

USO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DECORRENTE DAS ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA EM PAVIMENTAÇÃO

Andréa Batista de Farias⁽¹⁾; Stela Fucale⁽²⁾; Alexandre Duarte Gusmão⁽³⁾

(1) Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, abf_pec@poli.br

(2) Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, sfucale@upe.poli.br

(3) Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, gusmao.alex@ig.com.br

Resumo

O grande volume de Resíduos de Construção Civil (RCC) gerado pelas atividades construtivas no Brasil tem provocado preocupação ambiental, social e econômica, causada pela exploração desnecessária de recursos naturais, pelo surgimento de descartes clandestinos, pela proliferação de vetores de doenças e pelo gasto no transporte e na deposição dos mesmos em aterros legalizados. Diante deste cenário, estudos têm sido desenvolvidos a fim de solucionar ou minimizar esta problemática. No ano de 2004, foram elaboradas normas (NBR 15.115 e NBR 15.116) que disciplinam a utilização de agregados reciclados de RCC em concreto sem função estrutural e em pavimentação de baixo tráfego. Nesta pesquisa, analisou-se a viabilidade técnica do uso de resíduos originados pela atividade de fundação profunda (estacas tipo hélice contínua) e pela demolição de antigas construções para aplicação em camadas de sub-base em pavimentos de baixo tráfego. Para tanto, foram feitos ensaios laboratoriais para verificação da granulometria, limites de liquidez e plasticidade, compactação, Índice de Suporte Califórnia (ISC) com medição de expansão, que expuseram a qualidade dos materiais e suas potencialidades. Todos os resultados laboratoriais mostraram adequação à norma de agregado reciclado (NBR 15.116/04), com um valor de CBR entre 84,4 e 138,0%, por exemplo, e na comparação econômica feita, comprovou-se a vantagem do seu uso, visto que foi obtida redução de cerca de 50% dos custos.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil, Reciclagem, Pavimentação.

Abstract

The large volume of Civil Construction Waste (CCW) generated by construction activities in Brazil has caused environmental, social and economic concern, resulted by the unnecessary exploitation of natural resources by the emergence of clandestine drops, by the proliferation of vectors of diseases, and the expense for transporting and dumping them in landfills legalized. In this scenario, studies have been developed to solve or minimize this problem. In 2004, standards were prepared (NBR 15115 and NBR 15116) that govern the use of recycled aggregates concrete RCC without structural function and low traffic paving. In this study, it was analyzed the technical feasibility of using waste generated from deep Foundation activity (continuous type piles) and by the demolition of old buildings and for use in sub-layers based on low-traffic road. For this, laboratory tests were made for verification the size, liquidity and plasticity limits, compaction, California Bearing Ratio (CBR) with expansion measurement, which exposed the quality of materials and their potential. All laboratory results have shown adequacy of standard of recycled aggregate (NBR 15,116/04), with a value of CBR between 84.4 and 138.0%, for example, and the comparison made economic, and has proven the advantage of its use, since it was obtained reduction of around 50% of the costs.

Keywords: Civil Construction Waste, Recycling, Road.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades mais importantes para um país em desenvolvimento. No Brasil, entre os anos de 2004 e 2010, este setor cresceu 42,41%, representando uma média anual de 5,18%. Em 2010, o Produto Interno Bruto (PIB) da Construção Civil foi cerca de R\$ 165 bilhões, correspondendo a 5,3% do PIB nacional. Já no ano de 2011, entre os meses de janeiro e setembro, houve um incremento de 3,8% em relação à igual período do ano anterior, com a geração de 309.425 vagas formais durante os dez primeiros meses deste mesmo ano (CBIC, 2011).

Entretanto, um dos grandes problemas da construção civil se encontra vinculado ao elevado desperdício de material, ocasionando uma volumosa quantidade de resíduos da construção civil (RCC), responsáveis por impactos ambientais, através de exploração de recursos naturais; por impactos financeiros, com o gasto desnecessário de combustível no transporte até os aterros; e por impactos sociais, como a proliferação de vetores de doença, os quais afetam o bem-estar da população.

No Brasil, foram coletados cerca de 31 milhões de toneladas de RCC em 2010, segundo ABRELPE (2010), contudo destaca-se que este valor não representa o total produzido, já que os municípios em geral coletam somente os resíduos da construção civil lançados nos logradouros públicos.

De acordo com Gusmão (2008), estima-se que esta taxa de geração de resíduos é de 0,28 ton/hab.ano em Recife/PE, cidade onde está se desenvolvendo esta pesquisa, porém o autor destaca que este número deve estar subdimensionado, uma vez que o mesmo está abaixo de outras cidades brasileiras com padrão de desenvolvimento semelhante.

Destaca-se que os RCC possuem um grande potencial de utilização como material reciclado e de baixo custo, alimentando a própria indústria da construção. Em pavimentações realizadas na cidade de São Paulo/SP com agregado reciclado substituindo o material convencional foram minimizados 18% dos custos (MOTTA, 2005).

Portanto, a fim de mitigar os impactos ambientais e colaborar com a conscientização do setor construtivo, este trabalho visa o estudo da viabilidade técnica do reaproveitamento de agregados reciclados de RCC provenientes de atividades de fundações profundas (estaca tipo hélice contínua) e de demolições, para produção de material que será empregado em camadas de sub-base e base em pavimentações, por meio de ensaios laboratoriais, buscando a comprovação do seu potencial como agregado.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

A obra que forneceu os RCC para investigação se tratava de uma estrutura aporticada pré-moldada de concreto armado com 255.500 m² destinados a áreas comerciais e garagens, onde existem trechos com até 06 (seis) níveis de lajes na estrutura (Figura 1).



Figura 1. Empreendimento.

A área total pavimentada do empreendimento possui 96.462,97 m² (Tabela 1). De acordo com as especificações do projeto de pavimentação, a camada de sub-base na circulação do estacionamento externo (pavimento flexível) deveria ser estabilizada granulometricamente com material arenoso, possuir uma espessura de 0,20 m e ISC mínimo de 20%. Nas vagas de estacionamento externo (pavimento semirrígido), a camada de sub-base deveria ser constituída de solo melhorado com 4% de cimento, ter 0,10 m de espessura e ISC mínimo de 20%.

Tabela 1 – Discriminação do tipo de pavimentação, áreas e camadas.

Discriminação das áreas	Áreas (m ²)	Tipos de pavimentos	Sub-base	
			Espessura (m)	Detalhamento
Circulação de veículos de carga/ locais especiais (vias de serviços)	16.208,30	Rígido	0,10	Concreto compactado a rolo (CCR)
Circulação de estacionamento coberto	41.067,40	Rígido	0	Não possui esta camada
Circulação do estacionamento a céu aberto	22.545,18	Flexível	0,20	Estabilização granulométrica (ISC>20%)
Vagas dos estacionamentos/ locais especiais	16.642,09	Semirrígido	0,10	Solo melhorado com 4% de cimento (ISC>20%)

No que diz respeito a geração de RCC dentro do canteiro de obras, o material de demolição adquirido para análise procedeu de 07 (sete) galpões antigos e de 10 (dez) depósitos menores de uma fábrica antiga que havia no terreno (Figura 2). E, a partir da execução de 61 (sessenta e um) furos de sondagem a percussão optou-se pelo uso da estaca tipo hélice contínua (Figura 3) como fundação profunda do empreendimento.



Figura 2. Galpões da antiga fábrica (GOOGLE, 2012).

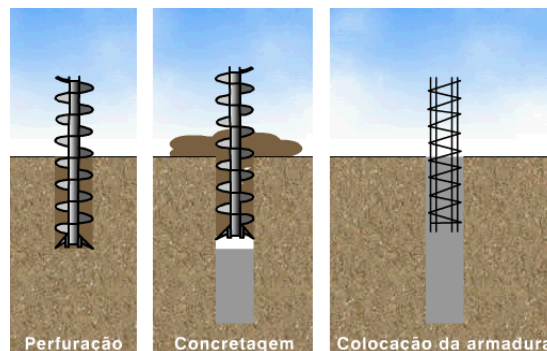


Figura 3. Etapas de execução da estaca hélice contínua (Adaptado de SOLOSSANTINI, 2012).

Esta técnica de fundação é responsável pela geração de RCC (solo) durante a concretagem, conforme a Figura 3, sendo necessário verificar a constituição do terreno, o qual é composto, de maneira geral, por uma camada de aterro de areia fina siltosa, marrom claro, fofa a medianamente compacta, até a cota -1,00; seguem-se camadas areias com matéria orgânica ou argilas siltosas orgânica, cinza escura, fofa ou muito mole, até a cota -3,00. A partir desta cota, seguem-se camadas de areias fina a média, cinza, pouco compacta a medianamente compacta, intercaladas com camadas de argilas siltosas, médias, até a cota -21,00 a -28,00. Após esta camada, há uma camada de silte argiloso ou silte com muita areia fina, cinza, compacto, até o limite das sondagens realizadas (cota -35,00).

2.1. Estimativa de Volume de Material da Demolição

A área total das antigas construções era de 20.949,15 m² e, considerando o indicador de geração de RCC em atividades de demolição de 0,90 ton/m², determinado por Gusmão (2008), tem-se que foi originado cerca de 18.900 ton de material ou 13.500 m³, por meio do uso do peso específico de 1,4 ton/m³ encontrado por Carneiro (2005).

2.2. Estimativa de Volume de Material do Estaqueamento

Com relação ao estaqueamento, originou-se 25.360 m³ de solo, constituídos principalmente de materiais arenosos e obtidos através da execução de 4.203 (quatro mil duzentas e três) estacas, com diâmetros variando de 400 a 600 mm e comprimento médio de 23 m (Figura 4).



Figura 4. Solo proveniente da execução da estaca.

3. METODOLOGIA

3.1. Coleta de amostra

O solo da estaca, por apresentar maior heterogeneidade, foi coletado em quatro locais e profundidades diferentes, variando entre 1,2 e 2,5 m, identificados de 1 a 4 (Figura 5). Já o RCC beneficiado foi coletado em dois dias distintos e misturado, formando uma única amostra (Figura 6).



Figura 5. Coleta da amostra de solo da estaca.



Figura 6. RCC bruto e RCC beneficiado.

3.2. Ensaios laboratoriais

No laboratório, realizou-se misturas volumétricas com 40% de solo da estaca e 60% de RCC beneficiado, identificadas de 1M a 4M, e ensaiadas de acordo com a metodologia da

Associação Brasileira de Normas Técnicas: Preparação para Ensaios de Compactação e Caracterização - NBR 6457/86; Análise Granulométrica – NBR 7181/84; Determinação do Limite de Liquidez - NBR 6459/84; Determinação do Limite de Plasticidade - NBR 7180/84; Ensaio de Compactação - NBR 7182/86.

Para a determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC) e da expansibilidade, fez-se uso da NBR 9895/87, com energia intermediária em todas as quatro situações.

3.3. Verificação da economia

Para a análise da economia buscou-se os volumes de projeto das camadas de sub-base dos pavimentos flexível e semirrígido, considerando um empolamento de 12%. Nesta ocasião, foram comparados os custos de obtenção do agregado reciclado e do agregado natural, através de dois cenários hipotéticos, onde se utilizou os custos unitários fornecidos pelo próprio canteiro de obras.

4. RESULTADOS

4.1. Granulometria

A realização dos ensaios de granulometria permitiu a construção das curvas granulométricas nas quatro situações em análise (Figura 7).

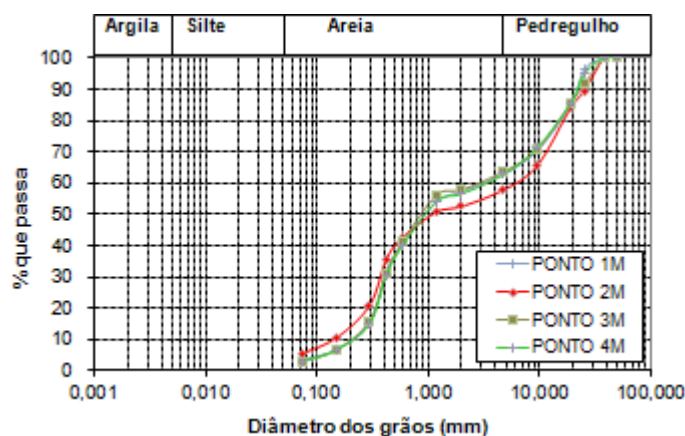


Figura 7. Curvas granulométricas.

Nota-se, a partir da Figura 7, que os pontos 1M a 4M são constituídos principalmente por materiais classificados como areia, seguido por uma quantidade considerável correspondente a pedregulhos, com as curvas bastante semelhantes.

4.2. Limite de liquidez e plasticidade

Como as amostras apresentam características próximas aos de solos arenosos, nenhuma das quatro verificações realizadas obtiveram limites de liquidez e plasticidade.

4.3. Compactação

As curvas de compactação mostram a relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca nos quatro casos investigados, quando os materiais foram submetidos ao

processo de compactação com energia intermediária e com reuso de material (Figura 8).

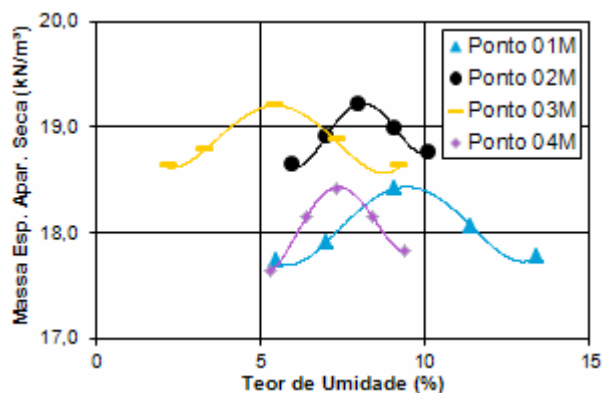


Figura 8. Curvas de compactação.

De posse dos resultados do ensaio de compactação, obteve-se as umidades ótimas variando entre 5,4% e 9,1% e as massas específicas aparente seca máxima de 18,42 a 19,22 kN/m³. Em outros estudos realizados, os valores encontrados para massa específica aparente seca de RCC foram 17,5 kN/m³ (MEDEIROS, 2008) e 16,6 N/m³ (ARAÚJO JUNIOR, 2010). Em análise comparativa, percebe-se a semelhança entre os dados obtidos nesta pesquisa e em investigações feitas por outros autores.

4.4. Índice de Suporte Califórnia

A execução deste ensaio possibilitou a determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC) e a medição da expansão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de ISC e Expansão.

Amostra	ISC (%)	Expansão (%)
Ponto 1M	84,40	0
Ponto 2M	108,10	0
Ponto 3M	129,70	0
Ponto 4M	138,00	0

Dos dados obtidos, nenhuma situação apresentou uma expansão acima dos limites exigidos pela NBR 15.116/04. Quanto ao ISC, os dados obtidos foram bem superiores aos valores estimados para a camada de sub-base do projeto de pavimentação da obra, presente no item 2, sendo de 4,22 a 6,90 vezes maiores.

4.5. Comparação entre os resultados e a NBR 15.116/04

A partir dos ensaios realizados e das características definidas pela norma NBR 15.116/04, elaborou-se a Tabela 3 para comparação dos resultados. Ressalta-se que, todos os dados disponibilizados se adequaram às especificações da referida norma.

Tabela 4. Comparação dos resultados obtidos com a norma.

Parâmetros	NBR 15.116/04	PONTOS			
		1M	2M	3M	4M
Coeficiente de uniformidade (Cu=D60/D10)	≥ 10%	16,16	43,08	14,88	16,95
Material que passa na peneira nº 40 (0,42mm)	Entre 10 e 40%	31,50	35,53	31,24	30,46
ISC (%) - Reforço do subleito	≥ 12	84,40	108,10	129,70	138,00
ISC (%) - Sub-base	≥ 20%	84,40	108,10	129,70	138,00
ISC (%) - Base	≥ 60%	84,40	108,10	129,70	138,00
ISC (%) - Reforço do subleito	≤ 1	0,00	0,00	0,00	0,00
Expansão (%) - Sub-base	≤ 1%	0,00	0,00	0,00	0,00
Expansão (%) - Base	≤ 0,5%	0,00	0,00	0,00	0,00
Dimensão característica máxima dos grãos (mm)	63,5 mm	38,10	38,10	38,10	38,10

4.6. Análise econômica

Por meio da comparação entre os cenários foi possível obter uma economia de quase 50%, apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Comparação entre os cenários.

Cenário	Pavimento	Volume de material a ser utilizado (m³)	Volume de agregado a ser obtido (m³)	Peso do cimento (kg)	Custo unitário		Custo/ material (R\$)	Custo total (R\$)
					(R\$/m³)	(R\$/kg)		
Agregado natural	Flexível	5392	5392	-	30,00	-	161.766,39	261.075,51
	Semirrígido	1864	1789	126.745,88	30,00	0,36	99.309,12	
Agregado reciclado	Flexível	5392	3235	-	30,00	-	97.059,83	130.610,21
	Semirrígido	1864	1118	-	30,00	-	33.550,38	

Tanto o agregado natural, quanto o agregado reciclado custam R\$30,00/m³, entretanto ao se considerar 40% de solo da estaca na mistura é possível obter a economia de R\$ 130.465,30.

Destaca-se que ao se utilizar o agregado reciclado não é necessário o uso de cimento na sub-base do pavimento semirrígido e caso fosse considerada a deposição deste material em aterro legalizado e os transportes este valor seria maior.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto ao longo desta pesquisa, conclui-se que resultados muito positivos foram alcançados nos ensaios de laboratório, os quais apresentaram a grande potencialidade da utilização da mistura entre o solo da estaca e o RCC beneficiado como material alternativo para compor as camadas de sub-base em pavimentação.

Em suma, este estudo aponta mais uma possibilidade de aproveitamento do RCC pela indústria da construção civil, auxiliando na adequação desta ao contexto ambiental e a conformação ao desenvolvimento sustentável por meio da reciclagem, diminuindo a poluição do meio ambiente e os gastos com a obtenção de agregados para pavimentos.

REFERÊNCIAS

- ABELPRE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010. Disponível em: <http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/Panorama2010.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2012.
- Araújo Júnior, E. L. Uso de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em estacas de Compactação para Melhoramento de Solos. 2010. 166p. Dissertação (Mestrado) Recife: Universidade de Pernambuco; 2010.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459. Solo - Determinação do Limite de Liquidez – Procedimento. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. NBR 7180. Solo - Determinação do Limite de Plasticidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. NBR 7181. Solo - Análise Granulométrica - Procedimento. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. NBR 6457. Preparação de amostras de solo para ensaio normal de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
- _____. NBR 7182. Solo - Ensaio de Compactação - Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.
- _____. NBR 9895. Solo - Índice de Suporte Califórnia - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. NBR 15.116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
- CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Construção Civil: Desempenho e Perspectivas. Informativo Econômico. Brasília, 2011.
- Carneiro, F. P. Diagnóstico e Ações da Atual Situação dos Resíduos de Construção e Demolição na Cidade do Recife. 2005. 131 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.
- Google. 2012. Disponível em <http://maps.google.com.br>. Acessado em 15 de janeiro de 2012.
- Gusmão, A. D. Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil. 140p. Recife/PE. Gráfica Editora, 2008.
- Motta RS. Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego. 2005. 160 p. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005.
- Medeiros Junior RA. Aproveitamento de Agregado Reciclado de Resíduos da Construção Civil para Produção de Argamassa com Uso em Estacas de Compactação. 2008. 84 p. Recife: Relatório de Iniciação Científica Pibic/UPE; 2008.
- Pinto, T. P.; Gonzáles, J. R. L. Manejo e Gestão de Resíduos da Construção Civil. Ministério das Cidades, Brasília, 2005.
- SOLOSSANTINI. 2012. Disponível em <<http://www.solossantini.com.br/interna.asp?id=23>>. Acessado em 15 de janeiro de 2012.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao grupo AMBITEC – Grupo de Pesquisa em Engenharia Aplicada ao Meio Ambiente – da Escola Politécnica de Pernambuco/Universidade de Pernambuco e à FACEPE por financiar esta pesquisa.