



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

## **ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS OBTIDOS ATRAVÉS DA INCORPORAÇÃO DO PET TRITURADO EM MICROCONCRETOS**

**Fernanda Gabriele Nascimento Gotardi<sup>1</sup>; Aginaldo Lenine Alves<sup>2</sup>; Antônio Aparecido Zanfolim<sup>3</sup>; Camila de Carvalho Sousa<sup>4</sup>; Renata de Mauro Torres<sup>5</sup>; Luiz Matheus Alves Leal<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmica de Engenharia Ambiental – UEMS, bolsista do CNPq e Vale S.A., e-mail: fernanda.gotardi@gmail.com. <sup>2</sup>Orientador, professor da UEMS, e-mail: lenine@uems.br. <sup>3</sup>Co-orientador, professor da UEMS, e-mail: zanfolim@uems.br. <sup>4</sup>Acadêmica de Engenharia Ambiental, colaboradora; <sup>5</sup>Acadêmica de Engenharia Ambiental, colaboradora. <sup>6</sup>Acadêmico de Engenharia de Energia – UFGD, colaborador.

### **RESUMO**

A falta de determinados profissionais do Brasil é um fator bastante relevante nos dias de hoje, dentre inúmeras profissões, destaca-se o ramo das Engenharias, nosso país forma, por ano, cerca de 26 mil engenheiros, sendo que mais da metade opta pela engenharia civil, área que menos emprega tecnologia. Estima-se que faltarão cerca de 150 mil engenheiros para preencher as vagas que estão surgindo. As maiores demandas serão por engenheiros nas áreas de energia, transporte (metrô e trem-bala), construção pesada, produção industrial, sistemas de informação, pesquisa e desenvolvimento. Diante de tais conclusões este projeto levou atividades de reaproveitamento de resíduos plásticos realizadas pelo Grupo de Materiais, compostos por professores e alunos da UEMS/UFGD para dentro do Ensino Médio da escola pública para que dois alunos contemplados com bolsas pudessem acompanhar todo o processo e assim se interessar pelo ramo da Engenharia. O PET apresenta alta resistência mecânica e química, quando depositado de forma incorreta no meio ambiente, pode levar mais de 100 anos para decompor-se, gerando assim sérios problemas ao meio ambiente. Dentro deste contexto, este projeto teve como objetivo a reutilização de maneira sustentável do PET, a partir de estudos das propriedades mecânicas de sua inserção em microconcretos. Neste trabalho analisaram-se as propriedades de resistência à compressão de amostras com e sem a introdução do PET triturado. Os resultados mostraram boa resistência à compressão.

Dos resultados obtidos a partir das análises das propriedades do material, foi possível constatar que a utilização do mesmo pode ser sugerida na construção civil, para conformação de blocos de concretos simples de alvenaria de vedação e lajotas de calçamento para pedestres, constatando assim a eficácia da adição do PET triturado em microconcretos.

**Palavras chave:** reaproveitamento, engenharia, PET.

## INTRODUÇÃO

O Brasil forma, por ano, cerca de 26 mil engenheiros, sendo que mais da metade opta pela engenharia civil, área que menos emprega tecnologia (FINEP, 2012). Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), até 2012 faltarão cerca de 150 mil engenheiros para preencher as vagas que estão surgindo. As maiores demandas serão por engenheiros nas áreas de energia, transporte (metrô e trem-bala), construção pesada, produção industrial, sistemas de informação, pesquisa e desenvolvimento (JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO, 2010).

Dentre as demandas citadas acima destaca-se o meio-ambiente, já que o mesmo oferece desafios que incluem: limpeza, redução de lixo, armazenamento de tóxicos e melhor uso de produtos naturais (HAHN, 1994).

Baseado no agravamento destes problemas, o Engenheiro Ambiental vem ganhando espaço no mercado de trabalho haja vistas que dentre suas competências destacam-se: a administração, gestão e ordenamento ambientais e ao monitoramento e mitigação de impactos, seus serviços afins e correlatos (CONFEEA, 2000).

A crescente e compulsiva geração do lixo estimula Engenheiros Ambientais a estudar alternativas para reduzir, reciclar e reutilizá-lo. Um exemplo pode ser dado através do reaproveitamento do Tereftalato de etileno - PET, o qual consiste em um tipo de plástico que possui excelentes qualidades para efetuar seu reprocessamento (NUNES et al., 2005).

Segundo dados do Instituto Solví (2009) anualmente são despejadas em média 200 mil toneladas de PET em aterros sanitários, lixões, terrenos baldios e cursos d'água.

As garrafas e embalagens fabricadas a partir do PET, por apresentarem grande resistência a corrosão podem levar até 100 anos para se decompor, com isto, quando depositados de forma incorreta, permanecerá liberando seus compostos químicos no meio ambiente, causando sérios prejuízos, principalmente aos lençóis freáticos.

A origem deste material como substituto às garrafas de vidro que apresentavam elevado peso e alta manutenção deu-se em aproximadamente 1988. Sendo considerada uma opção leve e barata, o PET mostrou ser um recipiente ideal, principalmente para as indústrias de bebidas, já que, além de reduzir custo de transporte e produção, pode oferecer ao consumidor um produto substancialmente mais barato, seguro e moderno (BELMONT PET, 2008).

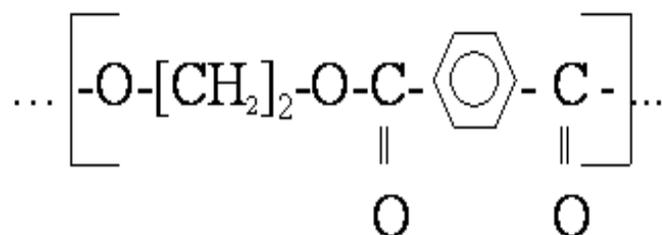
Em contradição a sua eficiência, as embalagens e garrafas PET, também utilizado na fabricação de tapetes, cordas e outros objetos, tornou-se um vilão para o meio ambiente. Segundo Maragom (2004), além do problema com o descarte na natureza, a reciclagem deste material é praticamente inviável, já que para isto, seriam necessários 224 milhões de quilowatts por hora de energia elétrica e 120 milhões de litros de água. Neste contexto propõe-se a redução deste tipo de embalagem, ou sua reutilização como matéria prima na fabricação e outros produtos.

### Garrafa – PET

Embora a primeira amostra deste material tenha sido desenvolvida em 1941 pelos ingleses Whinfield e Dickson, no Brasil a utilização do PET só começou em 1988, sendo direcionado inicialmente para na indústria têxtil, semelhante aos EUA e Europa após a Segunda Guerra Mundial. Em 1993 iniciou-se a utilização do mesmo no mercado de embalagens, principalmente para refrigerantes (ABIPET, 2010).

Os termoplásticos, chamados “plásticos”, constituem a maior parte dos polímeros comerciais, sua principal característica é poder ser fundido diversas vezes, e apresentar reciclagem. Suas propriedades mecânicas variam, podendo ser maleáveis, rígidos ou frágeis.

A Figura 1 apresenta a fórmula molecular do PET ( $C_{10}H_8O_4$ ), definido como um poliéster termoplástico, formado pela reação entre um ácido tereftálico e o etileno glicol.



**Figura 1** – Estrutura Molecular – PET (CORÓ, 2002).

Segundo ABIPET (2010), a transformação da resina PET em garrafas e frascos ocorre geralmente em sete etapas distintas, sendo elas: secagem, alimentação, plastificação, injeção, condicionamento, sopro e injeção do produto.

O processo de secagem da resina é uma das etapas mais importantes e críticas, já que o PET por ser um material higroscópico, se expostos sem nenhuma proteção às intempéries por longos períodos, sofrerá uma rápida degradação (hidrólise), que, causará a perda de suas propriedades físicas. Portanto, a secagem cuidadosa e controlada das resinas PET é uma operação essencial antes de sua transformação.

A etapa de alimentação, onde o material encontra-se sólido, seco e a uma temperatura, preferencialmente, superior a 100°C, é a transição entre o silo que armazena a resina e a entrada do PET na injetora. Nesta etapa, quando necessário, são dosados aditivos (protetores aos raios ultravioleta, concentrados de cor, etc.) à resina PET.

Na etapa de plastificação, ocorre uma mudança no estado físico da resina, já que a mesma passa por um aquecimento que ocorre entre 265 e 305°C. Este aquecimento acontece dentro do canhão da injetora, e tem por objetivo a plastificação da resina PET.

A etapa de injeção é responsável pela transferência da resina PET, ainda em altas temperaturas, para o molde de pré-formas. Nesta etapa, o molde deve estar à baixa temperatura ocasionando um resfriamento rápido. Este fato é importante, pois, evita possíveis cristalizações do material, ocorrência que proporcionaria o enfraquecimento de algumas propriedades do produto final. Ao final desta etapa, a pré-forma está pronta, inclusive com o gargalo em sua forma definitiva.

Na etapa seguinte, geralmente com o auxílio de robôs, a pré-forma é colocada dentro do molde de sopro, cuja cavidade tem a forma final da embalagem, e em seguida, injetada ar comprimido em seu interior.

Na sétima e última etapa, o produto é retirado ou ejetado da máquina pronto para ser estocado ou envasado.

Todos os processos envolvendo a fabricação e uso do PET é certificado pela ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS, o uso dessas certificações por empresas de fabricação do PET é de extrema importância, pois diminui as degradações já ocasionadas ao meio ambiente (Mossi & Ghisolfi, 2011).

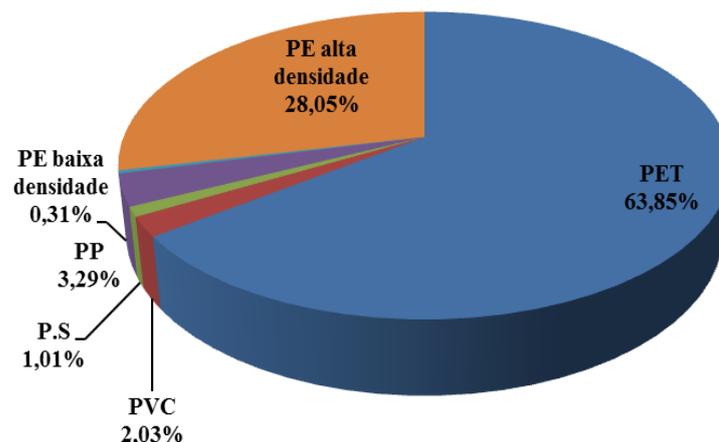
Conforme Mossi & Ghisolfi (2011), a sigla PET, Figura 2, tem sido utilizada internacionalmente para designar esta resina, que também pode ser identificada nas embalagens pelo símbolo característico de identificação de plásticos, sendo o PET identificado pelo número um.



**Figura 2** – Símbolo de Identificação de PET em embalagens.

Para Marangon (2004), a economia proporcionada pela reutilização dos materiais reciclados pode ser vantajosa não apenas em consideração a reutilização dos recursos naturais envolvidos, mais principalmente pelos benefícios proporcionados ao meio ambiente.

Através da Figura 3, (GRIPPI – Assessoria e Consultoria Ambiental – RJ), apresenta o gráfico representativo do percentual médio em massa de lixo de origem polietileno no mercado brasileiro.



**Figura 3** – Percentual médio em massa de lixo de origem polietileno no Brasil.

Através destas informações, é possível propor um meio viável de reutilização destes materiais, como por exemplo, na fabricação de novos produtos, tais como: sacolas plásticas, vasos para plantas, utensílios domésticos, ou em matérias primas para a construção civil.

### **Materiais de construção civil a base de concreto**

Define-se como concreto o material composto por: cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita) e ar. Pode também conter adições (cinza volante, pozolanas, sílica ativa, etc.) e aditivos químicos com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas. Esquemáticamente pode-se indicar que a pasta é o

cimento misturado com a água, a argamassa é a pasta misturada com a areia, e o concreto é a argamassa misturada com a pedra ou brita, também chamado concreto simples (concreto sem armaduras) (Bastos, 2005).

Estudos realizados por Tachard; Ribeiro e Morelli, 2006, mostram que a composição química do cimento é basicamente formada por:

- ✓ Óxido de cálcio (CaO) - 60 a 70%
- ✓ Sílica (SiO<sub>2</sub>) - 20 a 25%
- ✓ Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) - 2 a 9%
- ✓ Óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) - 1 a 6%
- ✓ Óxido de magnésio (MgO) - 0 a 2%.

A areia consiste de um material de origem mineral e finamente dividido em grânulos de dimensões que podem variar de 0,063 a 2 mm. A composição química da areia é basicamente formada por dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>), podendo ainda conter vários constituintes provenientes de impurezas, como a mica muscovita e caulinita, além de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O (Queiroz; Monteiro e Vieira, 2010).

Os materiais de construção civil a base de concreto (telhas, lajotas, etc.) são fabricados basicamente através da utilização de uma argamassa homogênea de cimento, areia, pedra ou brita e água; opcionalmente podem-se adicionar pigmentos e aditivos plastificantes, sendo que, no caso das telhas utiliza-se um impermeabilizante. Esse tipo de material constitui-se num artefato moderno, além de possibilitar a coloração de telhados e calçadas sem o uso de tinta, pois a própria peça é fabricada colorida (verde, vermelha, amarela, azul) que começam a pintar a paisagem das cidades brasileiras.

No Brasil, ainda há uma enorme área a ser coberta por esse tipo de produto, que apenas ensaia os primeiros passos no país, pois sua participação não passa dos 3%, segundo fabricantes e especialistas da área. Na Europa, por exemplo, as telhas de concreto detêm mais de 50% do mercado e na Itália atingem 70%. Assim, estima-se que há um enorme potencial, ainda inexplorado, no mercado brasileiro.

Um dos diferenciais que este tipo de material apresenta é a qualidade do produto, muito superior aos tradicionais. Os equipamentos de fabricação, de avançada tecnologia, praticamente induzem os bons resultados no final da linha de produção: um bom maquinário, cimento e agregados adequados, além de respeito às dimensões e especificações das normas técnicas, juntos, fazem com que se tenha um elevado padrão de qualidade. Outra diferencial é ambiental. A fabricação a partir da cerâmica requer muita energia e libera, em seu processo de produção, grande quantidade de CO<sub>2</sub>. A produção a

partir do concreto - por depender apenas da cura do cimento - não libera praticamente nenhum resíduo. Este projeto objetiva colaborar no crescimento científico e tecnológico dos atuais e futuros acadêmicos do curso de Engenharia Ambiental, através da reutilização de garrafas PET – Poli (Tereftalato de Etileno) trituradas, promovendo sua incorporação em corpos de provas, denominados Microconcretos, bem como a preparação e caracterização das propriedades mecânicas dos corpos produzidos com e sem a adição do PET triturado para assim estudar a influência do resíduo nas propriedades do produto final.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Classificação do Estudo**

O presente estudo trata-se de uma pesquisa aplicada baseada em experimentos laboratoriais.

### **Coleta e preparação dos materiais**

As amostras dos agregados (areia, PET triturado e brita) foram coletadas e armazenadas no Laboratório de Materiais da Faculdade de Engenharia da UFGD. O cimento foi adquirido em quantidade suficiente para realização de todos os ensaios e armazenado em embalagens plásticas fechadas de maneira a manter suas propriedades durante toda a pesquisa.

### **Mistura**

Percentuais entre 5 e 15% de PET triturado foram utilizados como parte do agregado miúdo. O agregado graúdo (brita) deve ter  $D_{máx} \leq 9,5$  mm. Todos os materiais (areia, brita, água e PET) foram pesados em balança de precisão e misturados em argamassadeira especial para este fim.

### **Confecção dos corpos de prova**

A confecção dos corpos de prova cilíndricos (5x10cm) e prismáticos foi feita em acordo com a NBR 5738 e o traço definido com a melhor relação água/cimento.

### **Cura**

Os corpos de prova moldados foram armazenados no interior de galões, onde a umidade se mantém em 100% e a temperatura a  $23 \pm 2$  °C até a data dos ensaios de acordo com a NBR 9479.

### **Ensaio de Resistência à Compressão**

O mais comum de todos os ensaios de concreto endurecido é o de resistência à compressão, em parte porque é muito fácil, e em parte, porque muitas das características desejáveis do concreto são qualitativamente relacionadas com a resistência; mas

principalmente devido à importância intrínseca da resistência à compressão do concreto em projetos estruturais. (CORÓ, 2002, p.20). Estes ensaios foram realizados nas idades de 03, 07 e 28 dias através de uma prensa instrumentada e de acordo com a NBR 5739.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para obtenção dos dados amostrais de absorção de água (AA%) e porosidade aparente (PA%) foram utilizados oito corpos de prova sem adição de PET triturado, denominado concreto controle, oito corpos de prova com adição de 5% de PET em substituição a areia e oito corpos de prova com adição de 15% de PET triturado.

O traço do concreto controle (CA) é constituído de 2.000g de areia (agregado miúdo), 1.000g de brita (agregado graúdo), 1.000g de cimento portland e 450g de água, enquanto o traço do concreto com PET (CP) foi constituído a partir da adição gradual do PET triturado MESH 10 em substituição ao mesmo percentual de areia.

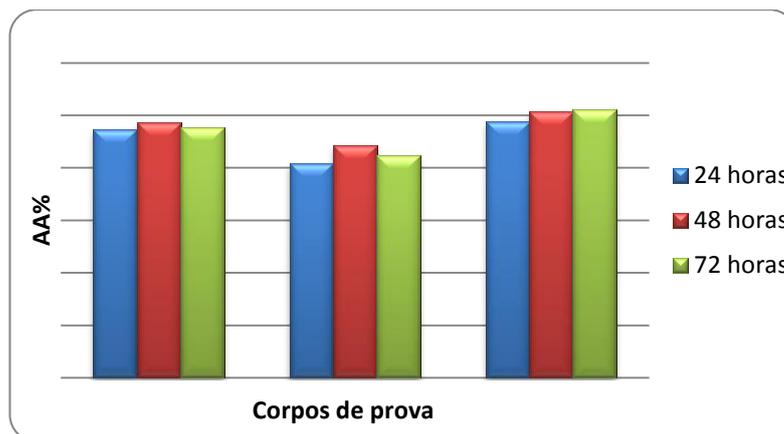
Os traços com 5 e 15% de resíduo, possuem os mesmos constituintes do concreto controle, exceto pela redução proporcional da areia para a posterior substituição por PET, as quantidades de agregado miúdo são, respectivamente, para os traços citados, 1900g e 1700g.

### Absorção de água (AA%)

A tabela 1 e Figura 1 mostram as absorções de água das amostras estudadas, dos corpos CA 100% areia e CP com a adição de 5 e 15% de PET triturado MESH 10, com 24, 48 e 72 horas em estufa a aproximadamente 110°C.

**Tabela 1** – Mostra as absorções de água dos corpos de prova em %.

Tempo na estufa	CA	CP 5%	CP 15%
24 horas	9,45 ± 0,16	8,17 ± 0,19	9,76 ± 0,59
48 horas	9,72 ± 0,18	8,84 ± 0,15	10,14 ± 0,60
72 horas	9,53 ± 0,06	8,46 ± 0,43	10,24 ± 0,60



**Figura 1** – Gráfico em colunas das absorções de água dos corpos de prova.

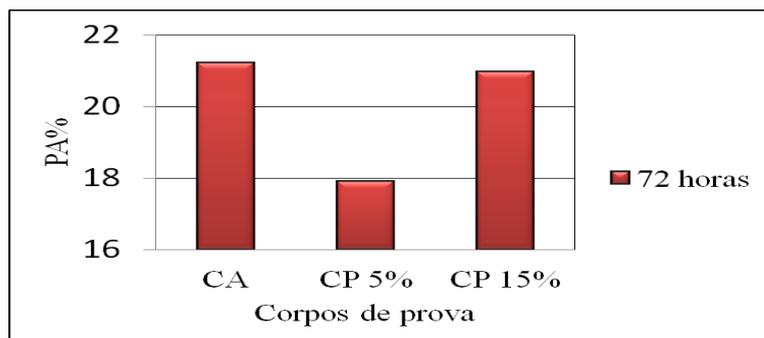
Através da Tabela 1 e Figura 1 observa-se que a absorção de água apresenta baixa variação entre os corpos de prova confeccionados com e sem PET triturado, os corpos com 15% de PET triturado, apresentaram maior absorção, sendo que os com 5% apresentaram nível de absorção inferior ao concreto controle. Esse fato provavelmente seja devido a não reação entre os componentes, areia cimento e PET, de maneira que os 5% de PET contribuíram para o fechamento dos poros gerados pela interação entre a areia e o cimento, já a adição de 15% de PET contribui para o aumento dos poros nos corpos-de-prova.

### **Porosidade aparente (PA%)**

A Tabela 2 e Figura 2 mostram as porosidades aparentes dos corpos de prova, antes e depois de acrescentar os percentuais de PET triturado, com 72 horas em estufa a uma temperatura de aproximadamente 110°C, e posteriormente colocadas em tanque com a água para saturação, seguindo as exigências da NBR, e realizando a pesagem dos corpos com 24, 48 e 72 horas após serem submersos em água.

**Tabela 2** – Porosidades aparentes dos corpos de prova em %

Tempo na estufa	CA	CP 5%	CP 15%
72 horas	21,22	17,90	20,97



**Figura 2** – Gráfico em colunas das porosidades aparentes dos corpos de prova.

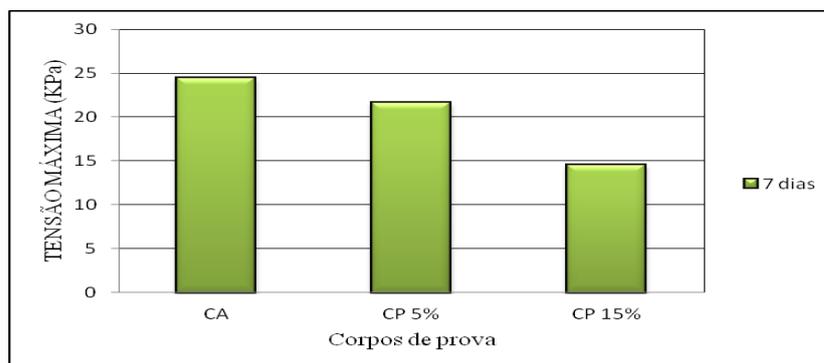
Para análise dos dados de porosidade aparente dos corpos-de-prova, foi levado em consideração o tempo relevante submerso, ou seja, 72 horas. Os corpos-de-prova contendo PET triturado apresentaram menor porosidade quando comparados ao concreto controle.

### Resistência à compressão

A tabela 3 e figura 3 mostram os módulos de resistência a compressão dos corpos-de-prova com 7 dias de cura.

**Tabela 3** – Resistência a compressão dos corpos de prova, expressos em KPa.

Tempo de secagem	CA	CP 5%	CP 15%
7 dias	25,21 ± 1,17	21,92 ± 1,30	20,55 ± 0,45

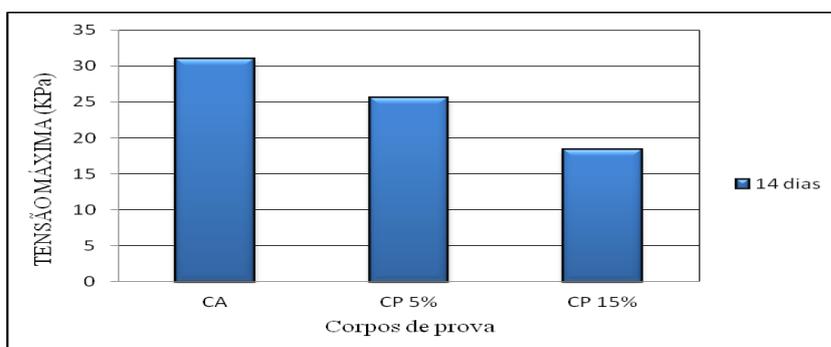


**Figura 3** – Gráfico em colunas da resistência a compressão dos corpos-de-prova com de 7 dias.

A tabela 4 e figura 4 mostram os módulos de resistência a compressão dos corpos-de-prova com 14 dias de cura.

**Tabela 4** – Resistência a compressão dos corpos de prova, expressos em KPa.

Tempo de secagem	CA	CP 5%	CP 15%
14 dias	30,94 ± 0,45	25,52 ± 0,08	18,37 ± 0,79

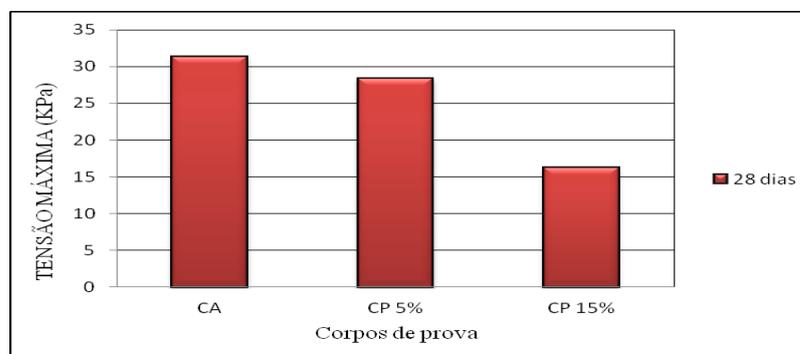


**Figura 4** – Gráfico em colunas da resistência a compressão dos corpos-de-prova com de 14 dias.

A tabela 5 e figura 5 mostram os módulos de resistência a compressão dos corpos-de-prova com 28 dias de cura.

**Tabela 5** – Resistência a compressão dos corpos de prova, expressos em KPa.

Tempo de secagem	CA	CP 5%	CP 15%
28 dias	31,29 ± 0,84	28,31 ± 0,67	16,16 ± 0,19



**Figura 5** – Gráfico em colunas da resistência a compressão dos corpos-de-prova com de 28 dias

Como pode ser observado nas figuras 3,4 e 5, os corpos-de-prova conformados com 15 % de PET triturado apresentaram taxa inferior de resistência à compressão quando comparado ao concreto controle CA, independente do tempo de cura. Esse fato pode ter ocorrido provavelmente por não ocorrer interação entre a areia, o cimento e a PET, tornando assim o material menos resistente, essa condição pode ser melhorada com o aquecimento do material.

Outro ponto é o fato que a PET não absorve água, sendo necessário a redução de água de acordo com o aumento de PET triturado no traço do concreto, melhorando assim a interação água/cimento e contribuindo diretamente para a diminuição dos poros no material, e aumento da resistência à compressão.

A adição de 5% de PET triturado apresentou resultados positivos, demonstrando que é possível utilizar o PET triturado diretamente no traço do concreto, mesmo que em pequenas porções, essa porcentagem contribui para a minimização das taxas de absorção de água e porosidade aparente e mantem o padrão de resistência a compressão em relação ao concreto controle.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto em questão demonstra a possibilidade da geração de um novo material, que atende as necessidades atuais e futuras, com base no desenvolvimento sustentável. As análises feitas são de suma importância para a caracterização do concreto, a porosidade e absorção de água, influenciam diretamente na resistência do material, mas se faz necessário a ampliação desse projeto, aplicando alternativas, como aquecimento do material, diminuição de água de acordo com o aumento do percentual de PET triturado, entre outros parametros para melhoramento do produto final. Sendo assim, pode-se concluir que o projeto em questão foi desenvolvido com êxito, e os resultados obtidos demonstram que se é possível reutilizar, materiais antes descartados no meio ambiente.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq e a Vale S.A pelas bolsas concedidas, a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul pela oportunidade, a Escola Estadual Vicente Pallotti por liberar os alunos e professor para a participação no projeto e ao orientador.

## REFERÊNCIAS

- ABIPET - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET (Araçatuba - Sp). **Garrafas PET no Meio Ambiente.** 15/11/2010. Disponível em: <<http://www.revistameioambiente.com.br/brasil-descarta-53-de-garrafas-pet-na-natureza/>>. Acesso em: 18 fev. 2012.
- BELMONTE PLÁSTICOS (Araçatuba). **PET - Garrafa.** 07/04/2008. Disponível em: <<http://belmontepet.blogspot.com/>>. Acesso em: 18 fev. 2012.
- BASTOS, P.S.S.; 2005. **Fundamentos do concreto armado.** UNESP - Campus de Bauru/SP. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Civil.
- CONFEA. **Resolução nº 447, de 22 de setembro de 2000.** Disponível em: <<http://normativos.confesab.org.br/downloads/0447-00.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2012.
- CORÓ, Angela Ghisleni. **Investigação das Propriedades Mecânicas de concretos reforçados com fibra de Pet.** 2002. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí - Rs, 2002.
- FINEP – REVISTA INOVAÇÃO EM PAUTA 6. **Brasil sofre com a falta de engenheiros.** 03/07/2012. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/imprensa/revista/educacao6/inovacao\\_em\\_pauta\\_6\\_educacao.pdf](http://www.finep.gov.br/imprensa/revista/educacao6/inovacao_em_pauta_6_educacao.pdf)>. Acesso em: 06 ago. 2012.
- GRUPPO MOSSI & GHISOLFI (Ipojuca - Pernambuco). **Resinas para embalagens PET.** 2007. Disponível em: <[http://www.gruppomg.com.br/prod\\_resinas/prod\\_resinas\\_faq.htm#1](http://www.gruppomg.com.br/prod_resinas/prod_resinas_faq.htm#1)>. Acesso em: 21 jan. 2012.
- GORNI, Antonio Augusto. **Introdução ao Plástico. 2010.** Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/intropol.html>>. Acesso em: 20 fev. 2012.
- HAHN, S. Print version ISSN 0103-4014: Os papéis da ciência dos materiais e da engenharia para uma sociedade sustentável. **SciELO**, São Paulo, v. 8. N. 20. Jan-Abr. 1994.
- INSTITUTO SOLVÍ - FÓRUM (Bela Vista - Sp). **Impacto das garrafas PET no meio ambiente.** 21/07/2009. Disponível em: <<http://www.institutosolvi.com/forum/Tema.aspx?t=MDkwNzIxMDkzNjEwYWwRtaW4qKioqKioqKioqKg>>. Acesso em: 23 fev. 2012.

José Pastore - O Estado de S.Paulo. **Escassez de Engenheiros**. 20/07/2012. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,escassez-de-engenheiros,583492,0.htm>>. Acesso em: 06 ago. 2012.

MARAGOM, Ederli. **Aspectos do comportamento e da degradação de matrizes de concreto de cimento portland reforçados com fibras provenientes da reciclagem de garrafa pet**. 2004. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí - Rs, 2004.

NUNES, J. R. A.; ALVES, J. D.; FERREIRA, O. M. **Reciclagem de PET: potencial para aproveitamento na fabricação de novos produtos**. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/RECICLAGEM%20DE%20PET%20POTENCIAL%20PARA%20APROVEITAMENTO%20NA%20FABRICA%E2%80%A6.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2012.

QUEIROZ, L. F. T.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. July 2010. *Effect of the use of sand in the processing and properties of red ceramics*. **Cerâmica**, São Paulo, v. 56, n. 339.

ROMÃO, Wanderson; SPINACÉ, Márcia; PAOLI, Marco. Poli(Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Campinas - Sp, v. 10, n. 02, p.121-132, 11 out. 2009.

SALOMÃO, C.m. Peret. R.; ZAMBON, A.m.; PANDOLFELLI, V.c.. *Cerâmica Print version ISSN 0366-6913: Reforço mecânico por fibras poliméricas e seus efeitos na secagem de concretos refratários (Polymeric fiber reinforcement and its effects on the drying of refractory castables)*. **SciELO**, São Paulo, v. 49, n. 312, p.1-5, 11 dez. 2003.

TACHARD, A.L.R.S.; RIBEIRO, D.V.; MORELLI, M.R. 15 a 19 de Novembro de 2006. **Avaliação da resistência mecânica de argamassas de cimento Portland contendo serragem de couro tratada em meio ácido**. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, , Foz do Iguaçu, PR, Brasil.