



## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E GARRAFAS PET PARA A COMPOSIÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

**NASCIMENTO, Cássia Jayne Santos do<sup>1</sup>;**

**SILVA, Djair Félix da<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmica de Engenharia Civil, FAT, Maceió, Alagoas, [cassia.jayne@hotmail.com](mailto:cassia.jayne@hotmail.com)

<sup>2</sup>Doutor em Fitotecnia, UFV, Viçosa, Minas Gerais, [djair\\_felix@yahoo.com.br](mailto:djair_felix@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>projeto de pesquisa.

**Resumo.** *As reformas, construções, reparos e demolições de obras de engenharia civil geram uma grande quantidade de entulhos que são prejudiciais ao meio ambiente. Em virtude disso, a resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, no uso de suas atribuições estabelece diretrizes que visam amenizar os impactos ambientais provocados por esses resíduos. Considera também a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção e considera que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental. Assim, essa pesquisa foi desenvolvida com o intuito de dar uma opção de reaproveitamento aos resíduos de construção e demolição, que fosse útil à sociedade e ao meio ambiente. Ainda no tocante a reciclagem, esta pesquisa contou com a utilização de garrafas PET em substituição ao cimento que seria utilizado como aglomerante da mistura, assim, foi possível obter materiais de construção 100% reciclados, ou seja, sem a utilização de qualquer matéria prima.*

**Palavras-chave:** *Resíduos de construção e demolição, Garrafa PET, Reutilização, Construção civil.*

## 1 INTRODUÇÃO

A atual sociedade tem vivido um dilema a respeito da utilização de matérias primas e da disposição final de produtos que já foram utilizados e alcançaram seus objetivos, não sendo mais útil para fins relevantes. Na construção civil, o problema é ainda maior, pois uma obra por menor que seja, produz uma considerável quantidade de resíduos, que segundo a Resolução Conama Nº 307, de 5 de julho de 2002, não podem ser descartados na natureza de qualquer forma, esta resolução afirma ainda que a construção civil é a responsável pela geração de uma parte significativa dos resíduos sólidos da área urbana e que a gestão integrada desses resíduos devem proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental. Outro considerável problema são as garrafas PET – Poli(tereftalato de etileno), pois estas são geradas em grande escala e o descarte final nem sempre é feito de forma correta, ocasionando assim, grandes problemas ao meio ambiente. Unindo a qualidade dos resíduos de construção e demolição classe A e as propriedades inerentes das garrafas PET, é possível produzir materiais de construção civil de ótima qualidade, e é isso o que essa pesquisa apresenta como resultado e que será visto adiante.

## 2 METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa foram utilizados dois materiais: resíduos de construção e demolição (RCD) classe A (materiais cerâmicos, argamassa e concreto) e a garrafa PET. Ambos foram tratados e processados até alcançar o formato ideal para ser utilizado nessa pesquisa.

Os resíduos de construção e demolição foram triturados manualmente por se tratar de uma pequena quantidade e posteriormente foram peneirados, os finos passantes na peneira de malha 150 µm foram utilizados para os testes, e os que não passaram foram guardados para serem triturados novamente mais tarde, ficando assim comprovado que não há perda nesse processo, pois os resíduos que não forem utilizados inicialmente poderão ser novamente triturados até alcançar a granulometria ideal. Como não há uma NBR que se encaixasse nesse estudo, a quantidade de corpos de prova (CP) produzidos e os testes realizados seguiram uma linha de observação em que a composição dos corpos de prova foi sendo alterada de acordo com os resultados obtidos nos ensaios dos corpos de prova anteriores.

Inicialmente foi determinado três proporções de RCD/PET: 30:70, 40:60, 50:50, todas essas proporções foram tomadas em porcentagem de material, o peso final dos materiais juntos foi de 100g em todos os corpos de prova. Após a produção dos três primeiros CPs, outra composição foi testada: 60:40, com o mesmo peso final.

O PET foi triturado até alcançar pequenos tamanhos, para que dessa maneira o derretimento fosse facilitado e a uniformidade entre os materiais fosse atingida. Após aferido os pesos, os dois materiais (PET e RCD) foram misturados e despejados na fôrma já preparada com desmoldante, em seguida foi levado ao forno a uma temperatura de 300°C por um período de 60 minutos. Após o desmolde foi verificado o peso final dos CPs e em seguida os mesmos foram colocados no tanque de cura por um período de 24 horas. A fim de constatar que a resistência do material dependeria basicamente da homogeneidade entre os materiais, outro teste foi realizado utilizando a proporção 30:70 (RCD:PET), porém com um método de produção diferente. Foi feito o derretimento do PET utilizando o maçarico, pois assim a chama seria distribuída sobre a superfície externa do recipiente e a temperatura estaria uniforme. Após o derretimento do PET, foi adicionado o RCD e ambos foram misturados

manualmente, atingindo dessa maneira uma ótima homogeneidade, porém, devido às propriedades do PET que alcançam resfriamento imediato, o processo de modelagem tornou-se inviável.

Finalizado o processo de cura, os CPs foram capeados e submetidos ao teste de resistência à compressão axial. A partir da análise dos resultados dos quatro corpos de prova, foi testada uma maneira de proporcionar maior homogeneidade ao material, para isso, foi feito o trituração do PET em um triturador próprio para esse fim, em seguida o PET foi peneirado e os finos passantes nas peneiras de malha 600µm e 1.18mm foram utilizados na produção dos novos corpos de prova.

Com os finos de PET retidos na peneira de malha 600µm foi produzido um novo corpo de prova na proporção de 50:50 (RCD:PET), antes desses materiais serem levados ao forno foi possível perceber visualmente uma melhor homogeneidade entre os materiais. O tempo de cozimento e a temperatura foram os mesmos utilizados para os corpos de prova anteriores.

Outro corpo de prova foi produzido, desta vez utilizando o volume para quantificar o material utilizado, esse método foi empregado com o objetivo de aperfeiçoar o método produtivo, além de utilizar um parâmetro comumente usado pelas indústrias da construção civil. Para a quantificação de material empregado nesse corpo de prova, foi utilizado um recipiente com capacidade de 100 cm<sup>3</sup>, a proporção de material foi de 1:2 (RCD:PET).

### 3 RESULTADOS

As tabelas a seguir apresentam as características iniciais e finais de cada corpo de prova feito para este estudo. As fôrmas utilizadas para moldar os corpos de prova tinham dimensões externas de 70x100x40 (mm), e dimensões internas de 70x96x37 (mm).

Quadro 1 – Ensaio com RCD e PET medidos em massa

ENSAIOS LABORATORIAIS										
Nº do CP	COMPOSIÇÃO				CARACTERÍSTICAS FINAIS					
	Proporção (RCD:PET)	Resíduo (%)	PET (%)	Peso total (g)	Peso final (g)	Comp. (mm)	Altura (mm)	Larg. (mm)	Absorção de água (g)	Absorção de água (%)
01	30:70	30	70	100	97.4	94.36	23.59	36.67	0.3	0.31
02	40:60	40	60	100	99.6	94.44	27.47	35.42	2.1	2.11
03	50:50	50	50	100	99.7	94.53	25.67	35.38	2.8	2.81
04	60:40	60	40	100	96.2	94.62	22.63	35.74	13.4	13.93
05	50:50	50	50	100	86.0	94.53	25.79	34.73	3.9	4.53

Quadro 2 – Ensaio com RCD e PET medidos em volume

ENSAIOS LABORATORIAIS										
Nº do CP	COMPOSIÇÃO				CARACTERÍSTICAS FINAIS					
	Proporção (RCD:PET)	Resíduo (cm <sup>3</sup> )	PET (cm <sup>3</sup> )	Peso total	Peso final	Comp. (mm)	Altura (mm)	Larg. (mm)	Absorção de água	Absorção de água

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E GARRAFAS PET PARA A  
COMPOSIÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

				(g)	(g)				(g)	(%)
06	2:1	100	200	190.0	178.0	94.49	43.34	35.21	4.4	2.47
07	2:1	100	200	191.5	174.5	94.47	44.64	35.33	18.6	10.7

### 3.1 Corpo de prova 01

O corpo de prova 01 apresentou alto desempenho quando submetido ao teste de resistência à compressão axial, chegando a suportar uma tensão máxima de 18.63Mpa e uma força máxima de 64.46KN em um tempo de aplicação de força de aproximadamente 200 segundos. A absorção de água nesse corpo de prova foi baixa, atingindo apenas 0.31%, isso se deu pelo fato de a mistura ser composta basicamente por PET, onde esse polímero atuou fechando os poros existentes, impedindo dessa maneira a absorção da água. Visualmente a mistura estava vítrea, sendo possível enxergar muito mais o polímero do que o resíduo.

### 3.2 Corpo de prova 02

O corpo de prova 02 apresentou 2.11% de absorção de água, sendo essa absorção relativamente maior do que aquela apresentada no corpo de prova 01, ficando desta maneira comprovado que o teor de absorção depende da proporção RCD:PET, pois é o PET quem proporciona a homogeneidade do material, e quanto mais homogêneo estiver, maior será a resistência e menor a absorção de água. Nesse corpo de prova as partículas do RCD estavam mais visíveis, sendo possível observar regiões de concentração do PET e regiões onde se concentrava o RCD, e foi a partir dessas análises que se chegou à conclusão de que necessitaria diminuir ainda mais o tamanho das partículas do PET, para que assim o mesmo tivesse uma maior superfície de contato, podendo garantir mais homogeneidade para uma proporção maior de RCD. Nesse corpo de prova o ensaio de compressão falhou por motivos de operação, não sendo possível determinar a tensão que o mesmo suportaria.

### 3.3 Corpo de prova 03

O corpo de prova 03 foi composto por 50g de resíduo de construção e demolição e 50g de garrafa PET triturada, a partir da análise dos resultados obtidos com essa proporção é que foi possível ter uma estimativa de como seria a interação entre esses dois materiais. Esse corpo de prova apresentou maior absorção de água, como já era previsto, chegando a atingir 2.81% de absorção. Visualmente os dois materiais estavam mais bem distribuídos e esse corpo de prova resistiu a uma tensão máxima de 8.45Mpa e a uma força máxima de 28.27KN em um período de aplicação de força de 185 segundos.

### 3.4 Corpo de prova 04

O corpo de prova 04, composto por 60g de RCD e 40g de PET, alcançou um alto índice de absorção de água, o mesmo atingiu 13.93% de absorção. Foi possível identificar visualmente bastante resíduo, sendo que o PET da mistura não homogeneizou, o mesmo ficou retido em alguns lugares do corpo de prova. A tensão máxima que esse corpo de prova resistiu foi de 4.92Mpa, e a força máxima foi de 16.64KN em um período de aplicação de força de aproximadamente 110 segundos.

### **3.5 Corpo de prova 05**

Para a produção desse corpo de prova foi repetida a proporção de 50:50 (RCD:PET), pois nessa proporção o corpo de prova alcançou boa absorção de água e um bom desempenho no ensaio de compressão axial, porém nesse CP, o PET foi adicionado em partículas menores, pois o mesmo passou pelo triturador e posteriormente foi peneirado, o tamanho das partículas de PET utilizados foram aqueles passantes pela peneira de malha 1.18mm. Foram utilizados 50g de resíduo de construção e demolição e 50g do PET, esse corpo de prova apresentou absorção de água maior do que o teor de absorção apresentado pelo corpo de prova testado anteriormente com a mesma proporção, porém com partículas de PET maiores. O corpo de prova 05 atingiu 4.53% de absorção de água, esse fato se deu devido aos poros existentes na parede do corpo de prova, pois como o PET teve uma melhor interação com o RCD, a homogeneidade aconteceu mais internamente, deixando espaços vazios nas paredes do corpo de prova que, além de garantir melhor absorção de água, possibilitou também uma superfície de contato áspera que é fundamental para a aderência de argamassa. No ensaio de compressão axial esse corpo de prova resistiu a uma tensão máxima de 13.38Mpa, resistência essa muito superior àquela apresentada pelo corpo de prova da mesma proporção, com isso fica comprovado que quanto menor as partículas do PET, maior será a sua superfície de contato, conseqüentemente será maior a homogeneidade adquirida. A força máxima aplicada foi de 43.92KN em um período de 267.57 segundos.

### **3.6 Corpo de prova 06**

Na produção do corpo de prova 06 foi testado outro método para a quantificação de RCD e de PET que seriam utilizados na mistura. Visando melhorar o método produtivo, adequando-o a algo já utilizado pela indústria da construção civil, foi utilizado o método de quantificação volumétrica, onde se utilizou um recipiente com capacidade de 100 cm<sup>3</sup> para aferir o material, a proporção utilizada foi de 1:2 (uma medida de resíduo de construção e demolição para 2 medidas de PET). Para a composição do PET utilizado nesse corpo de prova foram misturadas fibras de PET passantes pelas peneiras de malha 600µm e 1.18mm, com isso foi possível obter uma maior distribuição granulométrica, conseqüentemente, maior homogeneidade e diminuição dos espaços vazios da mistura. Esse corpo de prova alcançou um índice de absorção de água de 2.47% e suportou a uma tensão máxima de 10.72Mpa com uma força máxima aplicada de 35.67KN em um período de aproximadamente 200 segundos. Visualmente as partículas estavam totalmente envolvidas pelo PET, o que explica a boa resistência mecânica do material mesmo diante de uma quantidade de resíduo consideravelmente maior àquela de PET presente na mistura.

### **3.7 Corpo de prova 07**

Para a produção desse corpo de prova foi utilizada a mesma proporção de RCD:PET do corpo de prova anterior, 1:2 (RCD:PET), porém, a fim de garantir maior homogeneidade mesmo antes de levar a mistura ao forno, foi adicionado 10ml de água. A água possibilitou que o resíduo e o PET permanecessem misturados durante a transposição do recipiente onde ambos foram misturados para a fôrma que seria utilizada para moldar o corpo de prova. Porém, durante o processo de cozimento a água evaporou deixando espaços vazios no material e isso possibilitou uma superfície bastante irregular. Devido à existência dos poros deixados pela água, esse CP atingiu um índice de absorção de água de 10.7%, entretanto, a

resistência alcançada foi de apenas 4.34Mpa, com uma força máxima aplicada de 14.50KN em um período de aplicação de força de aproximadamente 100 segundos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A argamassa produzida a partir da combinação de finos de resíduos de construção e demolição e do PET no estado líquido, nos ensaios realizados apresentou resultados compatíveis com aqueles recomendados pelas NBRs 6136/94 e 15270-1/05. Com o auxílio de fôrmas adequadas é possível produzir diversos materiais para construção, como por exemplo, tijolos de diferentes resistências que servirão tanto para a alvenaria de vedação quanto para a alvenaria estrutural, telhas, pré-moldados, etc.

Mesmo não havendo uma norma que regulamente os ensaios para esse material, é possível comparar os resultados obtidos com os resultados esperados em ensaios de blocos cerâmicos e de concreto. A NBR 6136/94 recomenda que a absorção de água para qualquer uma das classes de blocos de concreto deve ser menor ou igual a 10% e a NBR 15270-1/05 recomenda que a absorção mínima de água dos blocos cerâmicos para alvenaria de vedação deve ser de 8%, porém, como os resíduos são compostos por proporções diferentes de material cerâmico e concreto, esses índices servem apenas como um parâmetro de análise, sendo necessários estudos mais específicos para então determinar a proporção adequada de absorção de água. Comparando as resistências alcançadas nos ensaios àquelas recomendadas pela NBR 6136/94, é possível verificar que as resistências alcançadas foram bastante satisfatórias. Essa NBR recomenda um valor mínimo de resistência para o bloco estrutural de 4.5Mpa, sendo que se aconselha utilizar blocos com uma resistência mínima de compressão de 6.0Mpa para obras acima ou abaixo do solo.

Diante da análise dos corpos de prova, o CP 06 foi aquele que apresentou resultados semelhantes aos recomendados pelas NBRs mencionadas acima, sendo esse o melhor resultado, além disso, o resíduo e o PET dessa composição foram medidos em volume, que é o método comumente empregado pelas fabricas de materiais de construção. Houve também maior utilização de resíduo, mesmo sendo utilizada apenas uma quantidade do mesmo, isso ocorre devido à sua massa específica ser maior que a do PET, e com uma aplicação menor do PET, o mesmo passa a se enquadrar na condição de aglomerante. A resistência adquirida nessa combinação permite aplicar a mistura em diversos materiais de construção, seu índice de absorção de água apresentou resultados dentro do especificado pelas normas observadas, além disso, a mistura homogeneizou de forma eficiente, sendo possível obter total interação entre os materiais.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136/94**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1/05**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

BRASILIA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (Org.). **RESOLUÇÕES DO CONAMA. 2012.** p. 805. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2015.