

2 Revisão da Literatura

2.1.Gestão de resíduos

O artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (1995:100) prescreve que:

“... todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações...”

Diminuir a quantidade gerada de resíduos domésticos e encontrar soluções adequadas para eliminá-los é uma preocupação global. Em países industrializados, como os da Europa e Estados Unidos (onde o acúmulo acompanha o ritmo acelerado de produção e consumo), o problema chegou no limite.

Nos Estados Unidos, a produção de resíduos sólidos mais que duplicou nos últimos 40 anos (passando de 88 milhões para mais de 232 milhões de toneladas por ano), segundo a Agência de Proteção Ambiental do país, a EPA – Environmental Protection Agency (2000).

Segundo Jornal Plástivida (2002), o resíduo plástico gerado em 2001 pelos países da Europa Ocidental chega a 20.391 mil toneladas e pelos países da União Européia chega a 19.254 mil toneladas.

A urgência de minimizar este quadro colocou estes países entre os primeiros a implantar políticas nacionais de gerenciamento e gestão de resíduos sólidos, estipulando metas para a redução da deposição final de lixo em 20% (com base nas quantidades de 2000) até 2010 e em 50% até 2050.

Segundo Frangipane et al. (1998/9), para que esta meta seja atingida, adotaram-se algumas medidas prioritárias tais como a prevenção do desperdício, incentivando a diminuição da geração de resíduos por parte das indústrias e os consumidores a escolher produtos de empresas que atendam estes compromissos ambientais.

O princípio onde "o poluidor paga", transfere ao gerador a responsabilidade pela coleta, tratamento e reciclagem do resíduo gerado, porém

segundo Cooper (1997), para as embalagens de bens consumidos nas residências há grande dificuldade de se definir quem é o poluidor.

Por fim, o princípio da proximidade, pelo qual o tratamento deve ser executado o mais perto possível de sua fonte produtora.

Entre as providências já consolidadas nos países membros estão a criação da etiqueta ecológica para ajudar os consumidores a identificar produtos "verdes", ou ecologicamente corretos; medidas para reduzir em 65% o despejo de lixo biodegradável em aterros sanitários de 2006 a 2016, além de programas de coleta seletiva de sucesso em toda a Europa.

Nos EUA e no Japão também existem iniciativas bem-sucedidas na área de reciclagem, tanto por parte do governo, como na iniciativa privada, ONGs e da própria população.

O Japão é o país líder em reciclagem, com 50% do total dos resíduos reaproveitados, segundo Calderoni (1997). Não há lixões no país, pois por uma questão de falta de espaço estes são enviados à países vizinhos, que cobram pelo serviço.

Em 1999, a reciclagem e a compostagem evitaram que 64 milhões de toneladas de resíduos acabassem em aterros nos EUA. O índice de reciclagem no país praticamente dobrou nos últimos 15 anos e hoje chega a 28%, de acordo com a EPA - Environmental Protection Agency (2000). Segundo CEMPRE (2005), a cidade de Nova York (EUA) retomou seu programa de reciclagem depois de quase dois anos de suspensão. Mostrou-se dispendioso transportar os resíduos para aterros sanitários que, nos EUA, estão cada vez mais longe dos grandes centros. O investimento foi na ordem de US\$ 25 milhões para construção de uma espécie de centro de escoamento com o objetivo de processar e disponibilizar metais, vidros e plásticos recicláveis, a custo de aproximadamente 55% menor de quando o programa foi interrompido.

Segundo Juras (2001), a legislação na Alemanha evita a geração de resíduos, fazendo com que estes sejam valorizados, na forma de recuperação do material (reciclagem) ou valorização energética (produção de energia); os resíduos não valorizáveis tem que ser eliminados de forma ambientalmente compatível. Já a política francesa de resíduos, estabelecida em 1975 e modificada em 1992, tem como objetivos principais, a prevenção ou a redução da produção e a nocividade dos resíduos; a organização do transporte dos resíduos, com a limitação da distância e do volume; a valorização dos resíduos pela reutilização, a reciclagem ou qualquer outra ação visando a obtenção de

energia ou materiais a partir dos resíduos; e não permitir, a partir de 1º de julho de 2002, nas instalações de disposição, resíduos que não os finais.

Segundo Kapaz (2001), a Dinamarca foi o país pioneiro no gerenciamento de resíduos de embalagens. Nos anos 80, por meio de legislação própria, autorizou exclusivamente embalagens reaproveitáveis para cervejas e refrigerantes. Como resultado dessa política, a partir de 1994, a porcentagem de cerveja e refrigerantes engarrafados em vasilhames retornáveis era de 99,5%.

Estudo da AMPE (2001) revela que a reciclagem e outros métodos de recuperação de plásticos na Europa, cresceram mais do que a demanda por plásticos, o que fez reduzir o total de lixo plástico descartado. A demanda por plásticos nesta região, cresceu em torno de 3%, o equivalente a quase 40 milhões toneladas, enquanto que a reciclagem mecânica, a reciclagem de combustível e a recuperação de energia, resultaram num crescimento de 11% em comparação aos anos anteriores. A análise do consumo e recuperação de plásticos na Europa também indica que, apesar do aumento na demanda de plásticos, o lixo total dos materiais pós-uso permaneceu abaixo de 1% do lixo total, ou seja, em 19,5 milhões de toneladas.

Segundo Frangipane et al. (1999), o aterro é o método de eliminação de resíduos sólidos mais comum em alguns países da Europa, particularmente na Grécia, Itália e Reino Unido, onde este é praticamente o único método de eliminação. As exceções são Luxemburgo, Suécia e Suíça, nos quais a incineração é mais utilizada. Na Suécia todos os incineradores são equipados com dispositivos de recuperação de energia. Neste país, como também na Áustria, Alemanha e Suíça a coleta seletiva é mais desenvolvida (mais de 30% dos resíduos sólidos municipais coletados). A compostagem é particularmente desenvolvida na Áustria e Holanda.

Segundo Monteiro et al. (2001), no Brasil, o serviço sistemático de limpeza urbana foi iniciado oficialmente em 25 de novembro de 1880, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, então capital do Império. Nesse dia, o imperador D. Pedro II assinou o Decreto nº 3024, aprovando o contrato de "limpeza e irrigação" da cidade, que foi executado por Aleixo Gary e, mais tarde, por Luciano Francisco Gary, de cujo sobrenome origina-se a palavra gari, que hoje denomina-se os trabalhadores da limpeza urbana em muitas cidades brasileiras.

Dos tempos imperiais aos dias atuais, os serviços de limpeza urbana vivenciaram momentos bons e ruins. Hoje, a situação da gestão dos resíduos sólidos se apresenta em cada cidade brasileira de forma diversa, prevalecendo, entretanto, uma situação nada alentadora.

Considerada um dos setores do saneamento básico, a gestão dos resíduos sólidos não tem merecido a atenção necessária por parte do poder público. Com isso, compromete-se cada vez mais a já combalida saúde da população, bem como a degradação dos recursos naturais, especialmente o solo e os recursos hídricos.

A interdependência dos conceitos de meio ambiente, saúde e saneamento é hoje bastante evidente, o que reforça a necessidade de integração das ações desses setores em proveito da melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

Como um retrato desse universo de ação, há de se considerar que, segundo dados do IBGE, mais de 70% dos municípios brasileiros possuem menos de 20 mil habitantes, e que a concentração urbana da população no país ultrapassa a casa dos 80%.

Desta forma reforçam-se as preocupações com os problemas ambientais urbanos e, entre estes, o gerenciamento dos resíduos sólidos, cuja atribuição pertence à administração pública.

Ainda segundo dados do IBGE coletados em 2000, dos 5.507 municípios brasileiros, apenas 451 possuem coleta seletiva e 352 contam com serviço de reciclagem de lixo.

Segundo Calderoni (1997), em 1996, foram produzidas 3,6 milhões de toneladas de lixo só no município de São Paulo. Em 2000, esse número saltou para 7,35 milhões.

Apesar desse quadro, o sistema de limpeza urbana é o segmento que mais se desenvolveu apresentando a maior abrangência de atendimento junto à população, ao mesmo tempo em que é a atividade do sistema que demanda maior percentual de recursos por parte da municipalidade.

Porém o problema da disposição final assume uma magnitude alarmante, considerando apenas os resíduos urbanos e públicos, conclui-se que, em geral, as administrações públicas implantam como políticas de resíduos o distanciamento dos locais de deposição, visando apenas, afastar das zonas urbanas o lixo coletado, depositando-o por vezes em locais absolutamente inadequados, como encostas com floresta, manguezais, rios, baías e vales.

Segundo Grimberg (2004), 63,6% dos municípios brasileiros depositam seus resíduos em lixões, a maioria com a presença de catadores entre eles crianças, confirmando os problemas sociais que a má gestão do lixo acarreta, além dos graves problemas de saúde pública, bem como desastres ambientais no meio urbano e rural, provocados pelo “lixo” jogados nos rios e córregos.

A participação de catadores na segregação informal do lixo, seja nas ruas ou nos vazadouros e aterros, é o ponto mais visível da inter-relação do lixo com a questão social. Onde o lixo tornou-se fonte inesgotável de renda e sobrevivência para esta população.

Desta forma, conclui-se que o gerenciamento dos resíduos de forma integrada, demanda trabalhar os aspectos sociais com o planejamento das ações técnicas e operacionais do sistema de limpeza urbana.

Segundo Castagnari (2004), as pessoas que trabalham com materiais recicláveis têm que ser valorizadas e reinseridas socialmente. Entretanto, tal fato deve se dar, preferencialmente, pelo estímulo à contratação dessa mão-de-obra pelas empresas prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos. Somente dessa forma, através de empregos formais, os trabalhadores poderão usufruir de todos os benefícios e garantias trabalhistas e previdenciárias e contar com as proteções que a atividade exige.

Segundo o Ministério da Agricultura, todos os anos 14 milhões de toneladas de alimentos são descartados, devido a procedimentos inadequados em toda a cadeia produtiva.

Vilhena (2004) sugere que para ampliar a coleta seletiva no País é necessário aumentar a participação popular. É preciso estimular os moradores a separar o lixo doméstico e a entregá-lo nas cooperativas de catadores, ou postos de entrega, mantidos pelas prefeituras e iniciativa privada. É necessário também que os governantes promovam mudanças na tributação da cadeia de reciclagem. O governo precisa oferecer um tratamento diferenciado para as empresas do setor. Mas o fato é que não existe mágica: para aumentar a reciclagem o jeito é fazer.

Já a socióloga Grimberg (2004) afirma que: "É preciso uma política nacional que institua metas para a volta dos retornáveis. Não tem sentido continuar gerando latas de alumínio e garrafas plásticas. O que está em jogo são as fontes de matéria-prima".

De qualquer modo, conclui-se que ações estão sendo desenvolvidas com o propósito de minimizar a deposição dos resíduos no meio ambiente, mas a falta de planejamento e de um levantamento das reais possibilidades da reutilização dos resíduos acarreta falência de alguns projetos.

Grandes unidades de tratamento de resíduos sólidos, teoricamente incorporando tecnologia mais sofisticada de compostagem acelerada, foram instaladas no Rio de Janeiro e se encontram desativadas, seja por inadequação

do processo às condições locais, seja pelo alto custo de operação e manutenção exigido.

Pode-se considerar que os dados estatísticos da limpeza urbana, na maioria dos municípios brasileiros, são muito deficientes, pois as administrações públicas têm dificuldade em apresentá-los, já que existem diversos padrões de aferição dos vários serviços.

Considerou-se neste trabalho, os dados levantados junto a Comlurb (Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro), indicados no Figura 3, onde pode-se observar um decréscimo na coleta do papel e um leve crescimento no plástico. Estes dados comparados aos do Quadro 1, onde é indicado o percentual de reciclagem com relação ao que é produzido, demonstram que a reciclagem destes materiais, contribuem na redução do percentual presente nos aterros, ou seja, os materiais com maior percentual de reciclagem se estabilizam em percentuais mínimos na representação do material coletado.

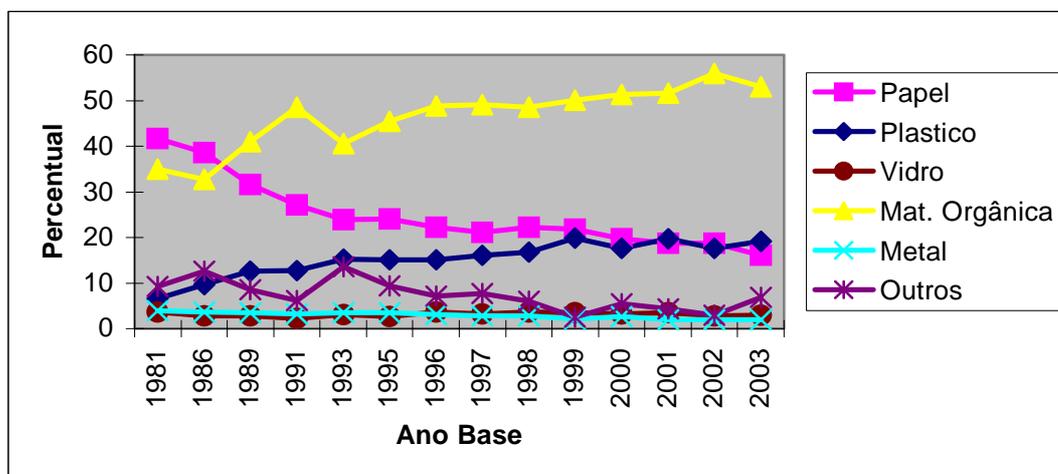
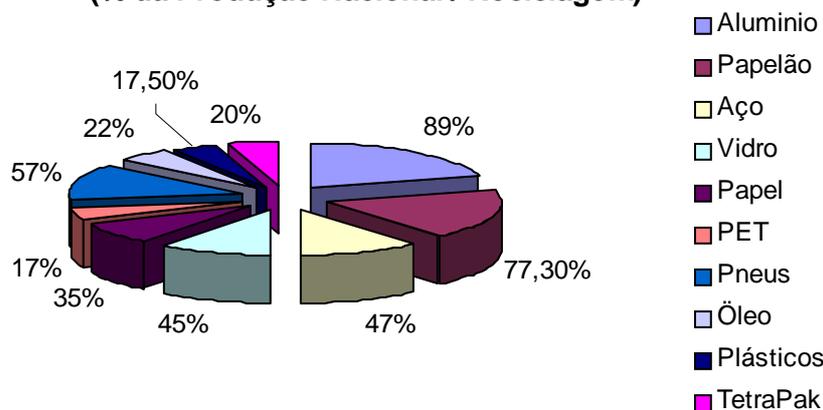


Figura 3 - Composição do Lixo no Rio de Janeiro. Fonte Comlurb/2005

Reciclagem de Materiais no Brasil (% da Produção Nacional / Reciclagem)



Quadro 1 - Reciclagem de Materiais no Brasil – Fonte Cempre/2005

Por outro lado, o manejo e a deposição final dos resíduos industriais, tema que atualmente tem tido uma maior projeção por parte da sociedade, constituem um problema ainda maior que certamente já produz sérias conseqüências ambientais e para a saúde da população.

No Brasil, os estados interferem no problema através de seus órgãos de controle ambiental, exigindo dos geradores de resíduos perigosos (Classes I e II) sistemas de manuseio, de estocagem, de transporte e de destinação final adequados.

As administrações municipais podem agir nesse setor de forma suplementar, através de seus órgãos de fiscalização, sobretudo considerando que a determinação do uso do solo urbano é competência exclusiva dos municípios, conferindo-lhes o direito de impedir atividades industriais potencialmente poluidoras em seu território, seja através da proibição de implantação, seja através da cassação do alvará de funcionamento.

Segundo Monteiro et al. (2001), como a gestão de resíduos está se transformando em uma atividade essencial, e as atividades que a compõem se restringem ao território do Município, apesar de serem ainda primárias, as soluções consorciadas de destinação final em aterros gerenciados e programados já fazem parte da pauta de várias prefeituras.

Municípios com áreas mais adequadas para a instalação dessas unidades operacionais às vezes se consorciam com cidades vizinhas para receber os seus resíduos, negociando algumas vantagens por serem os hospedeiros, tais como isenção do custo de vazamento ou alguma compensação urbanística, custeada pelos outros consorciados.

Um dos exemplos mais bem-sucedidos no campo do consórcio é aquele formado pelos municípios de Jundiaí, Campo Limpo Paulista, Cajamar, Louveira, Várzea Paulista e Vinhedo, no Estado de São Paulo, para operar o aterro sanitário de Várzea Paulista.

A sustentabilidade econômica dos serviços de gerenciamento ambiental é um importante fator para a garantia da sua qualidade. Felizmente, o que se percebe mais recentemente é uma mudança importante na atenção que o tema tem recebido das instituições públicas, em todos os níveis de governo.

O governo federal e os estaduais passaram a destinar maiores recursos na criação de programas e linhas de crédito onde, os municípios beneficiados, são aqueles que apresentam projetos visando solucionar problemas como de limpeza urbana, gerando condições de continuidade dos serviços e manutenção de sua qualidade ao longo do tempo, onde a população assume o papel fiscalizador, estimulada pelos órgãos de controle ambiental, Ministério Público e pelas organizações não-governamentais voltadas para a defesa do meio ambiente.

2.2.Caracterização dos plásticos

A palavra plástico, originária do grego plastikós, significa *adequado à moldagem*, este material possui características de alta flexibilidade, podendo ser facilmente moldado.

O primeiro material com estas características foi a celulose, surgida em 1864. O PVC ou Policloreto de Vinila surgiu somente em 1913, foi durante a II Guerra Mundial, ou seja, há pouco mais de sessenta anos, que sua utilização industrial se desenvolveu e popularizou.

Os hidrocarbonetos (petróleo), após processamento físico-químico produzem produtos que são indispensáveis na vida moderna.

A nafta, um derivado do petróleo, possui papel significativo para as indústrias petroquímicas, originando eteno e propeno, além de outros monômeros imprescindíveis à produção de resinas plásticas e outros polímeros.

2.2.1.Os principais tipos de plásticos

Segundo suas características, os plásticos se dividem em dois grupos: os termorrígidos ou termofixos e os termoplásticos.

• **Plásticos Termofixos:**

Não se fundem e uma vez moldados e endurecidos, não oferecem condições para reciclagem. São apresentados como mistura de pós e moldados sob pressão.

Como exemplo, as telhas transparentes, do revestimento do telefone e de inúmeras peças utilizadas na mecânica em geral e especificamente na indústria automobilística.

• **Plásticos Termoplásticos:**

São aqueles que se fundem a baixas temperaturas podendo ser moldados, após o resfriamento recuperam suas propriedades físicas.

Como o processo possibilita a repetição, a reciclagem se torna tecnicamente um processo simples e viável.

Porém segundo as normas sanitárias, os produtos reciclados não podem ser empregados em embalagens alimentícias a fim de se evitar contaminações.

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas estabelece através da norma NBR - 13230, simbologia a identificação dos termoplásticos utilizados na fabricação de embalagens e recipientes, facilitando a sua reciclagem.

Considerou sete tipos de termoplásticos, a seguir:



Polietileno Tereftalato – PET

É utilizado em frascos de refrigerantes, de produtos de limpeza e farmacêuticos, em fibras sintéticas, etc..



Polietileno de Alta Densidade – PEAD

São utilizados na confecção de engradados para bebidas, garrafas de álcool e de produtos químicos, tubos para líquidos e gás, tanques de combustível, etc..



Policloreto de Vinila – PVC

São utilizados em tubos e conexões para água, calçados, encapamentos de cabos elétricos, equipamentos médico-cirúrgico, lonas, esquadrias e revestimentos, etc..



Polietileno de Baixa Densidade – PEBD

São empregados nas embalagens de alimentos, sacos industriais, sacos para lixo, filmes flexíveis, lonas agrícolas, etc.



Polipropileno - PP

Empregados em embalagem de massas alimentícias e biscoitos, potes de margarina, seringas descartáveis, equipamentos médico-cirúrgicos, fibras e fios têxteis, utilidades domésticas, autopeças, etc..



Poliestireno – PS

Usado em copos descartáveis, placas isolantes, aparelhos de som e de TV, embalagens alimentícias, revestimento de geladeiras, material escolar, etc..



Outros

São as resinas plásticas não indicadas até aqui e são utilizadas em plásticos especiais na engenharia, em CDs, em eletrodomésticos, em corpo de computadores e em outras utilidades especiais.

2.2.2. Processos de reciclagem de Plásticos:

Podem-se considerar quatro processos diferentes de reciclagem de plásticos:

- **Reciclagem Primária**

Consiste no reaproveitamento das aparas, das rebarbas e das peças defeituosas dentro da linha de montagem das próprias indústrias.

Muitas empresas do setor já adotam tal procedimento visando a diminuição de seus custos, outras vendem esses resíduos para empresas recuperadoras. Entretanto, deve-se tomar um especial cuidado na sucessiva repetição desse aproveitamento, pois poderá acarretar degradação do material diminuindo sua qualidade, exigindo assim, um rigoroso controle para não comprometer a imagem da empresa junto aos seus clientes.

• **Reciclagem Secundária**

É a reciclagem de parte dos rejeitos existentes no lixo propriamente dito. Essa reciclagem pode ser feita nas Usinas de Compostagem e Reciclagem ou através de coleta seletiva.

Mesmo no caso de coleta seletiva onde o plástico vem relativamente limpo, o produto reciclado terá sempre uma qualidade técnica inferior ao material virgem, devido a presença de diversas formas de plásticos nesses refugos, exigindo operações adicionais àquelas da reciclagem primária, para a separação dos diversos tipos existentes. Dependendo da utilização do produto final, essa operação não precisará ser realizada, ressaltando-se que o produto assim reciclado deverá ser utilizado apenas nas situações em que tais alterações sejam perfeitamente aceitáveis.

No caso da separação nas Usinas de Reciclagem há necessidade de uma lavagem, além da separação, muito mais trabalhosa do que no caso da coleta seletiva, uma vez que o plástico vem contaminado pelas impurezas do lixo e os efluentes líquidos oriundos dessa lavagem necessitarão de um tratamento especial antes de ser lançado na natureza, fato este que desvaloriza o processo de comercialização desses produtos.

• **Reciclagem Terciária**

É a transformação dos resíduos polímeros em monômeros e em outros produtos químicos através de decomposição química ou térmica. Após esta operação, o produto poderá ser novamente polimerizado, gerando novas resinas plásticas.

É importante ressaltar que os materiais obtidos por este processo de reciclagem necessitam de um tratamento dispendioso na purificação final, sendo só indicado para produtos de alto valor econômico.

• **Reciclagem Quaternária**

Neste caso o objetivo é a queima do plástico em incineradores especiais gerando calor que pode ser transformado em energia térmica ou elétrica, em virtude do alto poder calorífico dos plásticos. Entretanto existe, nesse caso, um grande inconveniente, pois a queima do plástico gera gases de alta toxicidade, contaminando de forma violenta o meio ambiente, o que exige que os incineradores sejam dotados de filtros especiais, de altíssimo custo, e mesmo assim essa filtragem não se processa de forma satisfatória.

2.3. Caracterização do PET

Os plásticos são polímeros produzidos a partir de processos petroquímicos. O PET, Polietileno tereftalato, é um deles, e foi desenvolvido em 1941 pelos químicos ingleses Whinfield e Dickson. Por ser um material inerte, leve, resistente e transparente, passou a ser utilizado na fabricação de embalagens de bebidas e alimentos no início da década de 1980. Em 1985 cerca de 500 mil toneladas de vasilhames já haviam sido produzidos, somente nos Estados Unidos.

O PET é produzido industrialmente por duas vias químicas:

Esterificação direta do ácido tereftálico purificado (PTA) com etileno glicol (EG), ou

Transesterificação do dimetil tereftalato (DMT) com etileno glicol (EG).

As macromoléculas de PET puro (o chamado homopolímero) constituem-se de repetições da molécula mais simples (mero) de tereftalato de etileno. Nos polímeros comerciais, 130 a 155 repetições desse mero constituem a macromolécula típica de PET.

Sua densidade é igual a 1.38 g/cm^3 .

A resina PET é muito utilizada em todo o mundo para a fabricação de embalagens, em razão de suas propriedades: transparência, resistência mecânica, brilho e barreira a gases. Inicialmente utilizada para a produção de garrafas para acondicionar bebidas carbonatadas, é hoje utilizada no Brasil para diversas outras linhas de produtos, tais como óleos comestíveis, isotônicos, água mineral, produtos de higiene e limpeza, cosméticos e fármacos.

As garrafas de PET são totalmente inertes. Isto significa que, mesmo indevidamente descartadas, não causam nenhum tipo de contaminação para o solo ou lençóis freáticos.

Os resíduos inertes são quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, (NBR 10.007 - amostragem de resíduos) e submetidos a contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, (segundo NBR 10.006 - solubilização de resíduos) não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados às concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

A transformação da resina PET em garrafas, frascos ou potes ocorre em 7 etapas distintas: secagem, alimentação, plastificação, injeção, condicionamento, sopro e ejeção do produto.

2.4. Reciclagem de PET

A reciclagem é um conjunto de técnicas que tem por finalidade aproveitar os detritos reutilizando no ciclo de produção, ou seja, é o resultado de uma série de atividades, pelas quais materiais que se tornariam lixo, ou estão no lixo, são coletados, separados e processados para serem utilizados como matéria-prima na manufatura de novos produtos.

As indústrias recicladoras são também denominadas secundárias, por processarem matéria-prima de recuperação. Na maior parte dos processos, o produto reciclado é completamente diferente do produto inicial.

O PET pode ser reciclado de três maneiras diferentes:

- **Reciclagem química:**

Utilizada também para outros plásticos, separa os componentes do PET, fornecendo matéria-prima para solventes e resinas, entre outros produtos.

- **Reciclagem energética:**

O calor gerado com a queima do produto pode ser aproveitado na geração de energia elétrica (usinas termelétricas), alimentação de caldeiras e altos-fornos. O PET é altamente combustível, com valor de cerca de 20.000 BTUs/kilo, e libera gases residuais como monóxido e dióxido de carbono, acetaldeído, benzoato de vinila e ácido benzóico. Por outro lado, devido ao alto valor da sucata, a incineração do material não é recomendada, mesmo com recuperação de energia.

- **Reciclagem mecânica.**

Praticamente todo o PET reciclado no Brasil passa pelo processo mecânico, que pode ser dividido em:

RECUPERAÇÃO: Nesta fase, as embalagens que seriam destinadas ao lixo comum ganham o status de matéria-prima. As embalagens recuperadas serão 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, devido a leveza do material, os fardos são montados de modo a garantir a maior quantidade em um menor volume.

REVALORIZAÇÃO: As garrafas são moídas, ganhando valor no mercado. O produto que resulta desta fase é o flocos da garrafa. Pode ser produzido de maneiras diferentes e, os flocos mais refinados, podem ser utilizados diretamente como matéria-prima para a fabricação dos diversos produtos que o PET reciclado dá origem na etapa de transformação. No entanto, há possibilidade de valorizar ainda mais o produto, produzindo os grãos de PET reciclado. Desta forma o produto fica muito mais condensado, otimizando o transporte e o desempenho na transformação.

TRANSFORMAÇÃO: Fase em que os flocos, ou o granulado será transformado num novo produto, fechando o ciclo. Os transformadores utilizam PET reciclado para fabricação de diversos produtos, inclusive novas garrafas para produtos não alimentícios.

A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), não autoriza a utilização de PET reciclado na produção de embalagens para produtos alimentícios, sendo que a tecnologia já existe (provém de uma empresa alemã, chamada OHL, que batizou seu processo de Stehing Bottle-to-Bottle) e esta sendo utilizada pela empresa BahiaPET, que tem uma capacidade de produção de 750 t/mês (720kg/h) e consumo de garrafas de 900 t/mês, esta produção é exportada para países onde este uso é permitido como EUA, Alemanha, Holanda, França, Japão e Austrália. Segundo Plásticos em Revista/março 2004.

A promessa é de restituir à resina reciclada, as propriedades do material virgem, mas não será fácil alterar a legislação brasileira quanto ao assunto, visto que nem a questão da tributação sobre o reciclado plástico foi resolvida. Na opinião de Marçon, da Recipet, o mercado de embalagem se mostra curioso a respeito da nova tecnologia bottle to bottle (garrafa a garrafa), mas a maioria ainda a considera inviável no País, neste momento. Há até fabricante de embalagem achando que basta colocar as garrafas usadas de PET num lado da máquina e retirar novas do outro lado. Este fato retrata a desinformação sobre esta nova tecnologia.

Na opinião do diretor da Recipet, a qualidade da matéria-prima ofertada no País hoje é muito inferior à dos países onde o novo processo está sendo testado. Para ele, a qualidade da nova garrafa seria sofrível. “Além disso, o processo para obtenção de flakes com a qualidade requerida para fazer novas garrafas provoca perdas de até 30% de matéria-prima, o que pode inviabilizar investimentos em equipamentos importados”.

Além de toda problemática referente à contaminação do PET pós-uso, ainda há outra questão a pesar. Não há fiscalização eficiente capaz de controlar

o uso do reciclado nas embalagens destinadas à indústria de alimentos e bebidas. Caso aprovado seu uso, há riscos de reciclados de origem duvidosa acabarem nas prateleiras dos supermercados, acreditam especialistas da área, como o consultor José Carlos Froes, da Recicláveis, de São Paulo, e Auri Cesar Marçon, da Recipet.

São as embalagens de PET as mais visíveis, se avolumando nas calçadas, nos lixões, nos aterros, nos rios, etc.. Segundo o CEMPRE (2004), na região de São Paulo, este material prensado e separado por cor nos sucateiros, não sai por menos de R\$ 0,55 o quilo, revalorizado em flake (denominação dos flocos obtidos através da moagem) é vendido em torno de R\$ 0,85 o quilo.

O investimento médio em uma linha adequada de reciclagem esta na ordem de R\$ 200.000,00, valor de 2005, equipamentos KIE. Além disso, a oferta de matéria-prima constitui outro obstáculo à atividade, aparentemente disponíveis, as garrafas de PET visíveis nas ruas ainda têm como principal destino o lixão e o meio ambiente, porém há sinais de melhora. Segundo ABIPET (2004), no Brasil a taxa de reciclagem de resinas de PET apresentou crescimento anual da ordem de 18% entre os anos de 2001 e 2002, passando para 35% entre 2002 e 2003, conforme indicado na Tabela 1.

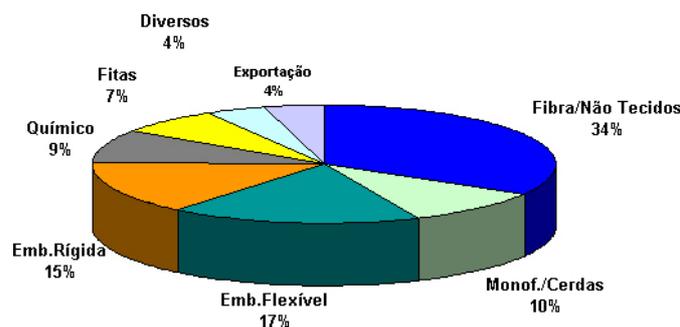
Tabela 1- Produção x Reciclagem – Fonte ABIPET/2004

ANO	RECICLAGEM
	Pós-Consumo/Índice
1994	13 ktons = 18,8%
1995	18 ktons = 25,4%
1996	22 ktons = 21,0%
1997	30 ktons = 16,2%
1998	40 ktons = 17,9%
1999	50 ktons = 20,42%
2000	67 ktons = 26,27%
2001	89 ktons = 32,9%
2002	105 ktons = 35%
2003	141,5 ktons = 35%

A maior produção de PET reciclado é utilizada na fabricação de fibras de poliéster para indústria têxtil, demonstrado no Quadro 2, tendo também outros usos como cordas, carpetes, bandejas de ovos e novas garrafas de produtos não alimentícios. Sua reciclagem, além de evitar a deposição de lixo plástico

nos aterros, utiliza apenas 0.3% da energia total necessária para a produção da resina virgem.

É possível utilizar os flocos da garrafa na fabricação de resinas alquídicas, usadas na produção de tintas e também resinas insaturadas, para produção de adesivos e resinas poliéster. As aplicações mais recentes estão na extrusão de tubos para esgotamento predial e na injeção para fabricação de torneiras.



Quadro2 - Distribuição dos Mercados para o PET reciclado – Fonte ABIPET/2004

Uma vantagem na reciclagem para produção de fibras, é que não há perda de material durante a transformação, ou seja, uma garrafa que contenha 50 gramas de PET (embalagem de 2 litros, por exemplo) gerará 50 gramas de fibra de poliéster.

Pode-se pesar uma camiseta, ou qualquer peça de tecido que contenha Poliéster na composição e verificar a proporção para determinar quantas garrafas estão ali. Por exemplo, um moletom de 300 gramas, feito com 67% de fibra de Poliéster e 33% de viscose (uma composição muito comum) possui 201 gramas de poliéster, ou seja 4 garrafas de 2 litros.

A roupa não é feita diretamente das garrafas, estas são transformadas na fibra de Poliéster que, por sua vez, será utilizada por uma fábrica de tecidos ou malhas. Nesta fábrica as fibras serão misturadas. Poliéster com viscose, algodão, linho, seda ou qualquer outra fibra têxtil. Existem certos tecidos feitos com 100% de Poliéster, como Tergal, ou roupas de linha esportiva.

Pronto o tecido, este será encaminhado para uma confecção, onde será cortado e costurado (ou "montado") de acordo com a peça que se quer obter: camisetas, moletoms, ternos, calças etc. Um tecido bastante utilizado para roupas finas é o Perolin, uma composição de Linho e Poliéster. Com isso, obtém-se o conforto do linho e a praticidade do poliéster. Também a Microfibra (poliéster 100%) é usada para confecção de ternos, calças e camisas.

Segundo a ABIPET em 2003 foram recicladas 141.5 mil toneladas de PET e 34% desse total foram transformados em fibras de poliéster.

Porém temos que levar em conta que a reciclagem tem um limite e não pode ser efetuada indefinidamente. O ideal seria substituir estes plásticos por plásticos biodegradáveis ou então, mesmo, proibir a utilização desses produtos em embalagens. Está tramitando no Congresso um projeto de lei que está se transformando em guerra comercial entre grupos econômicos que, com intuito de preservar o meio ambiente, estabelece o máximo de 20% para embalagens descartáveis de vidro e obriga a indústria de cerveja e refrigerantes a trabalhar com 80% de garrafas retornáveis.

2.5.Considerações sobre o processo de reciclagem

A boa qualidade do artefato final obtido a partir de material que já foi consumido depende principalmente do desenvolvimento dos seguintes processos:

- Degradação - o plástico é suscetível a degradação térmica e à intempéries, que conduz ao decréscimo do peso molecular e conseqüentemente à diminuição das propriedades finais do material. Os processos de degradação devem ser minimizados nos plásticos a serem reciclados;

- Limpeza - o plástico deve vir o mais limpo possível, ou seja, não é aconselhável a presença de contaminantes como restos de alimentos e outros materiais que porventura estejam aderidos ao mesmo;

- Separação – os plásticos, presentes no lixo, são incompatíveis entre si (caso do PET/ PVC), dessa forma o material a ser reciclado deve ser separado por tipo, pois caso haja misturas de diferentes plásticos as propriedades finais do artefato reciclado serão baixas.

Depois de coletadas por um sistema seletivo, as embalagens PET passam por uma triagem para separá-las por cor.

- Para viabilizar o transporte para as fábricas recicladoras é necessário, em muitos casos, o enfardamento, utilizando prensas hidráulicas ou manuais.

- O processo de reciclagem pode se dar através de moagem e lavagem das embalagens ou misturando-as com reagentes químicos capazes de restaurar o produto original. Deste modo os polímeros são novamente transformados em grânulos, os chamados *pellets*.

2.6. Impedimentos para reciclagem

Segundo o CEMPRE (2004), o Brasil faz incidir o IPI sobre o produto industrializado com matéria prima virgem com alíquota de 10%, fixando em 12% a alíquota quando o produto é fabricado a partir de matéria prima de plástico reciclado.

A coleta seletiva tem atingido valores extremamente elevados, contra um valor de venda bastante reduzido. Em São Paulo esses valores atingiram a cifra de US\$ 400.00 a US\$500.00 a tonelada, contra uma renda que não passou de US\$30.00 a tonelada.

Devem ser evitados a junção com PVC, a variação de escala cromática, a cola em rótulos e impressão com tinta.

Uma garrafa de PVC no meio de 20.000 de PET é suficiente para tornar inaproveitável todo o lote. “A fusão do PVC junto com o PET destrói algumas características do PET; pode, por exemplo, diminuir a viscosidade do PET, causar amarelecimento ou escurecimento da peça; e, dependendo do tipo de aquecimento, o PVC pode queimar e manchar a peça com pontos pretos”.

2.7. Coleta seletiva de embalagens PET

As implicações de natureza social na implantação de uma coleta seletiva têm que ser considerada na elaboração de um projeto de reciclagem e mesmo, na determinação do processo a ser empregado na coleta seletiva.

O desemprego é o ponto crucial, pois uma reciclagem ou uma coleta seletiva pode ocasionar fechamento de empresas ou desestimular aqueles que trabalham no setor, em virtude de haver diminuição nos preços de mercado em face do aumento de oferta dos produtos.

O exemplo da cidade de São Paulo, que devido ao aumento da reciclagem de papel, os custos e os prazos de pagamento impostos pelos compradores, desestimularam os catadores de papel e segundo declaração do presidente do sindicato, de 9000 sindicalizados o número ficou reduzido para 3000, gerando, portanto um desemprego de 6000 pessoas que viviam desta atividade.

Na cidade de Vitória-ES, em virtude da inviabilidade da usina de compostagem construída, esta foi transformada em estação de transbordo de lixo, sendo utilizada a esteira de catação para separação de alguns materiais

recicláveis, trabalho realizado por uma cooperativa de catadores do antigo lixão existente, esta atividade emprega 300 pessoas que se revezam na operação.

Entretanto o problema se complicou para a Prefeitura de Vitória, uma vez que os custos dessa separação são altíssimos, sendo as horas trabalhadas pelos cooperados pagas pela municipalidade e o resultado da venda da pequena quantidade do reciclado obtida destinada à cooperativa. Para se ter uma idéia, o custo da operação representa 6 vezes o valor do resultado da venda de todos os produtos reciclados.

De modo a garantir o maior número de recuperação das embalagens pós - consumo, a TOMRA, uma multinacional norueguesa, lançou vinculado a uma rede de Hipermercados, um equipamento automatizado de coleta seletiva de garrafas plásticas tipo PET e latas de alumínio, demonstrado na Figura 4.



Figura 4 - Equipamentos automatizados de coleta seletiva - TOMRA 83 HCP e T-62.

Fonte TOMRA

As máquinas recebem latas de alumínio e garrafas PET. Se receber somente latas, a capacidade é de 5 mil unidades. Caso receba apenas garrafas PET de dois litros, armazena 1500 unidades.

Além disso, a máquina pode ser programada para receber latas de aço e outros tipos de embalagens plásticas.

Em menos de dois anos, a empresa instalou 40 equipamentos em dez lojas, através do Projeto Recicle & Ganhe, e já coletou mais de 6 milhões de embalagens, somente na Região Metropolitana de São Paulo.

Em apenas um mês, consumidores do município de Salvador retornaram 452 mil embalagens nas máquinas de coleta automática, instaladas em três supermercados. Cerca de 95% deste material é de garrafas PET. O próprio consumidor insere as embalagens nas máquinas. Um sensor óptico as identifica, separando-as por tipo e cor, Figura 5. Para concluir a operação, são emitidos cupons, que podem ser usados em compras na loja onde o RVM (Reverse Vending Machines) se encontra. Cada lata de alumínio vale R\$ 0,03 e uma garrafa PET, R\$ 0,02 (valores no ano de 2004).



Figura 5 - Sistema de leitura óptica. Fonte TOMRA

Todo o material coletado é encaminhado para o Centro de Coleta da Tomra de Salvador, onde latas de alumínio e garrafas PET coletadas são limpas e prensadas. Logo depois, as latas são transportadas para o Centro de Reciclagem de Pindamonhangaba. Lá são fundidas a uma temperatura de 760° C. As garrafas de PET são transportadas para indústrias que as utilizam como matéria prima.

O objetivo é incentivar a participação do consumidor no processo de reciclagem, oferecendo conveniência, fácil acesso, auto-atendimento e rapidez. Além disso, o cliente é remunerado pela destinação adequada das embalagens.

Os programas oficiais de coleta seletiva, que existem em mais de 200 cidades do País, recuperam por volta de 1000 toneladas por ano. Além de garrafas descartáveis, existem no mercado nacional 70 milhões de garrafas de refrigerantes retornáveis, produzidas com este material.

O preço pago por este material esta demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2- Fonte Cempre – Jan./2005

Preço de Material Reciclável*										
	Papelão	Papel Branco	Latas Aço	Latas Alum.	Vidro Incolor	Vidro Color.	Plást. Rígido	PET	Plást. Filme	Longa Vida
Bahia										
Salvador	250L	400L		3000L	85L	35L	400L	600L	600L	
Distrito Federal										
Brasília	130L	260L	150P	3000L	50L	30L	200L	700L	150L	20L
Espírito Santo										
Vitória	191P	450PL	146,1	3200P	46,5	27,5	761P	1200P	251P	90P
Minas Gerais										
Itabira	380PL	500PL	410PL	4400PL	80L	70L	580PL	1400PL	700PL	250PL
Rio Grande do Sul										
Porto Alegre	260PL	450PL	220PL	3500PL	40	40	650PL	1000PL	280PL	90PL
Farroupilha	220PL	350PL	50PL	3000PL	50L	50L	200PL	520PL	200PL	
São Paulo										
Santo Andre	190L	360L	400PL	4300PL	135	50	600PL	1200PL	360P	150PL
Santos	150L	300L	150L	3000L		60	200L	650L	200L	100L
São Bernardo	260PL	570PL	370PL	4700PL	120	60	550P	1050P	550P	150P
Nova Odessa	270L	250L	350L	4000L	100L	100L	350L	1000L	250L	70L
S.J.dos Campos	246P	127P	454P	4410P	70	70	450	850	300P	90P
Rio de Janeiro										
Rio de Janeiro	300PL	420PL	300PL	4000PL	100	100	350PL	1000PL	350PL	50PL
P = prensado; L = limpo; I = inteiro; Um = unidade; * preço da tonelada em real										

2.8.Linha de Reciclagem de PET

A forma mais indicada para se processar o PET em uma linha de reciclagem, é recebê-lo já separado por cor e prensado em fardos, os rótulos e tampas serão separados por densidade nos tanques citados a seguir. Não significa desta forma, que não se possa adquirir o PET misturado e se sacar tampas e rótulos manualmente, porém, a viabilidade do negócio, passa a ser mais arriscada devido ao aumento da mão de obra.

Primeiramente, aconselha-se o uso de uma empilhadeira motorizada para o transporte e carregamento de fardos e big-bags com o produto pronto, já que se trata de grandes volumes, porém pode-se utilizar uma empilhadeira manual para a devida tarefa.

Equipamentos:

- **Plataforma:** Os fardos são colocados sobre a plataforma para serem abertos por um operador para dar início ao processo;

- **Removedores de rótulos (e Pré-Lavadores)** - As garrafas passam por estes equipamentos onde são extraídos de 70 a 90 % dos rótulos.

- **Esteira de Seleção** - Um ou mais operadores supervisionam nesta esteira, as garrafas de outras cores que não podem ser separadas mecanicamente, outros materiais plásticos, pedras maiores, metais, e outros;

- **Placa Magnética ou Detector de Metais** - Instalado opcionalmente sobre a esteira de seleção para garantir que metais não cheguem até os moinhos comprometendo suas facas;

- **Removedor de Impurezas com Água** - Indispensável para que se faça uma pré-lavagem das garrafas antes de chegarem ao moinho, sua função é prolongar a vida útil das navalhas, possibilitando um adiamento da afiação das mesmas;

- **Moinho (Primeira Moagem)** - É onde se faz a primeira moagem e se utiliza uma peneira de aproximadamente 30 mm. Sua função é diminuir de tamanho o PET e manter os vedantes e os rótulos em um tamanho apropriado para que possam ser separados nos tanques de maneira mais eficiente. Esta moagem também recebe água que complementa a pré-lavagem das garrafas.

- **Tanque de Adaptação do Moinho** - É necessário para coletar as garrafas moídas e a água introduzida no moinho;

- **Rosca Transportadora** - Transporta o PET, os rótulos e as tampas até o primeiro tanque de separação, escoando a água mais impura;

- **1º Tanque de Separação** - É onde será feita a pré-separação do Flake de PET dos rótulos e tampas. Neste processo, os plásticos serão separados por densidade, ficando sobre a superfície os rótulos e as tampas, o PET por ser mais denso, se deposita no fundo e é retirado por uma rosca transportadora;

- **2º Tanque de Separação** - É onde será feita a separação definitiva dos materiais. Neste estágio se encontram o PET em forma de Flake e em forma de pó;

- **Lavador com Pás Agitadoras** - Neste lavador, é feito o enxágüe do PET, aconselha-se que se introduza neste processo, água o mais limpa possível, para garantir a descontaminação do material;

- **Secadora Centrífuga** - Sua função é secar o PET por meio de centrifugação, onde a água é expelida para fora e o PET é transportado para o Segundo Moinho;

- **Moinho (Segunda Moagem)** - É onde se define o tamanho do flake. Para esta função se utiliza uma peneira de aproximadamente 8 a 12 mm e não se aconselha o uso de água já que nesta fase o PET já foi lavado e seco. Com isto é possível se prolongar a vida útil das navalhas, adiando sua afiação e possibilitando uma coleta maior do pó do PET;

- **Turbina de Transporte** - Sua função é transportar o PET e o pó até a peneira vibratória;

- **Ciclone** - É utilizado simplesmente para quebrar a pressão da turbina transportadora;

- **Peneira Vibratória** - Sua função é separar o Flake do pó de PET;

- **Turbina de Transporte do Pó** - Transporta o pó até o silo para o ensaque;

- **Turbina de Transporte do Flake** - Transporta o Flake até o silo para o ensaque;

- **Silo com Ciclone para Flake** - É onde é armazenado o flake moído, lavado, seco e separado para o ensaque;

- **Silo com Ciclone para Pó** - É onde é armazenado o pó de PET para o ensaque.

2.9. Atividade de extração de areia

“A desenfreada extração de areia criou enormes crateras numa área de 122 mil metros quadrados em Itaguaí, segundo O Globo. A devastação é alvo de investigação da Delegacia do Meio Ambiente e a polícia suspeita da existência de uma máfia de areeiros, que já deixou um rastro de nove mortes em dez anos, na disputa por um negócio que fatura R\$ 10 milhões por mês.” **O Globo, 27.08.00.**

2.9.1. Reservas naturais

Apesar de ser uma atividade considerada com recursos abundantes, alguns impedimentos operacionais já começam a surgir, um deles é a ocupação de áreas com potencial de extração que, pela proximidade com grandes centros urbanos acabam se tornando loteamentos residenciais e industriais legais e clandestinos, fazendo com que a extração ocorra em locais cada vez mais distantes, aumentando o custo com o fator transporte.

Segundo Valverde (2001), a Região Metropolitana de São Paulo, pela combinação de restrições, usos competitivos do solo e inadequado planejamento, importa mais da metade de suas necessidades de areia de locais a mais de 150 km de distância, apesar de possuir reserva de cerca de 6 bilhões de metros cúbicos de areia.

2.9.2. O processo de extração:

A areia é extraída de leitos de rios, várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos. No Brasil, 90% da areia são produzidos em leito de rios. No Estado de São Paulo, a relação é diferente. 45% da areia produzida são provenientes de várzea, 35%, de leito de rios, e o restante, de outras fontes.

Segundo o Jornal do Meio Ambiente (2003), a região de Itaguaí é a principal supridora de areia para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo intensa a atividade de extração no leito dos rios e por meio de cavas.

Os principais métodos utilizados são:

- extração em cava submersa: estes depósitos são diferenciados dos demais por não estarem nos leitos, porém nas planícies de inundação dos corpos d'água;
- extração mecanizada em leito de rio: dragagem dos sedimentos do leito dos rios, por sucção;
- extração manual em leito de rio: em coluna d'água pouco profunda, retirada com pás e depositada em caixas de madeira.

Nesta região, lavras de areia, principalmente em ambientes de cavas submersas alcançam profundidades muito grandes, formando lagos de coloração verde piscina, são observadas, também, cavas abertas, de contorno

irregular e de grande profundidade, muitas vezes interligadas em superfície com a calha do rio, esta degradação pode ser observada nas Figuras 6 e 7.



Figura 6 - Visão do Córrego Água do Sobrado e a extração da Areia. Fonte Jornal Vale Paraibano (Out/2003)



Figura 7-Detalhes da Extração de Areia em Ambiente de Cava-RJ. Fonte DRM/2000

2.9.3. Impacto ambiental

A areia é um recurso natural amplamente utilizado na construção civil (consumo de aproximadamente 236 milhões de toneladas em 2001, segundo a ANEPAC), seu baixo valor unitário torna praticamente impossível sua substituição por outro tipo de material, porém não se pode negar os problemas ambientais causados pela sua extração.

Os principais danos são:

- retirada de cobertura vegetal, nas margens dos rios, acarretando erosão/assoreamento e alteração paisagística.

- a camada de areia funciona como filtro físico e biológico para as águas subterrâneas, portanto, sua retirada representa a diminuição destas importantes funções no ecossistema local.

- ao se extrair grandes quantidades de areia ocorre a diminuição da pressão sobre os lençóis de água subterrâneos.

No rio Guandu a captação é seriamente prejudicada pelas mudanças físico-químicas da água provocadas por esta atividade.

A descaracterização das margens propicia o seu repovoamento por um tipo de vegetação que, além de não fixá-las, se desprende e trazendo, também, problemas operacionais para a captação.

A Comissão Estadual de Controle Ambiental, por meio da deliberação CECA nº 3.554, de 02 de outubro de 1996, procurou traçar diretrizes para o disciplinamento e controle da atividade no Estado, principalmente na sub-bacia do rio Guandu, com a suspensão da concessão de novas licenças para empreendimentos de extração de areia e, para aqueles já instalados, que não tenham requerido a licença de extração no leito do rio Guandu, no trecho compreendido entre a Usina Pereira Passos e a barragem da ETA-Guandu.

O condicionamento de adoção de projetos de recuperação das margens do rio e de medidas compensatórias por danos ambientais, imposta aos núcleos de extração de areia e esta deliberação, aplica-se também, aos rios contribuintes do rio Guandu.

2.9.4.Redução do impacto ambiental

Ambientalistas defendem a cobrança de uma taxa sobre a utilização da areia, além da reparação dos danos ambientais, estimulando assim o investimento em pesquisa de materiais que a substituam, além do controle ao desperdício e a redução do consumo.

Novos produtos vêm sendo estudados e utilizados de modo a substituir ou diminuir o consumo de areia natural, como estruturas em aço, gesso acartonado em diversas espessuras (parecido com divisórias de Eucatex), argila e reciclagem de entulhos, além da produção de areia artificial, que substitui a areia natural em qualidade e volume.

A fiscalização da atividade mineral, ambiental, por parte dos órgãos governamentais é fundamental para assegurar a continuidade/viabilidade da mineração dentro de normas e critérios técnicos.

No Rio de Janeiro foram criadas Zonas de Produção Mineral ZPM, a fim de assegurar a continuidade da atividade num perímetro definido, possibilitando estudo integrado visando a recuperação da área minerada.

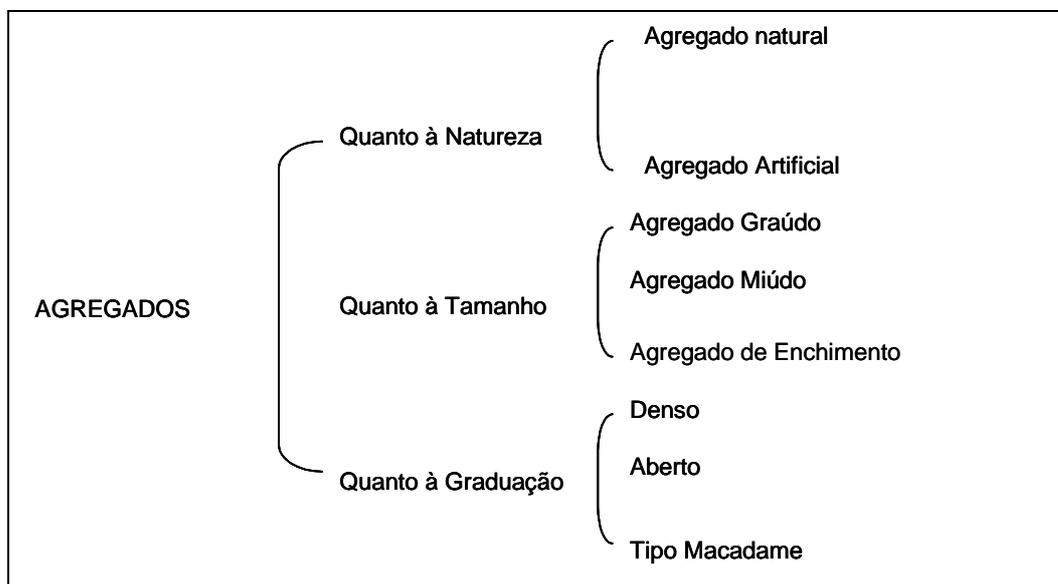
2.10. Agregados

2.10.1. Caracterização tecnológica

A A.S.T.M. (American Society for Testing Materials) define agregados como “Materiais minerais inertes que podem ser aglutinados por um ligante, para formar argamassas, concretos masticos, etc”.

Estes agregados podem ser classificados segundo a natureza, tamanhos e distribuição dos grãos.

Definições:



- **Quanto à natureza das partículas**

Agregados naturais são todos aqueles provenientes da exploração de jazidas naturais, tais como: depósitos fluviais de areia, cascalho e seixos, areia de mina, pedreiras com rochas de diversos tipos: gnaisse, granito, calcário, basalto, etc., sendo utilizados em sua forma e dimensões originais ou sofrendo apenas trituração mecânica e classificação através de instalações de britagem.

Agregados artificiais são aqueles em que os grãos são produtos ou subprodutos de processo industrial por transformação física e química do material. Ex: argila expandida, escórias de auto forno, vermiculita, esferas de aço, limalhas, pérolas ou flocos de isopor, etc.

• **Quanto ao tamanho individual dos grãos**

Agregado graúdo é o material retido na peneira nº 10 – 2,0mm. Ex: britas, cascalho, seixo, etc.

Agregado miúdo – areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam pela peneira ABNT, nº 10 e fica retido na peneira nº 200 – 0,075mm.

Agregado de enchimento ou material pulverulento – filler – é o que passa pelo menos 65% pela peneira nº 200. Ex: cal, cimento portland, pó de chaminé, etc.

• **Quanto à distribuição ou graduação dos grãos**

Agregado de graduação densa é aquele que apresenta uma curva granulométrica de material bem granulado e contínua, com quantidade de material fino suficiente para preencher os vazios entre as partículas maiores.

Agregado de graduação aberta é aquela que apresenta uma curva granulométrica de material bem graduado e contínua, com insuficiência de material fino para preencher os vazios entre as partículas maiores.

Agregado tipo macadame é aquele que possui partículas de um único tamanho, o chamado “one size aggregate”. Trata-se, portanto, de um agregado de granulometria uniforme onde o diâmetro máximo é aproximadamente o dobro do diâmetro mínimo.

2.10.2. Morfologia das partículas

A forma das partículas de um agregado é um dado importante tendo em vista que formas indesejáveis (lamelares ou alongadas) podem ser a causa de certas anomalias, como a variação do teor de aglomerante necessário em uma mesma mistura. A forma ideal das partículas é a cúbica, que conduz a um maior entrosamento entre as mesmas (e, conseqüentemente, a maior resistência ao cisalhamento) e a uma menor área específica.

O índice de forma das partículas de um agregado é avaliado pela percentagem de partículas lamelares ou alongadas presentes; a presença de partículas arredondadas é determinada através do “número de angularidade”.

Segundo Sousa (1980), o RRL (Road Research Laboratory) da Inglaterra define partículas lamelares como aquelas que têm uma dimensão mínima inferior a 0.6 vezes a dimensão média e partículas alongadas, como as que têm a dimensão máxima superior a 1.8 vezes a dimensão média. Dimensão média é a média das aberturas de duas peneiras da série normal, em que o agregado passa e é retido, respectivamente.

Para a determinação da percentagem de lamelares, por exemplo, na fração compreendida entre 1" e 3/4", toma-se uma amostra compreendida entre estas duas peneiras e um gabarito com uma fenda de dimensões $0,6 \times [(1''+3/4'')/2]$, sendo consideradas lamelares as partículas que passarem na fenda: a percentagem de lamelares é dada pela relação entre o peso das partículas lamelares e o peso de amostra total.

Para a determinação da percentagem de alongados, toma-se a mesma amostra e um gabarito com dois pinos distanciados de $1.8 \times [(1''+3/4'')/2]$, sendo consideradas alongadas as partículas que, segundo sua maior dimensão, não passarem entre os dois pinos; a percentagem de alongados é dada pela relação entre o peso das partículas alongadas e o peso de amostra total.

O limite permissível para a percentagem de lamelares varia entre 35% e 40%, dependendo do tamanho médio da fração considerada. O ensaio só é exequível com partículas acima de 1/4".

2.10.3. Grau de Porosidade

As partículas de um agregado apresentam vazios ou poros de duas naturezas: poros ou vazios permeáveis ou impermeáveis.

Segundo DNER (1996), por definição, os vazios permeáveis são preenchidos por água, é determinada em função da diferença de pesos, expressos em percentagem, observados em uma amostra que, inicialmente é imersa em água durante 24 horas e depois seca em estufa a 100°-110°, até a constância de peso.

Para determinação do índice de inchamento de agregado miúdo, a ABNT possui a norma 6467.

O teor de umidade de absorção dos agregados miúdos pode chegar a 2%, enquanto nos agregados graúdos não ultrapassa, geralmente, a 0,2%.

2.11. Utilização de produtos reciclados de PET na construção civil

Segundo Pacheco (2000), a UFRJ através do IMA (Instituto de Macromoléculas), desenvolveu um material denominado madeira plástica, obtida a partir do lixo plástico urbano da cidade do Rio de Janeiro. O produto foi registrado no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) com o nome de IMAWOOD®, que consiste basicamente de mistura de LDPE/HDPE (polietileno de baixa densidade e de alta densidade) na proporção 3:1.

Este produto pode substituir diversos materiais, principalmente a madeira natural, com inúmeras vantagens, já que pode ser serrado, aparafusado, pregado e aplainado. Este material pode ser também modificado em suas características físico-mecânicas pela adição de cargas, lubrificantes, estabilizantes, modificadores de impacto, corantes, pigmentos, biocidas e outros aditivos.

Outro tipo de material desenvolvido nos Laboratórios do Centro Federal de Tecnologia do Paraná/CEFET-PR são os blocos intertravados ISOPET, confeccionados em concreto leve com EPS (isopor) reciclado e produzido a partir de garrafas plásticas recicladas. Estes blocos apresentam encaixes laterais no sistema macho e fêmea propiciando seu intertravamento; desta forma, não é necessário a utilização de argamassa, exceto na primeira fiada. Os blocos possuem canaletas que substituem as formas na moldagem de vergas, contra-vergas e cintas de amarração. Por possuir uma superfície porosa, é possível eliminar o chapisco, o emboço e o reboco da parede aplicando apenas uma argamassa colante de finalização.

Segundo Aguiar(2004), estes blocos apresentam grandes vantagens na execução de um projeto construtivo, pela sua leveza, facilitando o manuseio dos elementos, pelo baixo custo final da construção, melhorias no aspecto termo-acústico, e, sobretudo, pôr ser um bloco ecológico, que utiliza na sua composição materiais recicláveis e não recicláveis, trazendo desta forma benefícios não só à construção civil, mas também ao meio ambiente.

Barth (2003) desenvolveu no Laboratório de Sistemas Construtivos da Universidade Federal de Santa Catarina, uma proposta onde as garrafas PET substituem os tijolos das paredes e das vigas. Elas são incorporadas no interior de painéis modulares que são utilizados para construir uma casa pré-fabricada.

Em um molde de madeira, o painel é construído da seguinte forma: inicialmente se preenche o fundo com uma camada de concreto, de 2 cm de espessura. Em seguida, são colocadas as garrafas plásticas, que tiveram a parte

superior cortada e foram encaixadas umas nas outras. Na lateral, é encaixada uma armadura de ferro que dá resistência ao bloco. Para completar, o painel é preenchido com mais concreto.

Estudos mais detalhados devem ser realizados de modo a garantir a resistência mecânica não só do bloco, mas também do painel, para avaliar sua resistência aos esforços mecânicos que ocorrerão após a instalação da cobertura.

Entre as propostas apresentadas no Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável (2004), Guimarães & Tubino (2004), propõe que os rejeitos de garrafas PET, pneu e casca de arroz sejam reutilizados como adição em argamassa de enchimento de painéis tipo sanduíche para paredes externas de casa de madeira, visando obter melhor desempenho térmico. Com este estudo verificou-se uma redução de temperatura, entre as interfaces internas e externas do sanduíche, muito próximas de setenta por cento.

Soncim et al. (2004), propõe que o resíduo da reciclagem de PET seja usado como material alternativo na construção de reforço de subleitos de rodovias.

Estudo do acréscimo de 30% em peso deste resíduo, em solo considerado impróprio para uso em subleitos de rodovias, aumentando sua classificação para bom, de acordo com o HRB, instituto que regulamenta e classifica características de solos recomendados para obras rodoviárias.

Almeida et al. (2004), propõe a utilização de um resíduo conhecido como areia de PET, que devido a sua granulometria (2,4 mm), ainda não tem um fim específico a não ser o aterro, em substituição à areia convencional, para preparo de concretos convencionais, observando-se a trabalhabilidade, a densidade e a resistência à compressão. Utilizou-se porcentagens de substituição em volume, para 0, 25, 50, 75 e 100%, na confecção de concretos testados para 3, 7, 14 e 28 dias.

A trabalhabilidade foi diretamente influenciada pelo aumento do teor de areia de PET na mistura, chegando a valores nulos de abatimento para 100% de substituição. Os concretos apresentaram queda na resistência a compressão à medida que se aumentava o teor de areia de PET, para todas as idades estudadas. Com relação à influência da deterioração da areia de PET não foi detectado quaisquer perdas de resistência para idades de ruptura de 150 dias. O resultado do estudo recomenda o uso deste material para valores abaixo de 50%.

Consoli et al. (2000) realizou estudo sobre o comportamento mecânico de uma areia cimentada reforçada com resíduos plásticos, avaliando os efeitos da inclusão de fibras de polietileno tereftalato distribuídas aleatoriamente, no reforço de solos artificialmente cimentados, formando um compósito solo-cimento-fibra.

Foram avaliados o efeito da porcentagem de fibras, do comprimento da fibra, da porcentagem de cimento e da tensão confinante sobre as propriedades confinantes do compósito.

Desta forma, conclui-se que a inclusão das fibras de PET aumenta a resistência de pico e a resistência última da matriz cimentada e não cimentada, diminui o caráter frágil da matriz cimentada e parece não alterar a rigidez dos compósitos estudados.

Goulart (2000) propôs, em estudo realizado no Departamento de Ciências dos Materiais e Metalurgia da PUC-Rio, a substituição do agregado miúdo natural (areia lavada) por flocos de plásticos diversos, para produção de artefatos de concreto pré-moldados, principalmente placas para piso.

Segundos os ensaios mecânicos realizados, verificou-se perda gradual em função ao acréscimo de agregado plástico inserido na mistura onde para uma substituição de 30% ocorreu uma redução na resistência a compressão de 25% e para misturas com 50% de substituição estes valores passaram a 45%.

Desta forma observa-se que a substituição da areia por agregado plástico na produção de artefatos pré-moldados, não estruturais torna-se possível.