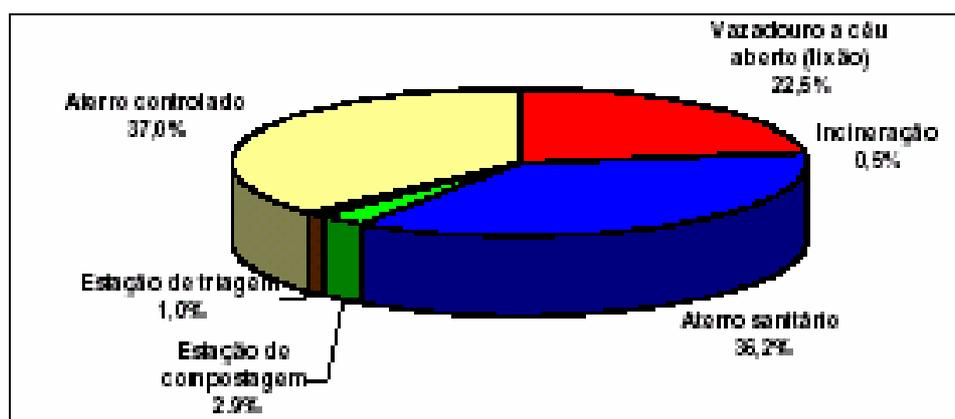


Figura 1 – Destinação final dos resíduos em massa (JUCÁ, 2003)

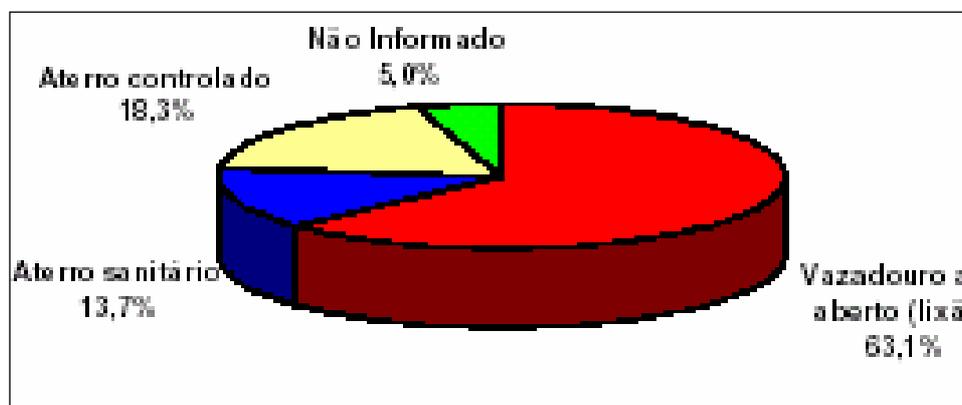


Figura 2 – Destinação final dos resíduos por municípios (JUCÁ, 2003)

Através destes dados percebe-se uma situação exageradamente favorável no que se refere à quantidade de lixo vazado nas unidades de destinação final, devido ao fato de aproximadamente 73,2% de todo o lixo coletado no Brasil estaria tendo um destino final adequado, em aterros sanitários ou controlados. Entretanto, ao analisar as informações tomando-se por base, o número de municípios, o resultado já não é tão empolgante, pois 63,1% deles informam que depositam seus

resíduos em lixões e apenas 13,7% declaram que possuem aterros sanitários. Por outro lado, dos 5.561 municípios brasileiros, 73,1% têm população inferior 20.000 habitantes. Nestes municípios, 68,5% dos resíduos gerados são vazados em locais inadequados.

A Tabela 7 apresenta os tipos de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos por região brasileira (JUCÁ, 2003).

Tabela 7 – Tipo da destinação final em percentual (JUCÁ, 2003)

	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Vazalouro a céu aberto	21,3	57,2	48,3	9,8	25,9	22
Aterro controlado	37	28,3	14,6	46,5	24,3	32,8
Aterro sanitário	36,2	13,3	36,2	37,1	40,5	38,8
Estação de compostagem	2,9	0	0,2	3,8	1,7	4,8
Estação de triagem	1	0	0,2	0,9	4,2	0,5
Incineração	0,5	0,1	0,1	0,7	0,2	0,2
Locais não-fixos	0,5	0,9	0,3	0,6	0,6	0,7
Outra	0,7	0,2	0,1	0,7	2,6	0,2

No Brasil, já existe um número significativo de aterros sanitários, principalmente nas Regiões Sudeste e Sul. Por outro lado, nas demais regiões, este tipo de destinação final é praticamente inexistente. A grande dificuldade reside nos custos de operação de um aterro sanitário, que pressupõem tratamento adequado de líquidos e gases efluentes, além de todos os demais cuidados previstos nas normas técnicas pertinentes. Vale ressaltar que as normas brasileiras de aterros de resíduos foram elaboradas, em sua maioria, há duas décadas e praticamente não incorporaram os conceitos mais recentes de geotecnia ambiental ou mesmo de biotecnologia (JUCÁ, 2003).

Os aterros sanitários existentes no país são operados pela iniciativa privada, contratada pelas prefeituras ou empresas municipais, sob a forma de terceirização. Neste sentido, as prefeituras pagam pela quantidade, em peso, de lixo depositado no aterro (R\$/tonelada). A Tabela 8 apresenta tipos de aterros, formas de gestão e os custos de operação de alguns aterros brasileiros.

Tabela 8 – Tipo e custos da destinação final no Brasil (JUCÁ, 2003)

CIDADE	TIPO DISPOSIÇÃO FINAL	GESTÃO	RS/Ton
Recife-PE	Aterro Controlado da Muribeca	Municipal	6,04 ¹
Biguaçu - SC	Aterro Sanitário da Formaco	Terceirizada	Não informado
Rio de Janeiro-RJ	Aterro Controlado de Gramacho	Terceirizada	5,06 ¹
Rio de Janeiro-RJ	Aterro Controlado Zona Oeste	Municipal	6,78 ¹
Fortaleza-CE	Aterro Sanitário de Caucaia	Terceirizada	5,80 ¹
Fortaleza-CE	Aterro Sanitário de Aquiraz	Terceirizada	7,20 ¹
Goiania-GO	Aterro Controlado de Goiania	Terceirizada	10,00 ¹
Belo Horizonte-MG	Aterro Remediado de BH	Municipal	10,82 ¹
Porto Alegre-RS	Aterro Sanitário da Extrema	Municipal	18,00 ²
Porto Alegre - RS	Aterro Sanitário Metropolitano Santa Tecla	Municipal	18,00 ²
Itaquaquecetuba - SP	Aterro Sanitário de Itaquaquecetuba	Terceirizada	Não informado
Mauá- SP	Aterro Sanitário de Mauá	Terceirizada	Não informado
São Paulo-SP	Aterro Sanitário São João	Terceirizada	18,00 ¹
Santo André-SP	Aterro Sanitário	Municipal	13,00 ¹
União da Vitória-PR	Aterro Sanitário	Municipal	17,46 ¹
Salvador-BA	Aterro Sanitário Metropolitano	Municipal	15,00 ¹
Palmas - TO	Aterro Sanitário	Municipal	7,89 ²
Araguaína - TO	Aterro Sanitário	Municipal	41,67 ²
Guarai-TO	Aterro Sanitário	Municipal	33,33 ²
João Pessoa-PB	Aterro Controlado	Municipal	4,00 ²

¹ Dados fornecidos em março de 2001

² Dados fornecidos em agosto de 2002

Recentemente, tem-se observado em alguns municípios brasileiros, uma tendência a um regime de concessão dos serviços por um período mais longo, superior a 15 anos, onde as empresas concessionárias fazem o investimento com o projeto, licenciamento e infra-estrutura necessária à operação do aterro sanitário, podendo cobrar seus serviços à prefeitura ou diretamente aos usuários.

A destinação ou disposição final, como o próprio nome sugere, é a última fase de um sistema de limpeza urbana. Geralmente, esta operação é efetuada

imediatamente após a coleta. Em alguns casos, entretanto, antes de ser disposto, o lixo é processado, isto é, sofre algum tipo de beneficiamento, visando melhores resultados econômicos, sanitários e ambientais. Quando o processamento tem por objetivo fundamental a diminuição dos inconvenientes sanitários ao homem e ao meio ambiente, diz-se então que o lixo foi submetido a um tratamento.

2.1 Compactação

É um processamento (Figura 3) que reduz o volume inicial de lixo de 1/3 a 1/5, favorecendo o seu posterior transporte e disposição final. Isto pode se dar nas estações de transferência.



Figura 3 – Compactadora de lixo (COMLURB, 2009)

2.2 Trituração

Consiste na redução da granulometria dos resíduos, através de emprego de moinhos trituradores, objetivando diminuir o seu volume e favorecer o seu tratamento e disposição final (Figura 4). Também pode ocorrer em estações de transferência.



Figura 4 – Triturador de lixo (COMLUR, 2009)

2.3 Incineração

Este processo visa à queima controlada do lixo em fornos projetados (Figura 5) para transformar totalmente os resíduos em material inerte, propiciando também uma redução de volume e de peso.

O material remanescente da incineração dos resíduos é, em geral, composto por gases como dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2), nitrogênio (N_2), gás inerte proveniente do ar, utilizado como fonte de oxigênio e do próprio lixo, oxigênio (O_2), proveniente do ar em excesso, que não consegue ser completamente queimado, água (H_2O), cinza e escórias, constituídas de metais ferrosos e inertes (LIMA, 1995).

De uma maneira geral, são adotados dois tipos básicos de incineração: convencional e com recuperação de energia. Neste último caso, utiliza-se um gerador de vapor, colocado no caminho dos gases da combustão, com objetivo de aproveitar considerável parcela de energia térmica neles contida, através do esfriamento dos gases.

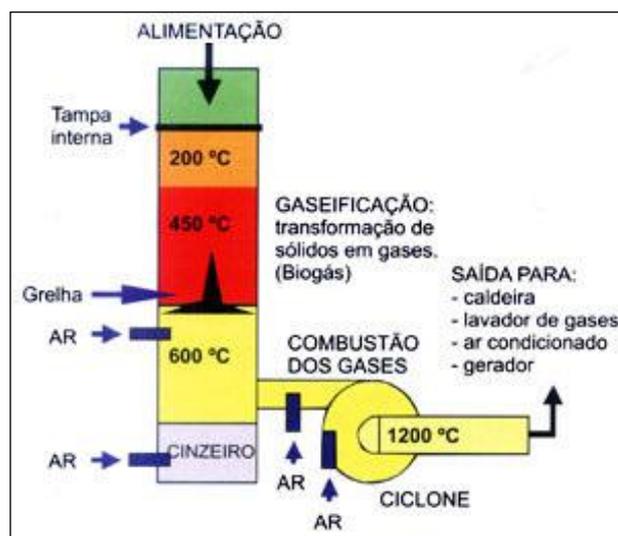


Figura 5 – Esquema de incinerador (BELÉM IN FORM, 2009)

Do ponto de vista sanitário a incineração é excelente. As desvantagens são os altos custos de instalação e operação (Figura 6), além dos riscos de poluição atmosférica, quando o equipamento não for adequadamente projetado e operado. Devido a este último fato, este processo, que vem caindo gradativamente em desuso devido às conseqüências ambientais do lançamento de gases e partículas, necessita de filtros especiais para o tratamento desses efluentes da combustão, que encarecem o processo.



Figura 6 – Incinerador da empresa Essencis em São Paulo (ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S/A, 2009)

2.4 Compostagem

Trata-se de um método para decomposição do material orgânico existente no lixo (Figura 7), sob condições adequadas, através de processos físicos, químicos e biológicos, em uma matéria orgânica mais estável e resistente à ação das espécies consumidoras. Este processo ocorre pela ação de microorganismos, existentes no próprio lixo, que vão decompondo a matéria orgânica mais complexa em produtos finais mais simples (LIMA, 1991). A matéria orgânica presente no lixo sofre decomposição aeróbia e anaeróbia. O produto composto pode ainda ser utilizado como adubo na agricultura. Apesar de ser considerado um método de tratamento, a compostagem também pode ser entendida como um processo de destinação final do material orgânico presente no lixo e, seu composto, seu produto de reciclagem (FARIA, 2002). Isto porque possibilita enorme redução da quantidade de material a ser disposto no aterro sanitário, ou seja, somente o que for rejeitado no processamento.

Existem vários sistemas de compostagem, que se utilizam dos princípios físicos e biológicos, diferenciando-se quanto aos equipamentos, forma de disposição, entre outras características. Mesmo havendo vários sistemas, todos eles apresentam duas fases distintas: o tratamento físico e o tratamento biológico.

O tratamento físico destina-se ao preparo dos resíduos, favorecendo a ação biológica. Nesta etapa, os resíduos sofrem processo de separação manual e/ou mecânica, onde a fração inorgânica é retirada da massa. A seguir, os resíduos restantes são gradualmente triturados, homogeneizados e enviados para leiras que permanecem de 90 a 120 dias. Pode-se adicionar lodo de estações de tratamento de esgotos a fim de acelerar o processo.



Figura 7 – Ciclo da matéria orgânica (CÂMARA MUNICIPAL DO SEIXAL, 2009)

No Brasil, um país de origem agrícola, há pouca tradição na produção de compostos orgânicos, existindo um número reduzido destes sistemas em operação. Na verdade, o sistema de tratamento através da compostagem é carente de estudos precisos para sua implantação e otimização e, quando feita em casa, pode gerar vetores como insetos, ratos e até urubus. O processo de compostagem deve estar, sempre que possível, associado a um sistema de recuperação dos subprodutos recicláveis presentes no lixo (Figura 8). A escola é um excelente local para esse tipo de trabalho.



Figura 8 – Compostagem nas escolas (CÂMARA MUNICIPAL DO SEIXAL, 2009)

2.5 Reciclagem

É o processo pelo qual um material é separado do lixo e reintroduzido no ciclo produtivo como matéria-prima e transformado em novo produto, seja igual ou semelhante ao anterior e podendo assumir características distintas das iniciais.

A reciclagem dos materiais recuperáveis no lixo urbano tem cada vez maior aceitação no mundo. As vantagens econômicas, sociais, sanitárias e ambientais sobre os outros métodos são evidentes.

O processo de reciclagem envolve, em princípio, a etapa de coleta de lixo que quando é precedida de separação realizada nos domicílios, é chamada de coleta seletiva (Figura 9) e, em caso contrário, é chamada coleta usual. A Figura 10 mostra um sistema simples que permite diferenciar os materiais básicos passíveis de reciclagem.



Figura 9 – Caixas coletoras coloridas utilizadas na coleta seletiva (COMLURB, 2009)

A próxima etapa é a triagem, que consiste numa separação, só que de maneira mais detalhada. Isso acontece principalmente com os plásticos e os papéis, que apresentam grande diversidade e devem ser classificados, por exemplo, no caso de plásticos, como canetas, brinquedos, telefones, potes, fraldas, etc.



Figura 10 – Símbolos de reciclagem (COMLURB, 2009)

Os filmes plásticos, por serem altamente volumosos, tornam-se um problema para a disposição final dos RSU, contribuindo para a redução da vida útil de aterros. Porém, este material apresenta um grande potencial para a reciclagem (REMEDIO, 2002).

Após a separação, os materiais são beneficiados e acondicionados. Os metais e papéis são prensados e enfardados, os vidros são triturados, os plásticos são lavados e transformados em pequeninas pelotas (FARIA, 2002). Tanto a triagem como o beneficiamento e o acondicionamento são realizados em locais especificamente destinados a estas finalidades, sendo chamados de Centros de Reciclagem, ou de Triagem.

Em seguida, os materiais são armazenados para distribuição às indústrias recicladoras. A última etapa acontece no próprio processo industrial, através do aproveitamento dos materiais para produção de bens, tanto os dirigidos para o consumidor final quanto os destinados ao processamento industrial intermediário.

Este processo poupa os recursos naturais e constitui importante forma de recuperação energética, especialmente quando associado a um sistema de compostagem. Apenas alguns componentes do lixo urbano não podem ser reaproveitados. É o caso de louças, pedras e restos de aparelhos sanitários, que até o momento, pelo menos, não tem nenhum aproveitamento econômico. Outros são considerados resíduos perigosos, como restos de tinta e pilhas, por exemplo, e devem ser separados para evitar a contaminação do composto. Dependendo das características regionais, a reciclagem pode representar um fator importante de redução de custos dentro do sistema de limpeza urbana.

Outro importante aspecto a ser lembrado é que, devido à má distribuição de renda no país e à exclusão social de um contingente cada vez maior de pessoas, a reciclagem torna-se uma alternativa de renda para muitos desempregados. O catador ambulante é uma personagem importante, que contribui informalmente com a coleta seletiva, reduzindo os gastos com a limpeza pública. Tem-se registro dessa atividade no Brasil há pelo menos 100 anos. No início do século XX, os garrafeiros já recolhiam de porta em porta vasilhames e garrafas para o reaproveitamento e/ou reciclagem do vidro.

A partir da década de 1950, a atividade de catação começou a se diversificar com a reciclagem de outros materiais (FARIA, 2002).

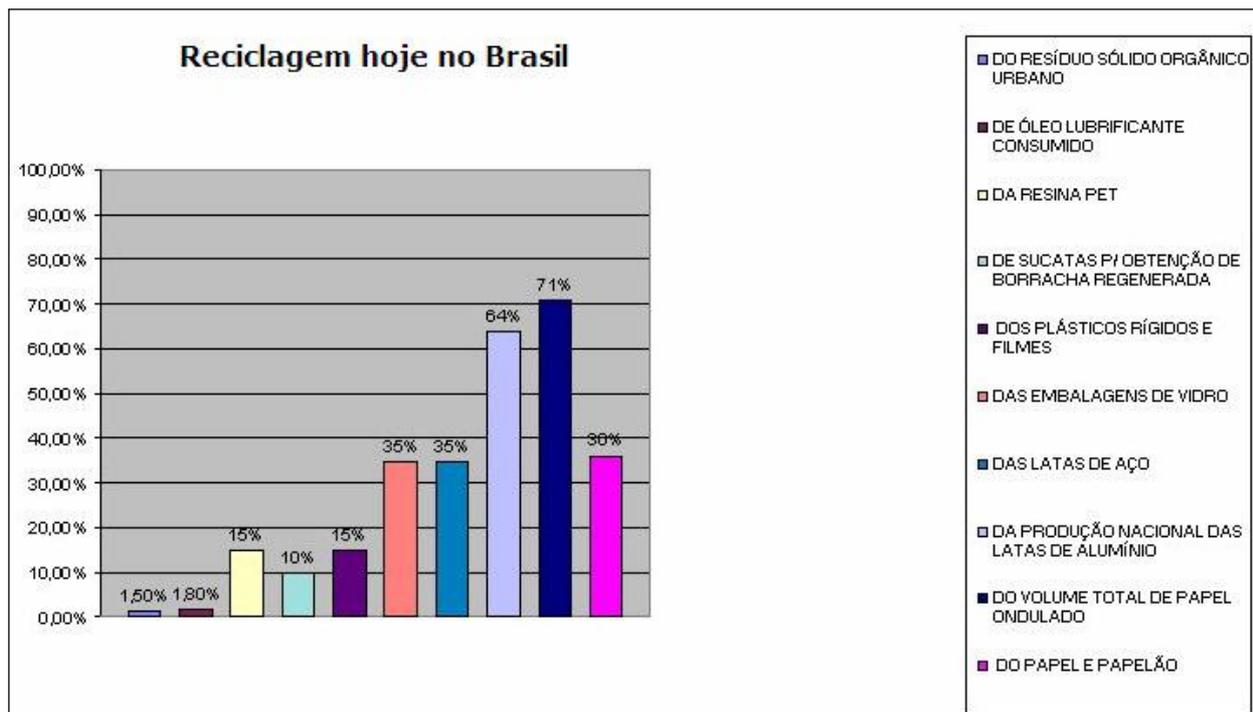


Figura 11 – Reciclagem hoje no Brasil (COMLURB, 2009)

Por esses motivos, o processo de reciclagem é de grande importância nos dias atuais. Através dele, pode-se diminuir consideravelmente o peso e o volume dos resíduos que são encaminhados aos aterros. O retorno financeiro do processo pode viabilizar as soluções para gerenciamento dos resíduos sólidos, tendo em vista, que as taxas são insuficientes para pagar o dispêndio do serviço.

2.6 Aterros

Aterro é o único método de disposição final propriamente dito. Consiste basicamente na compactação dos resíduos em camadas sobre o solo, com o uso de trator de esteira, e em seguida os recobrem com uma camada de terra ou outro material inerte, como a argila.

2.6.1 Lixão

É uma das subdivisões dos aterros. Na verdade, é uma forma inadequada de disposição dos resíduos sólidos municipais (Figura 12), que se caracteriza pela

simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Os resíduos lançados acarretam problemas à saúde pública, como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), geração de maus odores e, principalmente, poluição do solo e das águas subterrânea e superficial, pela infiltração do chorume – líquido de cor preta, mal cheiroso e de elevado potencial poluidor, produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo (ABNT/NBR 8419).

Acrescenta-se a esta situação o total descontrole dos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-se até mesmo a disposição de dejetos originados de serviços de saúde e de indústrias. Comumente ainda, associam-se aos lixões a criação de animais e a presença de pessoas (catadores – Figura 13), os quais, algumas vezes residem no próprio local.

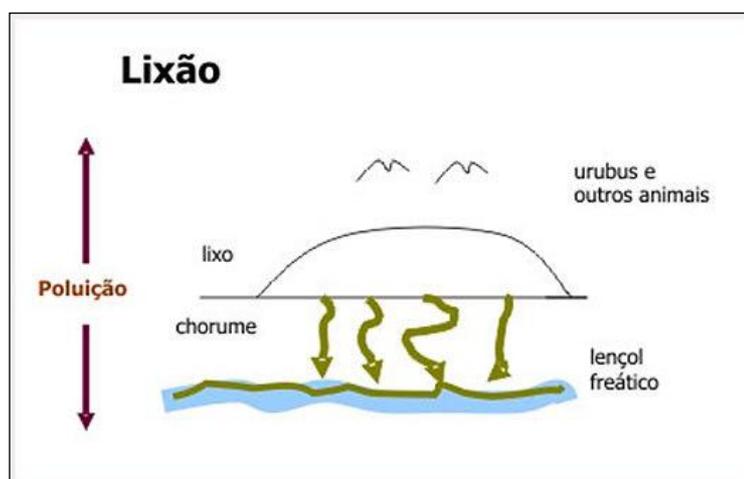


Figura 12 – Esquema de lixão (POSSANTE ON LINE, 2009)



Figura 13 – Criança no lixão (POSSANTE ON LINE, 2009)

2.6.2 Aterro controlado

É uma técnica de disposição de resíduos sólidos municipais no solo, com a meta de minimizar os impactos ambientais negativos à saúde pública, à segurança e ao meio ambiente. Esse método utiliza alguns princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Mas o início da vida útil desse aterro coincide o mais das vezes com o lixão.

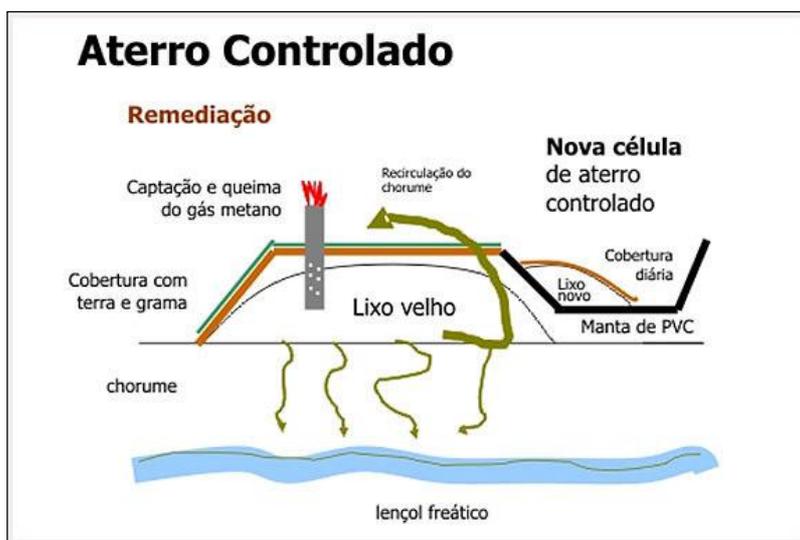


Figura 14 – Esquema de aterro controlado (POSSANTE ON LINE, 2009)

Esta forma de disposição produz poluição, porém localizada (Figura 15). De modo similar ao aterro sanitário, a área de disposição é minimizada. Geralmente, não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem de sistemas de tratamento de percolato (mistura entre o chorume, produzido pela decomposição do lixo, e a água de chuva que percola o aterro) ou do biogás gerado.



Figura 15 – Aterro controlado de Maringá no Paraná (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ, 2009)

2.6.3 Aterro sanitário

É um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente lixo domiciliar que, fundamentado em critérios de engenharia (sanitária e ambiental) e normas operacionais específicas, permite um confinamento seguro em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública. Ou forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, mediante confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas específicas, para evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais negativos. A Figura 16 ilustra um esquema desse tipo de aterro.



Figura 16 – Esquema de aterro sanitário (POSSANTE ON LINE, 2009)

Neste processo procura-se compactar e impedir a exposição dos resíduos ao ar livre, mediante cobertura. A compactação visa reduzir o volume de resíduo sólido, aumentar a estabilidade do maciço de lixo e prolongar a vida útil do aterro. O recobrimento minimiza os odores emanados dos resíduos em decomposição, evita incêndios e impede a proliferação de vetores nocivos do ponto de vista sanitário (Figura 17).



Figura 17 – Aterro sanitário de Bandeirantes em São Paulo (HELENO & FONSECA CONSTRUTÉCNICA S.A., 2009)

3. APROVEITAMENTO DOS RSU PET: UM ESTUDO DE CASO

No Brasil, o mercado de reciclagem tem apresentado, especialmente nos últimos dez anos, um maior dinamismo, com o fortalecimento das empresas já existentes e a abertura de inúmeros novos empreendimentos por todas as regiões do país (CEMPRE, 2009).

Independentemente dos índices alcançados, no dia a dia, os recicladores brasileiros têm enfrentado um obstáculo comum: a inexistência ou o funcionamento precário dos programas de coleta seletiva. Paradoxalmente, parte dessa matéria-prima continua tendo como destino final os lixões e aterros sanitários. Esse fator é apontado como principal inibidor do crescimento mais agressivo da atividade, encarecendo os processos e inibindo os benefícios sociais e ambientais que só a reciclagem consegue proporcionar simultaneamente (CEMPRE, 2009).

Tradicionalmente, os primeiros materiais a serem reconhecidos como comercialmente recicláveis foram o papel, o vidro e os metais, particularmente alumínio e cobre. Os plásticos entraram no rol dos recicláveis há relativamente pouco tempo. Um dos destaques é o copolímero ABS (acroleína-butadieno-estireno), encontrado em muitos dos itens de informática (dá a forma de impressoras, computadores do tipo desktop etc). Outro segmento que vem crescendo enormemente no mercado da reciclagem é o de garrafas e outros objetos feitos de PET. Em 1994, surgiu, oficialmente, a primeira empresa exclusivamente recicladora deste tipo de plástico no país (CEMPRE, 2009). Dado que o PET tem alto valor comercial, e o desenvolvimento de processos de reciclagem para ele são relativamente recentes, neste trabalho o PET foi escolhido para servir como um estudo de caso de aproveitamento dos RSU.

3.1 Poli(Tereftalato de etileno) - PET

O politereftalato de etileno) ou PET, como é mais conhecido, foi sintetizado pela primeira vez em 1941, na Inglaterra e teve como principal aplicação a confecção de fibras têxteis na Inglaterra e nos Estados Unidos (GOODMAN, 1988).

Sua reação de obtenção está demonstrada na Figura 18.

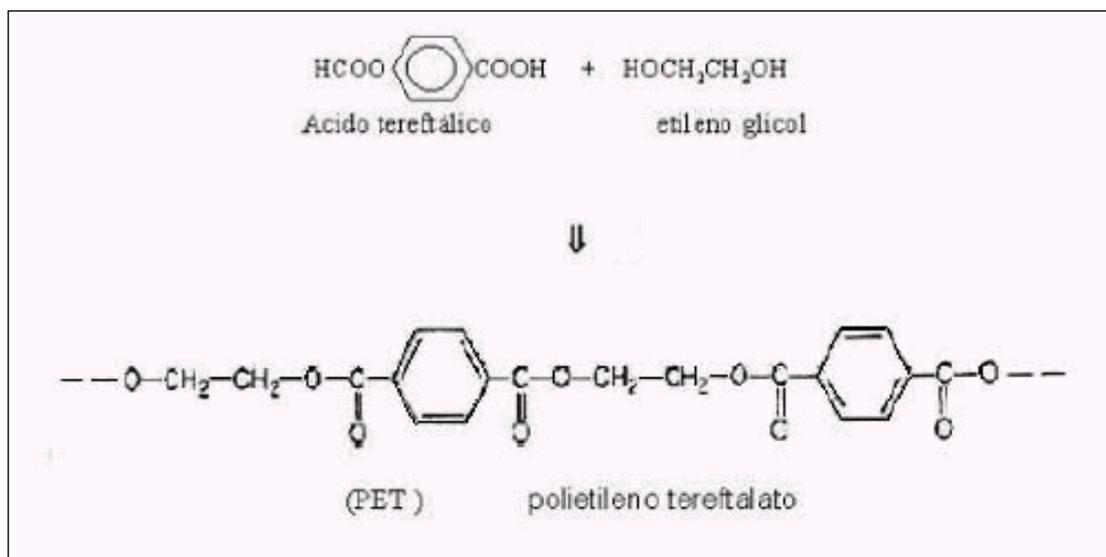


Figura 18 – Reação de obtenção do PET (GOODMAN, 1988)

As técnicas de polimerização sofreram modificações de modo a permitir que fosse alcançada uma faixa mais alta de massa molecular. Com isso, somente no final da década de 60, o PET começou a ser desenvolvido para aplicações em embalagens (Tabela 9). Características como leveza, boa transparência, brilho, boas propriedades mecânicas e barreira eficiente para o CO₂ fazem desse polímero um excelente material para a fabricação de garrafas para bebidas carbonatadas (GOODMAN, 1988).

Tabela 9 - Aplicações para a embalagem PET por setor (NASCIMENTO,1996)

Setor Industrial	Tipo de Produto
Alimentício	Refrigerantes, sucos, água mineral, licores, vinagres, óleo comestíveis, vinho, cerveja, maionese, <i>pickles</i> , pastas, geléias, <i>ketchup</i> , mostarda, mel, café instantâneo comida para bebês
Medicamentos	Anti-séptico oral
Cosméticos e higiene pessoal	<i>Shampoo</i> , sabonete líquido, loção facial
Produtos de limpeza	Detergentes, desinfetantes

As embalagens de PET podem ser identificadas através de classificação elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT. A norma NBR 13230 da ABNT padroniza os símbolos que identificam os diversos tipos de resinas (plásticos) virgens. A classificação facilita a etapa de triagem dos resíduos plásticos que serão encaminhados à reciclagem. Os diferentes tipos de plásticos são classificados por números, como mostrado na Figura 19. O PET é representado pelo número 1 (COMPAM, 2009).

3.2 Aspectos econômicos do PET

O PET é destinado prioritariamente em embalagens. Dessa forma, são materiais de vida útil pequena, ou seja, o tempo de obtenção do artefato, colocação no mercado, utilização e sua deposição no lixo é de dias (PIVA, 2004). Sua principal aplicação é na indústria de bebidas, como pode ser observado na Tabela 10 que demonstra as áreas que utilizam embalagens de PET.

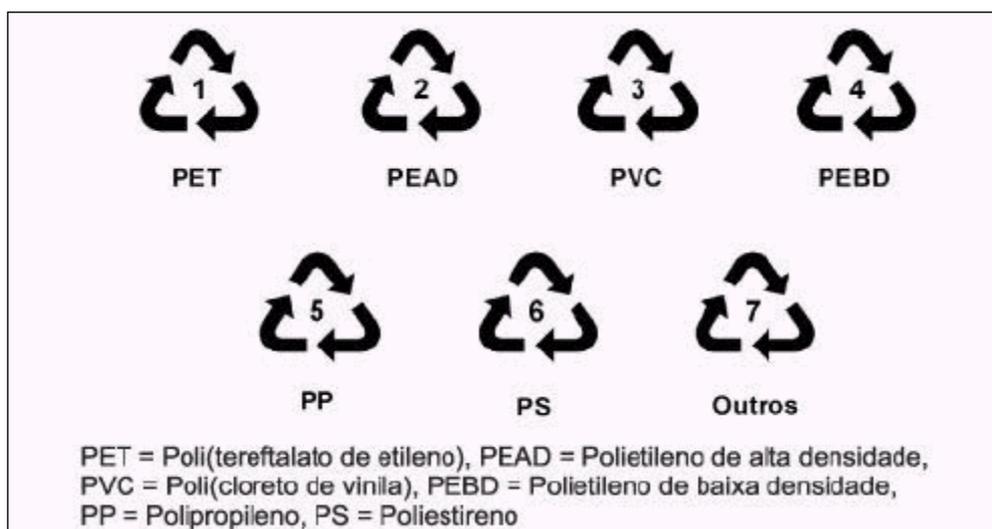


Figura 19 - Classificação das resinas segundo a norma ABNT (ABNT/NBR 13230)

Tabela 10 - Consumo de embalagens de PET (ABIPET, 2009)

Produto	1998	1999	2000	2001
Alimentício	3,5%	4,9%	6,5%	9,7%
Bebidas	94,6%	93,3%	91,8%	86,4%
Farmacêuticos	0,2%	0,2%	0,1%	1,4%
Higiene/Limpeza	1,5%	1,5%	1,5%	2,4%
Químicos	0,2%	0,2%	0,2%	0,1%
Total (toneladas)	284.711	301.042	318.561	350.828

A Figura 20 apresenta as principais utilizações do PET virgem no Brasil.

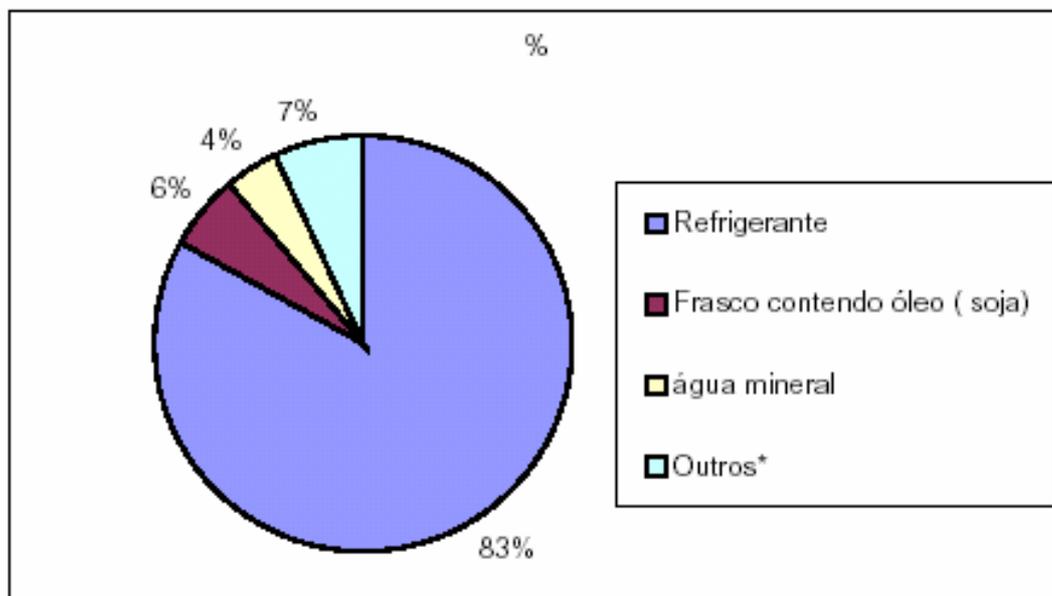


Figura 20 - Principais utilizações do PET virgem (HOMENEWS, 2004)

*Outros: cosméticos, filmes, fibras têxteis (matéria base de componentes de automóveis, carpetes, para-choques) ou de peças de uso doméstico como a vassoura.

Pode-se notar que seu consumo está aumentando a cada ano. Mesmo com o decréscimo percentual na indústria de bebidas, esse continua sendo o principal mercado do PET. A segunda principal indústria de utilização do PET tem uma porcentagem bem inferior ao da indústria de bebidas.

3.3 Reciclagem do PET

A separação dos resíduos por categoria é uma etapa importante no processo de reciclagem. A reciclagem, então, envolve um ciclo de transformação de resíduos sólidos, conforme apresentado na Figura 21.

A reciclagem de embalagens pós-consumo caracteriza-se por um elevado nível de contaminação orgânica e inorgânica, heterogeneidade de materiais, baixo valor relativo de reciclabilidade, entre outras. Toda contaminação com outras resinas deve ser eliminada. Dentre estas contaminações, a de maior dificuldade para o PET é o PVC, porque possui densidade semelhante ao PET (NASCIMENTO, 1996).

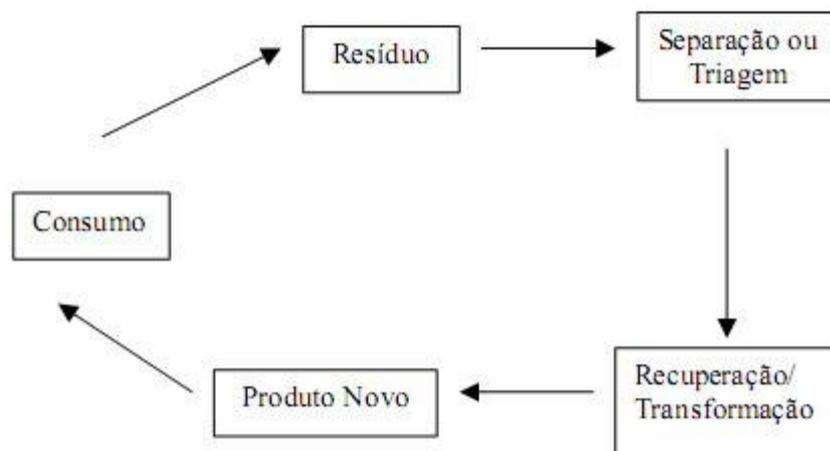


Figura 21 - Ciclo de transformação de resíduos sólidos (NASCIMENTO, 1996)

A técnica de flotação pode ser útil para a separação de diferentes tipos de plásticos devido ao custo reduzido, quando comparada com outras técnicas de separação. Outra técnica de flotação utilizada se dá através do auxílio de uma solução fortemente alcalina de hidróxido de sódio, permitindo a flotação e a separação do PVC do PET (NASCIMENTO, 1996).

Segundo os dados da ABIPET - Associação Brasileira da Indústria do PET, somente 10% do plástico reciclado hoje no país é destinado à re-reciclagem (HOMENEWS, 2004).

A cadeia produtiva da reciclagem de PET é composta por três segmentos (CEMPRE, 2009):

Sucateiros: recebem as garrafas de PET dos catadores que as retiram dos lixões e/ou aterros e também recebem de cooperativas, entre outros. As embalagens recuperadas são separadas por cor e prensadas. A separação por cor é necessária para que os produtos, que resultarão do processo, tenham uniformidade de cor, facilitando assim, sua aplicação no mercado. A prensagem, por outro lado, é importante para que o transporte das embalagens seja viabilizado (Figura 22).



Figura 22 – Fardos de PET prensados (JUNDIAÍ SERVIÇOS S/A, 2009)

Beneficiadores: no beneficiamento as garrafas são moídas, lavadas e secas. O produto que resulta desta fase é o floco da garrafa, chamado de *flake*.

Reciclador: nessa fase os flocos são transformados dando origem aos grãos de PET ou peletes, e assim será transformado num novo produto, fechando o ciclo. Os flocos podem ser utilizados diretamente como matéria-prima para a fabricação dos diversos produtos na etapa de transformação.

Dependendo do objetivo a ser atingido ou do processo envolvido, a reciclagem de polímeros pode ser classificada em três tipos distintos: mecânica, química e energética. A reciclagem mecânica é aquela em que o plástico passa pelas operações unitárias como moagem e a extrusão, podendo ser utilizado o processo de aglutinação. A reciclagem química consiste em um processo em que o

resíduo plástico é convertido em matérias-primas petroquímicas básicas (monômeros ou oligômeros). A reciclagem energética consiste na queima do plástico com aproveitamento da energia gerada por essa queima (PIVA, 2004).

3.3.1 Reciclagem mecânica

No Brasil, a reciclagem mecânica é o processo mais utilizado. Estima-se que cerca de 17% dos resíduos plásticos pós-consumo passam por este processo. Na Europa, no entanto, encontram-se os três processos de reciclagem bem desenvolvidos, sendo que, em alguns países, a reciclagem energética é preferida, atingindo 50% de utilização em relação às outras (PIVA, 2004).

O Brasil é um dos países que mais reaproveitam o PET. As embalagens oriundas de lixões costumam ser sujas e contaminadas. A etapa de separação requer cuidados. O grau de descontaminação do material reciclado é parâmetro de valorização do produto final (ABIPET, 2009).

O PET é levado à moagem, após isso passa pelas etapas de lavagem com água e secagem. O PET pode ser transformado a partir do seu *flake*, que são os flocos de PET obtidos a partir de sua moagem (Figura 23). O *flake* pode passar pela etapa de extrusão para a produção de grânulos (Figura 24). Após a extrusão do granulado é feita uma secagem. Na etapa de moagem, geralmente, retira-se o pó proveniente da moagem, que pode dar origem a pontos pretos na peça. O *flake* é extrusado ou injetado, misturando ou não com o PET virgem. Uma das opções utilizadas na reciclagem mecânica pelos recicladores é obter um produto diretamente de *flakes*, não passando pela fase de obtenção do granulado (NASCIMENTO, 1996).



Figura 23 – Flake de PET reciclado (VERTEX TRADE AND TECHNOLOGY S/A, 2009)



Figura 24 – Grânulos de PET reciclado (VERTEX TRADE AND TECHNOLOGY S/A, 2009)

Na Figura 25, observa-se o diagrama do processo de beneficiamento de garrafas PET.

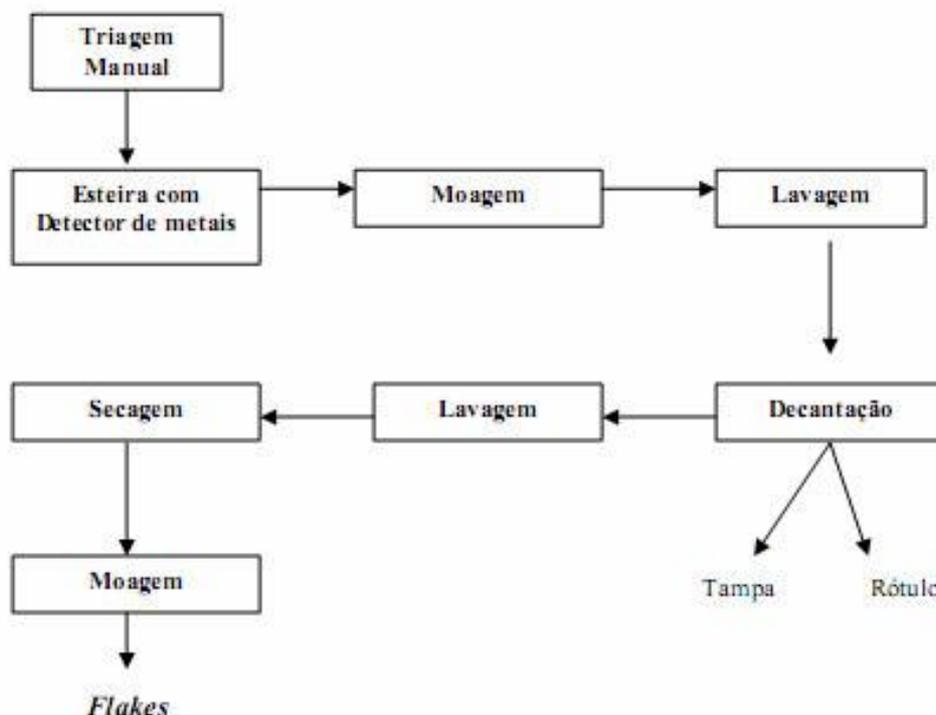


Figura 25 - Diagrama do processo de beneficiamento de garrafas PET
(NASCIMENTO, 1996)

A primeira etapa do processo de beneficiamento de garrafas PET consiste em triagem manual para a retirada de tampas, algumas garrafas de PVC (faixa de densidade: 1,19 a 1,35 g/cm³) ou outras impurezas. Depois, as garrafas PET passam por uma esteira com detector de metais, pois o metal danifica as facas do moinho. Logo após, as garrafas de PET são moídas para diminuir o tamanho e também soltarem as tampas e rótulos. A lavagem pode ser realizada com água aquecida ou com detergente ou com soda cáustica (NaOH). O PET permanece por um determinado tempo no tanque de decantação para a separação do poliéster das poliolefinas.

O PET afunda devido à sua densidade (1,35 g/cm³) ser maior que a do rótulo (normalmente polietileno) e da tampa (polipropileno), que ficam na parte superior por serem menos densos (0,90 e 0,92 g/cm³, respectivamente) (PIVA, 2004).

O PET é então submetido a uma segunda lavagem, secagem e, por fim, a uma última moagem para levar o *flake* a um tamanho pré-estabelecido. As águas de

lavagem geralmente são reaproveitadas por um determinado tempo (2-5 dias) e depois sofrem tratamento para seu descarte. A maioria dos beneficiadores do Rio de Janeiro trata a água utilizada no processo, submetendo a mesma a um filtro de areia ou enviando-a para uma empresa terceirizada para o tratamento.

3.3.2 Reciclagem química

O PET pode ser reciclado quimicamente por reações de hidrólise, aminólise e alcoólise/glicólise. Estas reações podem ser usadas, isoladamente ou combinadas, a fim de otimizar os processos. Assim, pode-se encontrar processos em que inicialmente o PET é submetido a reações de glicólise com etilenoglicol e, em seguida, o produto é hidrolisado para recuperar ácido tereftálico e etilenoglicol (NASCIMENTO, 1996). Na Figura 26, observa-se o diagrama de blocos esquemático da reciclagem química de um PET.



Figura 26 - Diagrama genérico da reciclagem química (NASCIMENTO, 1996)

3.3.3 Reciclagem energética

A terceira forma de reciclagem do PET é a reciclagem energética, em que é recuperada a energia através da queima do material polimérico. Na Figura 27, apresenta-se o diagrama esquemático da reciclagem energética de um PET.

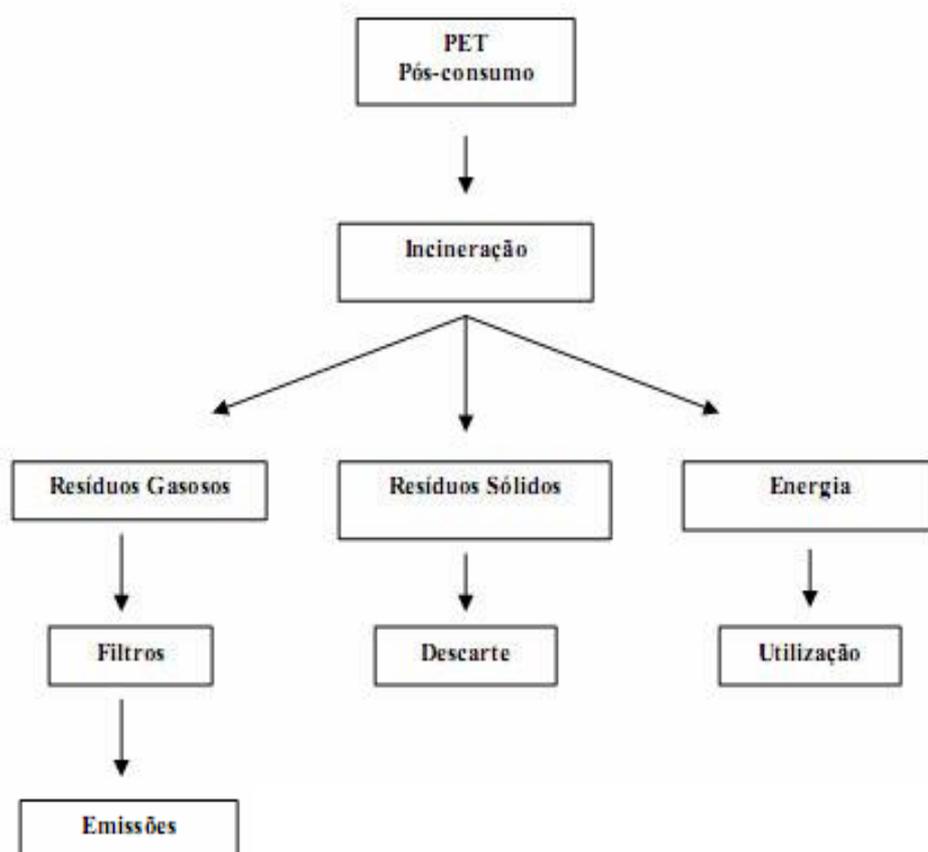


Figura 27 - Esquema ilustrativo da reciclagem energética (NASCIMENTO, 1996)

3.4 Aplicações do PET reciclado

O mercado para os materiais recicláveis no Brasil ainda não é dos mais promissores. Entretanto, está ampliando-se cada vez mais. Existem hoje, inúmeros produtos fabricados a partir de resíduos (CEMPRE, 2009).

A rentabilidade do mercado de reciclagem de embalagens no Brasil, como em outros países desenvolvidos, mostra aspectos atraentes para iniciativas

empresariais do setor, com reflexos sócio-econômicos diretos relacionados com a melhoria da qualidade de vida da população, geração de renda, economia de recursos naturais e atenuação de problemas ambientais (CEMPRE, 2009).

Atualmente, um dos principais mercados para o PET pós-consumo no Brasil é na produção de fibras para a fabricação de cordas, fios de costura e cerdas de vassouras e escovas, forrações, tapetes e carpetes, mantas de TNT (tecido não tecido), entre outras. Outra parte é destinada à moldagem de autopeças, produção de filmes e chapas para boxes de banheiro, lâminas para termoformadores a vácuo (manequins plásticos), garrafas de detergentes, placas de trânsito e sinalização em geral. A maior parte do material reciclado (cerca de 40%) é reutilizada pela indústria têxtil para a produção de fibras de poliéster. Também é crescente o uso das embalagens pós-consumo recicladas na fabricação de novas garrafas para produtos não alimentícios (CEMPRE, 2005).

Apesar da maior parte do PET reciclado ser atualmente usado como fibra (Figura 28), existe a tendência de crescimento das aplicações em garrafas, chapas amorfas e produtos de engenharia duráveis. Outra aplicação em potencial é o uso de PET reciclado na fabricação de telhas plásticas, cano para esgoto, vestuário, cabos de vassouras e na injeção para fabricação de torneiras etc (CEMPRE, 2005).



Figura 28 – Utilização da reciclagem na moda (COLMURB, 2009)

As fibras também podem ser usadas na composição de materiais isolantes, que resultam num produto com eficiência de isolamento próximo a da lã de vidro

podendo ser utilizado, por exemplo, em compartimentos refrigerados para armazenamento de alimentos. As placas de espuma isolante obtidas a partir de PET reciclado têm propriedades isolantes semelhantes à da espuma de poliestireno, com a vantagem de possuir menor grau de inflamabilidade e não emitir fumaça negra quando queimada (NASCIMENTO, 1996).

4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A atenção dada à questão ambiental tem aumentado significativamente por parte dos indivíduos e grupos que constituem as múltiplas culturas e organizações sociais da humanidade. As autoridades mundiais passaram a incluir em suas pautas de reuniões a questão ambiental como uma questão global, ou seja, problemas de degradação do meio ambiente deixaram de ser apenas de escala local para serem tratados como problemas de escala planetária, dizendo respeito a todas as nações e grupamentos humanos do globo. Esta atenção é consequência de preocupações oriundas da ameaça de extinção dos recursos da natureza não-humana, das várias formas de vida e, principalmente, do fim da existência da própria espécie humana no planeta frente à crescente deterioração da base material do desenvolvimento físico-natural e social, ou seja, o próprio ambiente. Nesta perspectiva, a crise ambiental pode ser entendida como uma crise civilizatória, e, para as tendências ambientalistas de caráter crítico e democrático, a solução da mesma não se restringe à descoberta de tecnologias limpas, que diminuam os impactos sobre o meio natural, nem a mudanças comportamentais. É antes de tudo, necessária a reorganização da civilização e da estrutura política, econômica, social e cultural vigente, nas sociedades instituídas no período posterior à Revolução Industrial e no marco da modernidade capitalista (LOUREIRO, 2003).

Em outras palavras, para solucionar a crise ambiental tais vertentes ambientalistas buscam, primordialmente, construir e realizar ações e intervenções que se pautem na origem, nas causas estruturais dos problemas que atingem o ambiente. Tais causas estruturais apóiam-se nas articulações entre a dimensão política, econômica e sócio-cultural moldadas pelo modo de produção capitalista.

Os indivíduos e grupos que seguem tais tendências têm a consciência de que as atitudes exclusivamente voltadas para a reparação dos danos decorrentes do uso desenfreado dos recursos naturais, em nome do modelo econômico capitalista, não conduzem ao fundamento da questão ambiental. Ainda que as medidas reparadoras da degradação ambiental se configurem, efetivamente, como

necessidades imediatas a serem atendidas no percurso de resolução da crise, elas correspondem a procedimentos aparentes e não devem ser compreendidas como a essência, a partir da qual são tecidas as estruturas e as conjunturas políticas, econômicas e sociais da realidade.

Acerca da caracterização das tendências existentes, há vários grupos inseridos no movimento ambientalista. Segundo Loureiro, o ambientalismo, compreendido como movimento social e histórico, não é monolítico e idealizado e sim ramificado em “ambientalismos” diversos e conflitantes (LOUREIRO, 2003).

Por outro lado, vivemos um momento marcado por certos modismos veiculados e propagados pela sociedade. Neste cenário, em que a abrangência das notícias e das informações, conhecimentos e lutas políticas se flexibilizam, cada vez mais, do local ao global e vice-versa, destaca-se a enunciação da preocupação com o meio ambiente e com a Educação Ambiental, o que acarreta, muitas vezes, em um entendimento simplificado e superficial da questão. Neste sentido, a dimensão crítica de análise da questão ambiental, correlacionada à crise civilizatória, fica apagada, dentre outros fatos, devido ao modismo promovido pela mídia, que reduz a dimensão a só uma determinada visão. Portanto, faz-se relevante lembrar que a utilização do termo Educação Ambiental e de categorias e conceitos a ele associados imbuídos de significados distintos implicam em posicionamentos com propósitos, às vezes, bem divergentes no que diz respeito ao paradigma da relação sociedade/natureza e as implicações deste para a humanidade.

4.1 O consumo consciente e o desenvolvimento sustentável

A partir da década de 70, informações sobre recursos naturais, considerando-se que muitos deles não são renováveis, passam a ser mais divulgadas e tornam-se mais evidentes. Na Conferência de Estocolmo, em 1972, a visão dos problemas era nitidamente uma visão de países de Primeiro Mundo. Neste evento, as discussões centraram-se nos aspectos técnicos da contaminação provocada pela industrialização, no crescimento populacional e na urbanização.

Esta visão é alterada, quando na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD) de 1992, realizada na cidade do Rio de Janeiro, ou simplesmente Rio-92 ou ECO-92 como a conferência ficou conhecida, a percepção dominante passa a ser a de que os problemas de meio ambiente não podem se dissociar dos problemas de desenvolvimento. A intenção neste encontro era introduzir a idéia do desenvolvimento sustentável, um modelo de crescimento econômico menos consumista e mais adequado ao equilíbrio ecológico. A diferença entre 1992 e 1972, quando ocorreu a Conferência de Estocolmo, foi a maciça presença dos Chefes de Estado na ECO-92, fator indicativo da importância atribuída a questão ambiental no início da década de 1990.

A partir do Relatório Brundtland da ONU, apresentado em 1987, com o título Nosso Futuro Comum, que foi resultado de pesquisas realizadas de 1983 a 1987, sobre o estado ecológico da Terra, introduziu-se um novo paradigma para orientação da economia mundial, já globalizada, que seria denominado Desenvolvimento Sustentável (MAGRINI, 2001).

O “Desenvolvimento Sustentável” seria definido como aquele que “atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras também atenderem às suas; é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras; é uma correção, uma retomada do crescimento, alterando a qualidade do desenvolvimento, a fim de torná-lo menos intensivo de matéria-prima e mais eqüitativo em seu impacto” (MAGRINI, 2001).

As propostas desse relatório partem do pressuposto de que é possível e desejável conciliar desenvolvimento econômico e conservação ambiental, através do “Desenvolvimento Sustentável”. Antes mesmo da ECO-92, este documento sublinhava que as possibilidades de materialização de um estilo de desenvolvimento sustentável estariam diretamente relacionadas com a superação da pobreza, com a satisfação das necessidades básicas de alimentação, saúde, habitação e

saneamento, com a necessidade de uma nova matriz energética, que privilegie fontes renováveis de energia, e com o processo de inovação tecnológica, cujos benefícios sejam compartilhados por países ricos e pobres.

Este novo conceito de desenvolvimento foi amplamente aceito pelas sociedades industriais do Primeiro e Terceiro Mundo, além de orientar na ECO-92. Os três principais documentos que resultaram desta conferência – a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, os Quinze Princípios para o Gerenciamento Sustentável das Florestas e o Plano Abrangente para Guiar a Ação Nacional e Internacional em Direção ao Desenvolvimento Sustentável, também conhecido como Agenda 21 – estão todos baseados na premissa da inseparabilidade do meio ambiente e do desenvolvimento.

A Agenda 21 foi um dos principais responsáveis pela consolidação da idéia de que o desenvolvimento e a conservação do meio ambiente devem estar sempre unidos em prol da compatibilidade entre crescimento econômico e o direito ao usufruto da vida em ambiente saudável pelas futuras gerações. As ações prioritárias da Agenda 21 brasileira são os programas de inclusão social, com o acesso de toda a população à educação, saúde e distribuição de renda, a sustentabilidade urbana e rural, a preservação dos recursos naturais e minerais e a ética política para o planejamento rumo ao desenvolvimento sustentável. O mais importante ponto dessas ações prioritárias, segundo este estudo, é o planejamento de sistemas de produção e consumo sustentáveis contra a cultura do desperdício.

4.2 Contextualização e experimentação em sala de aula

O ensino de química, muitas vezes, tem-se resumido a cálculos matemáticos e memorização de fórmulas e nomenclaturas de compostos, sem valorizar os aspectos conceituais. Observa-se a ausência quase total de experimentos que, quando realizados, limitam-se a demonstrações que não envolvem a participação ativa do aluno, ou apenas os convidam a seguir um roteiro, sem levar em consideração o caráter investigativo e a possibilidade de relação entre o experimento e os conceitos. Não se pode, entretanto, colocar, única e exclusivamente, a culpa

dos problemas do ensino de química nos professores. Há um conjunto complexo de causas, já analisado na literatura pertinente. Dentre eles, é possível citar os cursos de formação deficientes, que reforçam a aprendizagem passiva pelo formato expositivo das aulas de modo que “os futuros professores tornam-se mais habituados à recepção de conhecimentos que ajudar a gerá-los” (CARVAHO & GIL-PÉREZ, 1995).

A não-contextualização da química pode ser responsável pelo alto nível de rejeição do estudo desta ciência pelos alunos, dificultando o processo de ensino-aprendizagem. Fechando um círculo, terrivelmente pernicioso para a aprendizagem dos conteúdos químicos, temos uma formação ineficiente que não prepara os professores para a contextualização dos conteúdos (ZANON & PALHARINI, 1995).

A contextualização do ensino, por outro lado, não impede que o aluno resolva “questões clássicas de química, principalmente se elas forem elaboradas buscando avaliar não a evocação de fatos, fórmulas ou dados, mas a capacidade de trabalhar o conhecimento” (CHASSOT, 1993).

Considerando especificamente o ensino de química, constatamos que as atividades didáticas, muitas vezes, são baseadas em aulas expositivas, que não levam em conta nem os conhecimentos prévios nem o cotidiano dos alunos. Aliada à contextualização surge a experimentação como prática facilitadora do processo ensino-aprendizagem no relacionamento professor-aluno. É possível a contextualização de conceitos científicos valorizando os conhecimentos prévios, a experimentação, as interações entre aluno-aluno e aluno-professor. Verifica-se que a compreensão dos conteúdos se faz de maneira mais efetiva e extremamente gratificante, observando-se um crescente nível de participação dos alunos nas aulas, e demonstração de maior prazer.

O assunto RSU é extremamente rico para ser trabalhado pelos alunos, tanto individualmente como em grupo. Trabalhos de pesquisa (com prazo determinado para entrega) e debates em uma aula são recursos que podem ser utilizados. Itens que podem ser incluídos nessas atividades são: de que são constituídos os RSU (papel, plástico etc.), e em que produtos esses materiais são utilizados? Como se

fabricam esses materiais? Como são os ciclos de reciclagem dos materiais que podem ser introduzidos nesses ciclos? Porque o plástico é tão empregado na sociedade atual?

Ainda se podem trabalhar temas interdisciplinares: como reduzir a geração do lixo urbano? Existem produtos de um mesmo tipo que são mais facilmente recicláveis de acordo com os fabricantes? Como é o padrão de geração de RSU segundo a cidade e a renda *per capita* de seus habitantes? Como organizar uma coleta seletiva de materiais recicláveis, que experiências existem nesse sentido (no bairro, na cidade, em empresas etc.)? O que acontece se o lixo continuar a ser gerado e descartado da forma como vem sendo observado hoje?

Os resultados dessa intervenção didática indicam que, a julgar dos testemunhos recolhidos junto a professores e estagiários, a contextualização de atividades de pesquisa e a conexão da química com outras áreas do conhecimento pode ser uma boa forma de contribuir para a melhoria do ensino de química. Entretanto, vale a pena salientar que isso não deve implicar a separação da atividade experimental do processo de desenvolvimento dos conceitos químicos pertinentes a esse tema abordado.

É de conhecimento dos professores de ciências o fato da experimentação despertar um forte interesse entre alunos de diversos níveis de escolarização. Em seus depoimentos, os alunos também costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos. Por outro lado, não é incomum ouvir de professores a afirmativa de que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas em pauta (GIORDAN, 1999). E isso contribui para uma formação crítica geral e cidadã dos alunos.

O papel da experimentação (e da pesquisa integrada) nos processos de elaboração do pensamento científico, eleva-a à categoria de processo de natureza social, técnica e cognitiva. Os RSU se prestam muito bem a esse perfil porque possui forte componente multidisciplinar em sua essência.

Muitas propostas de ensino de ciências ainda desafiam a contribuição dos empiristas para a elaboração do conhecimento, ignorando a experimentação ainda como uma espécie de observação natural, como um dos eixos estruturadores das práticas escolares. A elaboração do conhecimento científico apresenta-se dependente de uma abordagem experimental, não tanto pelos temas de seu objeto de estudo, os fenômenos naturais, mas fundamentalmente porque a organização desse conhecimento ocorre preferencialmente nos entremeios da investigação. Tomar a experimentação como parte de um processo pleno de investigação é uma necessidade, reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o ensino de ciências, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve se dar preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas (GIORDAN, 1999). Enfrentar o problema dos RSU exige, antes de tudo, conscientização, e a mudança de cultura (comportamento, atitude) frente a esse problema somente virá com uma nova consciência a ser instigada em cada aluno.

4.3 A importância do papel do professor na formação do aluno como cidadão consciente

A formação da consciência crítica e o desenvolvimento da autonomia nos educandos vêm sendo um dos pilares das teorizações por parte tanto da academia como dos discursos proferidos e documentados pelos órgãos responsáveis pela criação das políticas educacionais. É notável também como, freqüentemente, a Educação Ambiental aparece, nestes discursos e documentos, associada à questão da cidadania, ainda que, na maioria das vezes, não se explicita ou não se expresse com clareza a definição e o conceito de cidadania do qual os textos falam.

De acordo com Freire (2003): “[...] Ninguém é sujeito da autonomia de ninguém [...] A gente vai amadurecendo todo dia, ou não. A autonomia, enquanto amadurecimento do ser para si, é processo, é vir a ser [...]. É nesse sentido que uma pedagogia da autonomia tem de estar centrada em experiências estimuladoras da decisão e da responsabilidade, vale dizer em experiências respeitadas de liberdade”.

Exemplificando as distinções entre as referidas e opostas tendências de

Educação Ambiental, verificamos que, na vertente conservadora, imbricada às diretrizes hegemônicas, ditadas pelo sistema capitalista, a cidadania é estereotipada, reduzida à condição de consumidor, determinada e moldada pelos discursos e ações políticas formais e não-formais dos grupos dominantes, os quais impõem suas verdades e as expõem como universais. Por serem representantes da sociedade como um todo, tais grupos sociais escamoteiam a diversidade e as diferenças existentes na realidade objetiva do mundo, assim como camuflam seus próprios interesses individualistas por meio do poder configurado em alianças econômicas e políticas que os movem. Em contrapartida, na vertente emancipatória a cidadania é fruto de uma autoconscientização de valores, incluindo direitos e deveres individuais e coletivos, construída a partir das relações sociais na existência do indivíduo. Uma das características desta tendência emancipatória é uma convicção de que o exercício da participação social e a defesa da cidadania são práticas indispensáveis à democracia e à emancipação sócio-ambiental (LIMA, 2002).

Faz-se relevante lembrar que, na perspectiva emancipatória, a autonomia distancia-se do caráter individualista, pois se refere à autonomia de si construída em solidariedade e respeito com a autonomia do outro, por meio de inter-relações que tecem a realidade em que os indivíduos co-existem. Nesse ponto, a contribuição de Piaget é fundamental para esta compreensão, quando o autor afirma a importância do trabalho em grupo e da cooperação em sociedade para a formação do pensamento racional: “[...] a razão longe de ser inata no indivíduo, elabora-se pouco a pouco [...] a vida do grupo é o meio natural dessa atividade intelectual e a cooperação, o instrumento necessário para a formação do pensamento racional” (PIAGET, 1998).

Segundo Gadotti (2001), autonomia é uma palavra de origem grega e que significa “[...] capacidade de autodeterminar-se, de autorealizar-se, de ‘autos’, si mesmo e ‘nomos’, lei [...]”]; significa também autoconstruir-se e autogovernar-se. Porém, o autor chama a atenção para o fato de que não há autonomia absoluta – ela será sempre relativa e determinada por cada momento histórico, pois a autonomia sempre está condicionada pelas circunstâncias e pelas necessidades concretas de cada contexto. Devemos lembrar que, em uma sociedade de classes desiguais, a

autonomia e a concretização de valores cooperativos exigem a superação material dos limites que são impostos pelo capitalismo e das relações de expropriação e opressão.

De acordo com o filósofo Sócrates, os elementos determinantes da finalidade da vida e da educação deveriam ser procurados na consciência individual, na natureza moral de cada um. O fim da educação, então, para o mestre, era ministrar saber ao indivíduo, pelo desenvolvimento do seu poder de pensamento, e não fornecer informação sem base aliada a um formalismo superficial e brilhante. Para Sócrates, o processo educativo deveria instituir-se todo ele em torno da autonomia. Nesse sentido, a educação adquire o significado de capacitar, potencializar, formando o educando para a autonomia, na medida em que o educando seja capaz de buscar a resposta do que pergunta (GADOTTI, 2001).

Percebe-se, desta forma, que o educador sai da sua condição de transferir informações, conteúdos e opiniões próprias (ou de terceiros) e passa à condição de orientar a elaboração do saber ao educando, por meio da discussão promovida. A discussão seria o momento em que o indivíduo cria um novo conceito, seria o momento da problemática que o método socrático destaca. Em concordância com nossa reflexão, Freire nos lembra que ensinar não é depositar ou transferir conhecimento ao educando, por meio do que ele chama de ensino “bancário”, e, sim, criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção, por meio da educação “problematizadora”. Segundo o autor, o educador deve sempre ser e estar aberto a indagações, às perguntas curiosas dos educandos, as suas inibições, e, ao mesmo tempo, ser crítico, inquiridor e inquieto (FREIRE, 2003).

Cabe aqui ressaltar a contribuição de Vygotsky para nossa reflexão como sendo mais do que um contraponto ao pensamento de Sócrates, quando este último qualifica o processo de despertar da consciência individual como fundamental para a formação de sujeitos autônomos. A nosso ver, Vygotsky acrescenta ao método dialógico de Sócrates e à educação “problematizadora” de Freire, a relevância das relações sociais atreladas à historicidade dos fatos, em que os sujeitos encontram-se imersos – somente a partir destas relações é que a consciência se constitui. Na verdade, encontramos em Vygotsky, no âmbito da Psicologia da Educação, um

aprofundamento teórico para a nossa discussão e o referencial onde ancoramos nosso posicionamento em Educação Ambiental transformadora, na medida em que defendemos a importância do contexto sócio-histórico e cultural para a construção do processo de conscientização e de autonomia por parte dos sujeitos no tocante da educação. O autor fundamenta seus estudos nos postulados marxistas, ao tomar a dimensão social da consciência como essencial, deixando a dimensão individual em posição derivada e secundária. Vygotsky afirma que a formação da consciência e a formação de conceitos advêm das práticas sociais em seu contexto histórico-cultural; para ele, o processo de formação de consciência corresponde ao processo de internalização, que é a construção de um plano intrapsicológico a partir de material interpsicológico, de relações sociais (OLIVEIRA, 2005).

Pode-se, portanto, identificar, nesta abordagem de Vygotsky com relação à cultura, a constituição interdependente entre a subjetividade e a objetividade na realidade sócio-histórica dos indivíduos, mediada pelas relações sociais, em uma perspectiva existencialista. Neste sentido, os indivíduos são co-responsáveis, por meio de suas ações e reações, pela realidade ambiental complexa em que se inserem, e, por isso, capazes, por meio de suas vivências conscientes, de modificá-la em sua complexidade de aspectos físico-naturais, econômicos, políticos, simbólicos e ideológicos em um certo contexto histórico (OLIVEIRA, 2005).

Assim, podemos tentar uma aproximação entre alguns aspectos do pensamento de Vygotsky e os fundamentos da Educação Ambiental aqui enfatizados: Se, por um lado, Vygotsky entende que a relação homem / mundo é mediada por símbolos oriundos do contexto cultural e que a formação da consciência e dos conceitos vem das práticas sociais, as quais são frutos do processo histórico, por outro lado, o fazer educativo ambiental é uma prática que só se torna executável como ação social. A Educação Ambiental é uma prática educativa que, além de cultural e informativa, é fundamentalmente política, formativa e emancipadora, portanto, transformadora das relações sociais existentes (LOUREIRO, 2004).

Quanto à prática educativa transformadora que contempla a possibilidade do indivíduo atuar conscientemente em seu meio de vida, pode-se destacar desta

colocação o fato de que a vida do homem é ampla de possibilidades, que viabilizam as mudanças favoráveis àqueles que se encontram na condição de subjugados em suas capacidades intelectuais e em suas competências, e não vida determinada à estagnação mental. É possível remeter esta reflexão a um dos pressupostos fundamentais elaborados por Vygotsky, que é a questão da plasticidade cerebral (OLIVEIRA, 1992).

Voltando a reflexão para o contexto educacional da atualidade, entendemos que por meio da autonomia podemos chegar à escola necessária ao nosso tempo, entendendo que esta deve ser uma escola democrática que prepare os indivíduos, justamente, para a vida sob o regime da democracia. Ter uma escola democrática significa desenvolver uma educação escolar que compreenda as diversas interferências e interesses que perpassam a sociedade e que organiza o ensino de forma a levar o educando a compreendê-los e a compreender o papel de cada um, individualmente, e o de cada grupo organizado, para poder interferir nas ações dessa sociedade (RODRIGUES, 1998).

Quanto aos RSU, o professor deve ter uma boa informação técnica e, claro, um acompanhamento da evolução da problemática do lixo, da dilapidação dos recursos naturais e da inculturação de uma nova consciência visando o consumo consciente e a participação ativa no processo de reciclagem de produtos usados. Se o exemplo é marcante tanto para o bem como para o mal, o professor deve mostrar isso, e os resultados de projetos como coleta seletiva e redução da geração dos RSU devem ser colocados claramente aos alunos, sob perda de uma preciosa oportunidade (talvez a única) de mudar a mentalidade e a atitude desses alunos.

5. CONCLUSÃO

A aparente utopia de um meio ambiente que concilie desenvolvimento associado à sustentabilidade ambiental, qualidade de vida e igualdade social só será alcançada com muita reflexão, boa vontade, esforços pessoal e comunitário, disposição e ações políticas aliadas ao fundamental entendimento de que o planeta como um todo é afetado por cada atitude isolada. A solução para os problemas ambientais não depende apenas de atitudes governamentais ou decisões de empresas; deve ser fruto também do empenho de cada cidadão, que tem o poder de recusar produtos que possam causar danos ao meio ambiente, ou simplesmente segregar os resíduos dentro de suas casas, facilitando assim os processos de reciclagem. O conhecimento da questão dos RSU é a única maneira de se iniciar um ciclo de decisões e atitudes que possam resultar em uma efetiva melhoria de nossa qualidade ambiental de vida.

Precisamos de uma escola que se expresse como um ambiente o qual se constrói por meio da participação e da colaboração de todos os indivíduos sociais que o integram, em prol da solução dos problemas que emergem dos conflitos que caracterizam as inter-relações na sociedade – um ambiente onde os educadores trabalhem de maneira organizada, em que as concepções opostas ou divergentes possam se manifestar; onde, por meio da autonomia, os educandos, os pais e a comunidade possam ter a capacidade ou a possibilidade de apresentarem suas alternativas, críticas, observações e sugestões.

É certo que a promoção de uma escola pública democrática passa por decisões e ações de instâncias de poder hierarquicamente acima do professor, desde a direção local de um estabelecimento de ensino até o Ministério da Educação. Tais instâncias correspondem a institucionalidades definidas em dada organização social que espera destas a consolidação de certo projeto educacional. Porém, se as mudanças em prol de um sistema de ensino mais democrático e de uma sociedade mais justa para todos não vêm dos que estão no poder maior, é preciso que nós, educadores ambientais compromissados com as transformações

sociais, nos conscientizemos que temos a possibilidade de optar por uma pedagogia da autonomia de nossos educandos – uma autonomia que caminhe em direção à conquista do autoconhecimento, do conhecimento crítico do mundo, da auto-estima, da liberdade de escolha, da escolha consciente, enfim, que caminhe em direção à conquista de um exercício da cidadania participativa em nossa sociedade. E, quando nos voltamos para a importância da prática educativa emancipatória para as mudanças de que falamos, a possibilidade de optar por uma pedagogia da autonomia transforma-se em compromisso e responsabilidade em assumi-la. Sendo assim, Freire nos alerta que: “É a partir deste saber fundamental: ‘mudar é difícil, mas é possível’, que vamos programar nossa ação político-pedagógica [...]. O êxito de educadores [...] está centralmente nesta certeza que jamais os deixa de que é possível mudar, de que é preciso mudar, de que preservar situações concretas de miséria é uma imoralidade. [...]” (FREIRE, 2003).

REFERÊNCIAS

ABIPET, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. Meio ambiente. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br>>. Acesso em 18 jun 2009;

ABNT NBR 8419, 1984, **Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos – Procedimento**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas;

ABNT NBR 10004, 1987, **Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas;

ABNT NBR 13230, 2008, **Embalagens e Acondicionamentos Plásticos Recicláveis – Identificação e Simbologia**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas;

BELÉM IN FORMA. Serviços. Disponível em: <<http://www.beleminforma.com>>. Acesso em: 24 mai 2009;

CÂMARA MUNICIPAL DO SEIXAL - PORTUGAL. Disponível em: <<http://www2.cm-seixal.pt/cam>>. Acesso em: 24 mai. 2009;

CARVALHO, A.M.P. & GIL-PÉREZ, D., 1995, **Formação de Professores de Ciências**. São Paulo, SP, Brasil: Ed. Cortez, 2ª edição;

CEMPRE, COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 28 jun 2009;

CHASSOT, A.I., 1993, **Catalisando Transformações na Educação**. Ijuí, RS, Brasil: Ed. Unijuí, 2ª edição;

CHASSOT, A.I., 1995, **A Ciência Através dos Tempos**. São Paulo, SP, Brasil: Ed.

Moderna;

COMLURB, COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/comlurb>>. Acesso em: 24 mai 2009;

COMPAM, COMÉRCIO DE PAPÉIS E APARAS MOOCA LTDA. Meio ambiente. Disponível em <<http://www.compam.com.br>>. Acesso em 18 jun 2009;

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1999, **Resolução número 257 de 30 de junho de 1999**. Distrito Federal, Brasília, Brasil: Ministério do Meio Ambiente;

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1993, **Resolução número 5 de 5 de agosto de 1993**. Distrito Federal, Brasília, Brasil: Ministério do Meio Ambiente;

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S/A. Serviços. Disponível em: <<http://www.essencis.com.br/servicos.asp>>. Acesso em: 24 mai 2009;

FARIA, F. S., 2002, **Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos - IQA**. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

FREIRE, P., 2003, **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. São Paulo, SP, Brasil: Ed. Paz e Terra;

GADOTTI, M., 2001, **Pedagogia da Práxis**. São Paulo, SP, Brasil: Ed. Cortez, Instituto Paulo Freire;

GOODMAN, I., 1988, “**Polyesters**” em; H.F. Mark, N.M. Bikales, C.G. Overberger & G. Menges, **Encyclopedia of Polymer Science and Engineering**, USA: Ed. John Wiley & Sons;

HELENO & FONSECA CONSTRUTÉCNICA S.A.. Serviços. Disponível em: <<http://www.hfc.com.br>>. Acesso em: 24 mai 2009;

HOMENEWS. Notícias. Disponível em: <<http://www.homenews.com.br>>. Acesso em: 18 jun 2009;

IPT/CEMPRE, 2000, **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 1ª ed. São Paulo, Brasil: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo;

JUCÁ, J.F.T., 2003, **Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. Porto Alegre, RS, Brasil: V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental;

JUNDIAÍ SERVIÇOS S/A. Serviços. Disponível em: <<http://www.jundiaiservicos.com.br>>. Acesso em: 29 jun 2009;

LIMA, L.M.Q., 1991, **Tratamento de Lixo**. São Paulo, SP, Brasil: Ed. Hemus;

LIMA, L.M.Q., 1995, **Tratamento e Biorremediação**. São Paulo, SP, Brasil: Ed. Hemus;

LIMA, L. M. Q., 2002, **Biorremediação de Lixões**. 1ª ed. Campinas, SP, Brasil, Grupo LM Tratamento de Resíduos Ltda.;

LIMA. G. F. da C., 2002, **Crise Ambiental, Educação e Cidadania: Os Desafios da Sustentabilidade Emancipatória**. São Paulo, SP, Brasil: Ed. Cortez;

LOUREIRO, C.F.B., 2003 **O movimento Ambientalista e o Pensamento Crítico: Uma Abordagem Política**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Ed. Quartet;

LOUREIRO, C.F.B., 2004, **Educação Ambiental Transformadora**. Distrito Federal, Brasília, Brasil: Ministério do Meio Ambiente;

MAGRINI, A., 2001, **Política e Gestão Ambiental: Conceitos e Instrumentos**, Revista Brasileira de Energia, Junho, pp. 135-147;

MANASSERO, M., VAN IMPE, W. F., BOUAZZA. A., 1996, **“Waste Disposal and**

Containment – Proceedings”. II International Congress on Environmental Geotechnics. Osaka, Japão, v. 3, pp. 1425-1474;

MARIANO, M. O. H. & JUCÁ, S. F. T., 1998, **Monitoramento de Recalques no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca. Anais, XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica.** v. 3, pp. 1671-1678;

NASCIMENTO, R.C. PACHECO, E. B. A. V.; DIAS, M.L., 1996, **Reciclagem de garrafas PET - Revista Química Industrial, nº 706/707.** São Paulo, SP, Brasil: Ed. Signus;

OLIVEIRA, M. K., 2005, **História, consciência e educação.** Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Ed. Ediouro;

PIAGET, J.,1998, **Sobre a pedagogia.** São Paulo, SP, Brasil: Ed. Casa do Psicólogo;

PIVA, A. M., 2004, **Reciclagem do Plástico – Como Fazer da Reciclagem um Negócio Lucrativo.** São Paulo, SP, Brasil: Ed. Artliber Ltda.;

POSSANTE ON LINE. Notícias. Disponível em: <<http://www.possanteonline.com>>. Acesso em: 24 mai 2009;

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ. Disponível em: <<http://www.maringa.pr.gov.br>>. Acesso em: 24 mai. 2009;

REMEDIO, M. V., MANCINI, S. D., ZANIN, M, 2002, **Potencial de Reciclagem de Resíduos em um Sistema com Coleta de Lixo Comum.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 7, n. 1 (Jan/Mar) e n. 2 (Abr/Jun), pp. 58-69;

RODRIGUES, N.,1998, **Da Mistificação da Escola à Escola Necessária.** São Paulo, SP, Brasil: Ed. Cortez;

SANTOS, L. A. O. & PRESA, E. P., 1995, **Compressibilidade de Aterros Sanitários Controlados. Anais, III Simpósio Sobre Barragens de Rejeitos e**

Disposição de Resíduos – Regeo’ 95. Ouro Preto, MG, Brasil v.II, pp. 577-591;

SANTOS, W.L.P. & SCHNETZLER, R.P., 1996, **Ensino de Química e Cidadania.** São Paulo, SP, Brasil: Química Nova na Escola, n. 4, p. 28-34, 1996;

VERTEX TRADE AND TECHNOLOGY S/A. Serviços. Disponível em: <<http://www.vertextradeandtechnology.com/plastics.htm>>. Acesso em 29 jun 2009;

ZANON, I.B. & PALHARINI, E.M., 1995, **A Química no Ensino Fundamental de Ciências.** São Paulo, SP, Brasil: Química Nova na Escola, n. 2, p. 15-18.