

RECICLAGEM DE PET, VISANDO A SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSA.

S.S.Canellas¹, J.C. D'Abreu²

1 – Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-RIO. Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea, Cep 22453-900, Rio de Janeiro -RJ.

E-mail: susan@dcmm.puc-rio.br

2 – Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-RIO. Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea, Cep 22453-900, Rio de Janeiro -RJ.

E-mail: dabreu@dcmm.puc-rio.br

RESUMO

O desenvolvimento de tecnologias que utilizem energias limpas e a gestão integrada dos resíduos domiciliares e industriais visando uma "reengenharia" nos conceitos sócio-empresarias é uma necessidade urgente.

A sociedade, principalmente nos países desenvolvidos, priorizam produtos de empresas que possuam atividades socialmente corretas.

A indústria da construção civil, como uma das maiores geradoras de resíduos, podendo chegar a 3000kg/hab ano, não pode se eximir desta atitude.

Uma vez que consome grande quantidade de recursos naturais, um grande número de estudos para substituição de bens naturais não renováveis está sendo realizado nesse setor, aliando materiais convencionais com resíduos industriais e urbanos.

Um dos materiais que vem sendo utilizado nestas pesquisas são as embalagens pós-consumo de PET (polietileno tereftalato), resíduos que estão atingindo percentuais cada vez maiores na composição do lixo urbano, com presença crescente no meio ambiente.

Esse trabalho visa apontar uma nova perspectiva de utilização desse material, propondo a substituição parcial da areia natural, por material granulado oriundo de garrafas de PET, objetivando a produção de argamassas para uso na construção civil.

No presente estudo foram realizadas substituições nas proporções de 10, 30 e 50% , tendo sido observado a melhor possibilidade de utilização do percentual de 30%, devido a não ter apresentado perdas significativas na plasticidade e na resistência a compressão.

Foi possível concluir que o compósito obtido tem potencial para ser utilizado na confecção de artefatos de concreto, sem grande responsabilidade estrutural e em mobiliários urbanos, além de seu uso permitir uma economia significativa de volumes de areia lavada, um recurso natural cuja extração tem causado grandes danos ao ecossistema dos rios e suas margens.

Palavras-chave : Reciclagem; PET; Argamassa; Construção Civil

1. INTRODUÇÃO

O volume de resíduos domésticos produzidos em todo o mundo aumentou três vezes mais do que a sua população nos últimos 30 anos. O crescimento do uso de embalagens descartáveis, a cultura do consumo e o desperdício são responsáveis pelo descarte de 30 bilhões de toneladas de resíduos sólidos no planeta todos os anos. No Brasil a produção média de resíduos domésticos esta na ordem de 1kg/hab.dia. Desta forma, são descartadas diariamente 180.000 toneladas, nem sempre em locais adequados. Deste total, 76% acabam em lixões (área de depósito de resíduos urbanos sem tratamento), acarretando a contaminação do solo, dos mananciais, além de aumentar significativamente a ocorrência de zoonoses. Desta forma a filosofia dos 3Rs, ou seja, reduzir, reutilizar e reciclar, tratando o problema em sua origem, vem sendo um procedimento permanente, buscando a minimização desta situação.

Deve-se considerar também a falta de regulamentação e de ações que busquem incentivar a produção de bens recicláveis, principalmente os oriundo de embalagens pós-consumo, prejudicando a implantação de projetos que visam a preservação, manutenção e recuperação do meio ambiente e de seu ecossistema, ao qual estamos profundamente inseridos.

A necessidade da implantação de uma política nacional para gestão de resíduos urbanos é premente não podendo ser postergada. Esta é uma discussão que ocorre a mais de uma década no Congresso Nacional, sem contudo se concretizar em medidas específicas. Entre as propostas do documento estão as classificações dos resíduos quanto à origem (industrial, saúde etc.) e natureza (perigosos ou não), as formas de gerenciamento, as atribuições de responsabilidades pelo destino final e o estabelecimento de políticas de incentivos fiscais para a reciclagem.

No Brasil a prática da reciclagem ainda apresenta-se de forma incipiente, mas o cenário indica sinais de melhora. Segundo o CEMPRE (2004), no Rio de Janeiro, por exemplo, a participação dos plásticos corresponde em média a 7% do lixo; já na cidade de Curitiba estes representam índices próximos a 6%. Destes percentuais, o PET (plástico resistente usado em embalagens de refrigerantes, água e sucos, entre outros) representa 17%. Segundo a ABIPET (2004), cerca de 141 ktons destas embalagens usadas foram recicladas em 2003, registrando um crescimento de 18% em relação ao ano anterior. A entidade calcula que, até o final de 2004, o volume de reciclagem deva crescer de 15% a 20%, em função das políticas de incentivo à coleta seletiva executadas por associações de catadores em conjunto com as prefeituras. Apesar da implantação dessas políticas, que ainda são casos pontuais, o quadro necessita ser melhorado. Em 2003, o Brasil consumiu 330 ktons de resina PET na fabricação de embalagens. A demanda mundial é de cerca de 6,7 milhões de toneladas por ano. Observa-se que os dados referentes a produção x consumo, indicam que, somente em 2003, a diferença encontra-se na ordem de 189 ktons. Considerando que cada embalagem pesa em média 50g e que seu descarte é praticamente imediato, conclui-se que somente neste setor foram descartadas, aproximadamente 3,6 bilhões de embalagens no meio ambiente. Novas alternativas para reutilização destas embalagens pós-consumo necessitam ser propostas, de modo a evitar o descarte em aterros sanitários e no meio ambiente, onde, por não serem de rápida decomposição (ocorre em aproximadamente 400 anos), acarretam problemas de ordem operacional nos aterros sanitários, dificultando a compactação da parte orgânica, além da significativa perda econômica e social, uma vez que a indústria da reciclagem gera empregos e usa mão-de-obra de baixa qualificação. O conhecimento das características tecnológicas dos resíduos aumentam as possibilidades de utilização dos produtos confeccionados com estes materiais, além da redução da geração de resíduos mais danosos que os originais, uma vez que todo processamento gera resíduo.

2.UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS RECICLADOS DE PET NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O Instituto de Macromoléculas (Pacheco,2000) 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.

Outro tipo de material desenvolvido nos Laboratórios do Centro Federal de Tecnologia do Paraná/Cefet-PR (Aguiar,2004) 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.

Também utilizando garrafas inteiras o Laboratório de Sistemas Construtivos da Universidade Federal de Santa Catarina (Barth,2003) desenvolveu 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 2cm 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.

Guimarães e Tubino (2004), propõem que os rejeitos de garrafas PET, pneu e casca de arroz sejam reutilizados como adição em argamassa de enchimento de painéis tipo sanduiche 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 sanduiche, 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 à 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 plasticidade 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 detectada qualquer perda de resistência para idades de ruptura de 150 dias. O resultado do estudo recomenda o uso deste material para valores abaixo de 50%.

O trabalho de Goulart (2000) proposto na PUC-Rio desenvolveu o estudo de substituição do agregado miúdo natural (areia lavada) por flocos de PET, obtidos de garrafas recicladas, na produção de argamassas visando basicamente a confecção de artefatos de concreto. Vários testes foram realizados, buscando principalmente mensurar os efeitos da granulometria do reciclado, sua proporção na mistura e a resistência dos artefatos às intempéries e às ações mecânicas a que ficariam expostos em situações de uso normal.

3.OBJETIVO E RELEVÂNCIA

A necessidade de um reaproveitamento de resíduos, principalmente as embalagens pós-consumo de PET, cada vez mais freqüentes na composição do lixo urbano e descartadas indevidamente no meio ambiente, causando danos a estrutura de saneamento urbano, somando ao impacto ambiental causado pela extração de areia, principalmente nos rios, e o desenvolvimento de alternativas que venham a substituir este material na indústria da construção civil, setor que mais consome estes recurso natural, constituíram-se na força motriz que motivam as pesquisas realizadas.

Este trabalho teve por objetivo, portanto, a avaliação comparativa do desempenho de argamassas confeccionadas com os agregados naturais e com razões de substituição gradual, por flocos de PET, originados do processamento de granulação de embalagens pós-consumo, quando submetidos a esforços mecânicos.

Estes testes visaram essencialmente a avaliação destas argamassas na produção de artefatos de concretos pré-moldados, e na confecção de mobiliários urbanos, buscando ampliar as opções de produtos reciclados e contribuir significativamente para o desenvolvimento desta indústria voltada ao desenvolvimento sustentável.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

4.1.1.Cimento: Utilizou-se na fabricação dos Cps (Corpos de Prova) para os ensaios de compressão o CPH 32F (Cimento Portland Composto com adição de Filler).

4.1.2.Areia: Utilizou-se nos ensaios, material classificado como areia média, peneirada para uma granulometria máxima de 1.41mm.

4.1.3.PET, Polietileno Tereftalato: Os ensaios foram realizados utilizando flocos de PET, passantes pela peneira de # 1,41mm e # 2mm. A massa específica do PET, considerada neste trabalho, foi de 425 kg/m³.

4.2. Métodos:

4.2.1. Coleta do material: A aquisição do material foi realizada através de coleta seletiva, sendo utilizadas garrafas de 2 L de refrigerante e 1,5 L de água mineral, não importando a separação por cor. As garrafas foram lavadas para a limpeza de resíduos e secadas para evitar danos às facas do fragmentador. O rótulo, tampa e anel de lacre foram retirados, devido a estes serem de plásticos diferentes do PET, podendo desta forma, contaminar o material.

4.2.2. Granulação: Após estes procedimentos iniciou-se o processo de redução de tamanho que é executado através de duas etapas de granulação com fragmentador de facas, uma com peneira malha 8mm e a outra com malha 5mm. A principal idéia para o funcionamento do fragmentador é a de passar o material que vai ser moído através de uma pequena área feita de materiais mais duros que ele. Esta passagem forçada provoca seu fracionamento. No caso do fragmentador utilizado neste trabalho, isto é obtido através da passagem do material entre duas facas fixas e três rotativas, de um aço especial temperado que se deslocam com uma velocidade capaz de produzir o fracionamento do material, obtendo os flocos de PET. Através da existência de uma peneira que não permite a passagem de materiais com granulometria maior que o dimensionamento dos seus furos, fazendo com que todo material que não tem a medida necessária para passar por eles voltem para a posição de fragmentação, é possível obter um material com granulometria adequada e constante.

4.2.3. Caracterização tecnológica dos agregados miúdos de PET: Após a retirada do material do fragmentador, já em flocos, o mesmo foi peneirado a fim de se conhecer a faixa granulométrica presente, para isso utilizou-se uma bateria de peneiras com as seguintes malhas: # 2.36; #1.41, #1.00, #0.71, #0.50 e #0.074mm.

4.2.4. Ensaio de Compressão: Foram moldados corpos de prova, CP, conforme recomenda a NBR 5738, de seção cilíndrica com \varnothing 5 cm e altura de 10cm, obedecendo a proporção de 1:2, recomendada. Estes CPs foram preenchidos com argamassa com traço base de 1:4 e A/C (coeficiente água cimento) = 1, onde substituiu-se o agregado miúdo, areia, por areia de PET, gradativamente seguindo o planejamento conforme demonstra a Tabela I a seguir:

Tabela I – Traços para execução de argamassa – 1:4

TRAÇO	CIMENTO	AREIA	PET	ÁGUA
T1 – 0%	100	400	0	100
T2 – 10%	100	360	40	100
T3 – 30%	100	280	120	100
T4 – 50%	100	200	200	100
T5 – 70%	100	120	280	100

Os Cps foram submetidos a ensaios destrutivos de resistência mecânica nas idades de 1, 3, 7, 14 e 28 dias onde a cura se completou. As misturas foram realizadas na proporção de 1:4, proporção mais comum na confecção de argamassas de concreto, utilizado pela empresa fabricante de elementos pré-moldados em concreto.

Ensaiou-se os Cps com traços em volume, devido a intenção de se retratar o mais próximo possível da realidade, do modo como são realizadas a confecção de argamassas.

Uma das amostras foi executada sem mistura para servir como parâmetro, na análise da perda de resistência a compressão.

Os resultados demonstrados nas figuras 1 e 2 e tabela II, demonstram a possibilidade de utilização da substituição nos percentuais de 10 e 30%.

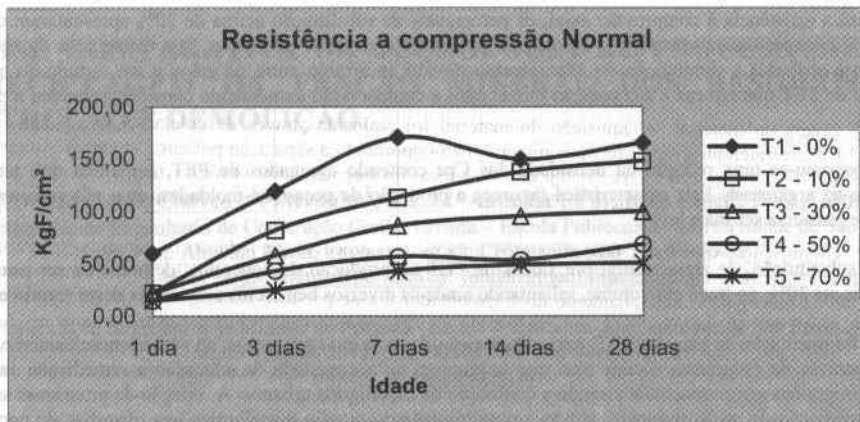


Figura 1 - Gráfico da variação da resistência a compressão em kgf/cm², no traço em volume.

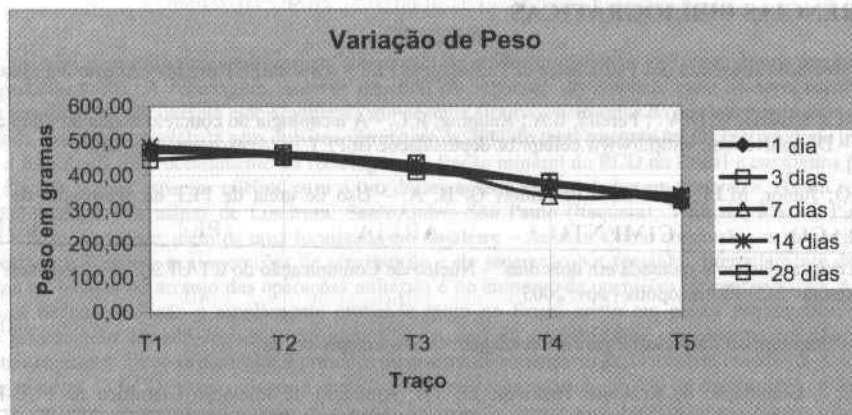


Figura 2 - Variação do peso dos corpos de prova em gramas, em função da variação dos percentuais de substituição do agregado por flocos de PET em volume.

Tabela II - Resultado do ensaio de compressão axial (kgf/cm²), no traço em Volume.

Traço	1 dia	3 dias	7 dias	14 dias	28 dias
T1	59,97	119,94	170,91	146,92	166,15
T2	22,49	82,46	113,94	137,93	148,42
T3	22,49	58,47	86,96	95,95	100,45
T4	14,99	43,48	56,96	53,97	68,96
T5	14,99	25,49	43,46	49,48	50,97

5. CONCLUSÃO

Com relação a plasticidade, observou-se que quanto maior a porcentagem de substituição da areia natural por flocos de PET, menor é o valor do abatimento no ensaio do tronco de cone. Os problemas com relação a plasticidade puderam ser observados claramente, uma vez que a forma dos grãos de flocos de PET é estritamente angulosa dificultando a movimentação dos grãos na massa de concreto.

Para a resistência à compressão axial, os percentuais de substituição acima de 30% apresentaram uma perda significativa da capacidade portante, aos 28 dias, em relação a argamassa referência. Esta diminuição da resistência à compressão é atribuída a diminuição do adensamento devido ao arranjo entre os grãos e em virtude do módulo de elasticidade do PET que retorna a sua posição inicial após a compactação aumentando consideravelmente a porosidade do material.

Observou-se uma redução na densidade dos Cps contendo agregados de PET, à medida que acrescia sua participação na argamassa. Esta característica favorece a produção de peças pré-moldadas, que não possuem funções estruturais e passam a ser mais leves.

A substituição, de areia natural por flocos de PET na produção de concretos, demonstrou ser possível para substituições até 30%, no traço em volume, salientando ainda os diversos benefícios ambientais deste reaproveitamento.

A fragmentação de garrafas PET, para substituição de areia em argamassas, só será economicamente lucrativa, via coleta através de programas sociais e/ou que impliquem na necessidade de educação e remediação ambiental e através de programas governamentais visando a confecção de mobiliários urbanos. A criação de programas sociais que visem a remediação do meio ambiente, aliado à possibilidade do auxílio à melhorias nas moradias de comunidades carentes, através de confecção de tijolos, blocos para pavimentação, meio-fios, e de todos os materiais pré-moldados utilizados na urbanização destas comunidades, viabilizariam certamente este novo material e seu correspondente procedimento construtivo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIPET- Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET <www.abiPET.org.br>- Acesso em : jan, 2004
- Aguiar, E.C.C.; Silvério, C. D. V. ; Pereira, L.A.; Kanning, R.C. - A tecnologia do concreto aliada ao meio ambiente - CEFET-PR – Disponível em: <<http://www.cefetpr.br/deptos/dacoc/isoPET/>> - Acesso em : jan, 2004.
- Almeida,M.O; Junior, M.J.F; Soncim, S.P; Junior, G. B. A. Uso de areia de PET na fabricação de concretos. ICTR,2004.
- Barth, F. , Casa de plástico"é montada em dois dias" - Núcleo de Comunicação do CT/UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina - SC - Florianópolis - nov. 2003
- CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem< www.cempre.org.br>
- Goulart, F.C. – Granulação de Resíduos Plásticos, In: VII Seminário de Iniciação Científica da PUC-RIO 2000 Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia PUC-Rio,2000.
- Guimarães, L. E.; Tubino, R. M. C. ; Ambientação Térmica de casas de madeira utilizando paredes externas recheadas com argamassa contendo casca de arroz, resíduos de borracha (Pneu) ou garrafa PET triturada. ICTR,2004.
- Pacheco, E.B. – Utilização de Plásticos Pós-Consumo Na Construção Civil. In: Seminário-Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares –SMA/SP, 2000.
- Soncim, S.P.; Junior, G. B.A. ; Almeida M.O.; Junior, M.J.F.; Almeida, S.G.; Vidal, F. X. R. - Resíduo da Reciclagem de PET (Polietileno Tereftalato) como material alternativo na construção de reforço de subleitos de rodovias.ICTR,2004.