

REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR RESÍDUOS SÓLIDOS ORIUNDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PELO USO EM PAVIMENTAÇÃO

Bismak Oliveira de Queiroz

Graduando em Engenharia civil pela Universidade Federal da Paraíba.

Ricardo Almeida de Melo*

Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba. Engenheiro civil com doutorado em engenharia civil, na área de transportes. Desenvolve pesquisas na área de pavimentação sobre materiais, projeto e gerência de pavimentos.

Endereço* : Campus I, Cidade Universitária, João Pessoa/PB, CEP 58.051-900. Fone: (83) 3216-7355. e-mail: ricardo@ct.ufpb.br

RESUMO

O aumento no crescimento do setor da construção civil gera uma grande quantidade de resíduos sólidos, que não tendo uma destinação nobre, pode contribuir de maneira significativa para o aumento de impactos ambientais e de poluição visual. Dessa forma, o uso dos resíduos da construção e demolição (RCD) em pavimentação é vista como uma maneira de reduzir os impactos ambientais gerados pela deposição irregular desses resíduos. Esse trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade técnica de agregados reciclados, obtidos pelo beneficiamento dos resíduos sólidos gerados em obras de construção civil, para uso em camadas de pavimentos urbanos. Para tal, foram realizados ensaios de classificação, caracterização física (granulometria) e resistência mecânica (compactação e Índice de Suporte Califórnia). De acordo com NBR 15116 (ABNT 2004), o material estudado foi classificado como sendo agregados de resíduo misto (ARM), atendeu aos requisitos gerais e específicos para agregado destinado a pavimentação, sendo, portanto, possível sua aplicação na execução de reforço de subleito de pavimentos urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo sólido, construção civil, agregados reciclados, pavimentos urbanos, impacto ambiental.

INTRODUÇÃO

O uso de materiais não-convencionais em pavimentação, a exemplo dos resíduos sólidos da construção civil, representa uma alternativa de reduzir custos de obras rodoviárias. Além disso, essa ação coopera com a redução dos impactos ambientais causados pela deposição irregular dos resíduos sólidos oriundos da construção civil.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta quatro classificações para os resíduos sólidos da indústria da construção civil. Segundo a ABNT (2004), materiais classificados como classe A, que são resíduos oriundos de construção, demolição, reformas, reparos e terraplanagem, tais como: concreto, tijolo, telha, azulejo, revestimento, solo entre outros que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados, podem ser utilizado em pavimentação desde que atendam aos requisitos listados nas tabelas 1e 2.

Segundo Queiroz e Melo (2010), os resíduos sólidos gerados em obras de construção civil do município de João Pessoa/PB podem ser aplicados em reforço de subleito de pavimentos urbanos. Ainda de acordo com esses autores, os resíduos podem apresentar ganhos de resistência com o passar do tempo, o que pode contribuir ainda mais para a aplicação desses resíduos em camadas de pavimentos.

Silva, M. G. B., Silva, B. T. A. e Barroso (2008) estudaram a possibilidade de aplicar resíduos da construção e demolição em pavimentos no município de Fortaleza/CE, através da mistura de um resíduo graúdo, de um resíduo miúdo e solo existente na cidade de Fortaleza. O estudo mostrou que os agregados reciclados misturados com o solo são tecnicamente viáveis para a execução de camadas de base e sub-base de pavimentos de pequeno e médio volume de tráfego.

Tabela 1: Requisitos gerais para agregado reciclado destinado a pavimentação.

Propriedades	Agregado reciclado classe A		Normas de Ensaio	
	Graúdo	Miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo
Composição granulométrica	Não uniforme e bem graduado Com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$		ABNT NBR 7181	
Dimensão máxima característica	≤ 63 mm		ABNT NBR NM 248	
Índice de forma	≤ 3	-	ABNT NBR 7809	-
Teor de material passante na peneira de 0,42 mm	Entre 10% e 40%		ABNT NBR 7181	
Contaminantes- Teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Materiais não minerais de mesmas características ¹⁾	2	Anexo A	Anexo B
	Materiais não minerais de características distintas ¹⁾	2	Anexo A	Anexo B
	Sulfatos	2	ABNT NBR 9917	
¹⁾ Para os efeitos desta norma, são exemplos de materiais não minerais: madeira, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos.				

Tabela 2: Requisitos específicos para agregado reciclado destinado a pavimentação.

Aplicação	ISC (CBR) %	Expansibilidade %	Energia de compactação
Material para execução de reforço de subleito	≥ 12	$\leq 1,0$	Normal
Material para execução de revestimento primário e sub-base	≥ 20	$\leq 1,0$	Intermediária
Material para execução de base de pavimento ¹⁾	≥ 60	$\leq 0,5$	Intermediária ou modificada
¹⁾ Permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com $N \leq 10^6$ repetições do eixo padrão de 8,2 tf (80kN) no período de projeto.			

A deposição de resíduos da construção civil está se tornando cada vez mais inviável devido o aumento nos custos de eliminação desses resíduos e o aumento com as preocupações ambientais. Portanto, a reciclagem desses resíduos é vista como uma opção viável para solucionar o problema da deposição dos resíduos, e como uma alternativa de preservar os recursos naturais, que são limitados (SUMDEA e ABBAS, 2006; POON; QIAO; CHAN, 2006).

Países como a China e Coréia estudam maneiras de solucionar o problema da deposição dos resíduos gerados pela construção civil. Na China, por exemplo, um estudo mostrou que é possível misturar agregados reciclados de concreto e tijolo cerâmico para produzir materiais de sub-base granular (POON e CHAN, 2006). Já na Coréia, estudos revelam que concreto feito a partir de agregados reciclados apresentam limitações significativas de resistência, sendo, portanto, viável usá-los em bases granulares (CHO e YEO, 2003). Várias Cidades do Brasil e do mundo tem usado agregados reciclados de concreto em pavimentos, uma vez que o uso desses materiais tem-se mostrado viáveis, devido sua disponibilidade, assim como a existência de tecnologia para reciclagem (HORTEGAL; FERREIRA; SANT'ANA, 2009).

Desta forma, essa pesquisa representa a continuidade de estudos realizados anteriormente (Melo *et al.*, 2008; Nóbrega e Melo, 2008), com o objetivo de verificar a viabilidade técnica dos agregados reciclados - obtidos pelo beneficiamento dos resíduos sólidos gerados em obras de construção civil - para uso em camadas de pavimentos urbanos. A viabilidade técnica foi verificada através de ensaios de classificação, caracterização física e resistência mecânica, e comparação com normas vigentes.

METODOLOGIA

O material utilizado na pesquisa foi obtido na usina de reciclagem do município de João Pessoa-PB, como mostra a figura 1. A pesquisa teve início com a revisão da literatura, em seguida foi feita a coleta do material na usina e realizado ensaios de classificação, de caracterização física (granulometria), de resistência mecânica (Compactação e Índice de Suporte Califórnia), segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e por último realizado análise estatística.



Figura 1: usina de reciclagem do município de João pessoa/PB.

Após a coleta do material na usina, foi determinada a composição do mesmo através da separação manual e visual, conforme determina a NBR 15116 (ABNT, 2004). A figura 2 mostra o material utilizado no estudo.

O trabalho teve continuidade com a realização de cinco ensaios de granulometria, de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 1984), tendo como objetivo determinar as dimensões das partículas e as proporções relativas em que elas se encontram, através de peneiramento e da sedimentação. Além disso, os resultados obtidos nesse ensaio permitiram determinar a dimensão máxima característica, o coeficiente de uniformidade e do percentual passante na peneira de 0,42mm (Nº 40) do material estudado.



Figura 2: Material utilizado no estudo.

Em seguida, foram realizados três ensaios de compactação na energia normal, de acordo com a NBR 7182 (ABNT, 1984). Desse ensaio foram obtidas as curvas de compactação e determinado os valores médios de massa específica seca máxima e umidade ótima. Neste ensaio o material é submetido a um procedimento mecânico ou manual que reduz o volume de seus vazios até um ponto onde o seu peso específico aparente é máximo e sua umidade correspondente é denominada ótima, fazendo com que sua resistência aumente, tornando-o mais estável.

Por último, foi realizado o ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC), conforme a NBR 9895 (ABNT, 1987). O ISC simula a resistência mecânica do material quando sujeito ao tráfego de veículos. Neste ensaio, mede-se a resistência a penetração, em porcentagem, de um pistão de diâmetro padronizado nos agregados em relação aos materiais convencionais usados em pavimentos.

RESULTADOS OBTIDOS

O material foi separado por análise visual, segundo a NBR 15116 (ABNT 2004). Segundo esta norma, agregado de resíduo de concreto é aquele cuja soma de fragmentos que apresentam pasta de cimento e rocha em mais de 50% do volume maior ou igual a 90%, caso contrário, o agregado é considerado como sendo agregado de resíduo misto. De acordo com inspeção visual, o material foi classificado como agregado de resíduo misto. A Figura 3 mostra a composição do material.

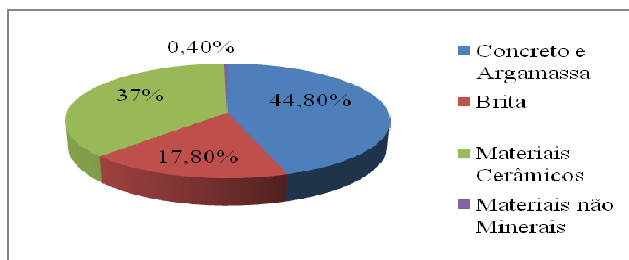


Figura 3: composição dos agregados estudados.

Após a classificação, foi realizado o ensaio de granulometria com cinco amostras, após uma análise estatística foi realizada, cujo resultado está na figura 4.

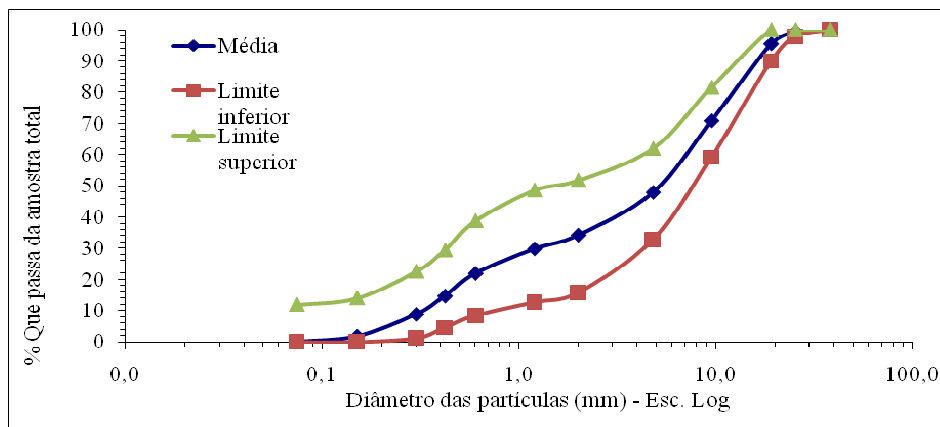


Figura 4: curva granulométrica do material estudado.

A composição granulométrica do material foi: 66% pedregulho, 18% areia grossa, 14% areia fina e 2% de finos. A partir da curva granulométrica, foram determinados o coeficiente de uniformidade, dimensão máxima característica e teor de material passante na peneira de 0,42 mm. Os resultados obtidos foram comparados com os valores estabelecidos pela NBR 15116 (ABNT 2004) para agregado reciclado destinados a pavimentação, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3: Resultados do ensaio de granulometria.

Parâmetro	\bar{X}	$X_{máx}$	$X_{mín}$	Especificado pela NBR 15116 (ABNT, 2004)
C_u	21,2	27,6	14,7	Mínimo: 10
% que passa 0,42mm	16,2%	21,5%	10,9%	Entre 10% e 40%
$d_{máx}$	16,4	19,7	13	Máximo: 63 mm

O material estudado atendeu a todos os requisitos gerais para agregado destinado a pavimentação especificada pela NBR 15116 (ABNT, 2004), a exemplo da dimensão máxima característica, do coeficiente de uniformidade e do percentual de material passante na peneira de 0,42mm, conforme mostra a tabela 3.

Após, foi realizada a compactação do material com três amostras utilizando a energia de compactação normal. A Figura 5 mostra as curvas obtidas no ensaio de compactação.

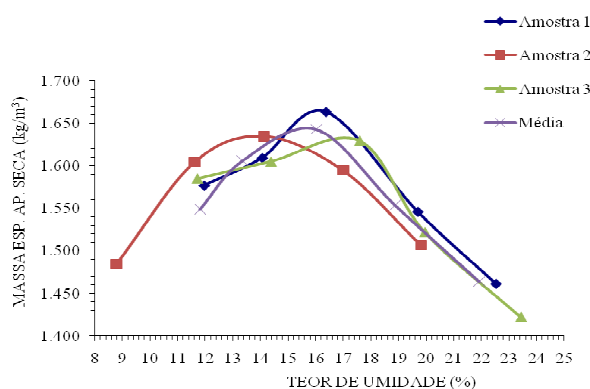


Figura 5: curvas de compactação.

Foi obtido um valor médio de 15,8% para a umidade ótima e de 1.645Kg/m³ para a massa específica seca máxima, conforme mostra a tabela 4.

Tabela 4: Resultados dos ensaios de compactação.

Parâmetro

Amostra	Umidade ótima (%)	Massa específica seca máxima (Kg/m ³)
1	16,3	1,665
2	14,0	1,635
3	17,0	1,635

O último ensaio a ser realizado foi o de Índice de Suporte Califórnia (ISC). O material apresentou um ISC de 19% e uma expansão de 0,05%. Confrontando os resultados obtidos no ensaio de Índice de Suporte Califórnia com os valores da tabela 2, verifica-se que o material estudado pode ser aplicado na execução de reforço de subleito.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nos ensaios e comparando-os com os valores estabelecidos pela norma, verifica-se que o material estudado apresenta um forte potencial de uso na execução de reforço de subleito de pavimentos urbanos. Portanto, o estudo pode comprovar que é possível reduzir impactos ambientais causados por resíduos sólidos oriundos da construção civil através da aplicação desses resíduos em pavimentação.

Contudo, é necessária a realização de mais estudos que comprovem a viabilidade técnica do uso de agregados reciclados em camadas de pavimentos. Além disso, é importante que as autoridades criem condições para que todo agregado produzido seja reciclado e reutilizado na forma de material alternativo para pavimentação, contribuindo, assim, para a redução de impactos ambientais e custos com transporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação: Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto sem Função Estrutural: Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo: Análise granulométrica: Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo: Ensaio de Compactação: Rio de Janeiro, 1986.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895**: Solo: Índice Suporte Califórnia: Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
6. CHO, Y. H. e YEO, S.. **Application of aggregate recycled from construction waste to highway pavement**. In: TRB 86 th Annual Meeting. Proceedings (CD-ROM). Transportation Research Board. Washington. 2003. 24 p.
7. HORTEGAL, M. V., FERREIRA, T. C. e SANT'ANA, W. C.. **Utilização de agregados resíduos sólidos da construção civil para pavimentação em São Luís – MA**. pp. 1-15.

8. MELO, R. A.; NÓBREGA, R. D. e S. R. H. ASSIS. Caracterização Mecânica de Resíduos Sólidos da Construção Civil para Pavimentação de Vias Urbanas em João Pessoa, Brasil: Resultados Preliminares. In: TENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON CONVENTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES, 2008, Rio de Janeiro. **Anais**.
9. MELO, R. A. e NÓBREGA, R. D. Uso de agregados de resíduos da construção civil na pavimentação urbana em João Pessoa. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO, 2009, Feira de Santana **Anais**.
10. PARANAVITHANA, S. e MOHAJERENI, A.. **Effects of recycled concrete aggregates on properties of asphalt concrete**. Resources, Conservation and Recycling 48 (2006). pp 1-12.
11. POON, C. S. e CHAN, D.. **Feasible use of recycled concrete aggregates and crushed clay brick as unbound road sub-base**. Construction and Building Materials 20 (2006). pp. 578-585.
12. POON, C. S., QIAO, X. C. e CHAN, D.. **The cause and influence of self-cementing properties of fine recycled concrete aggregates on the properties of unbound sub-base**. Waste Management 26 (2006). pp. 1166-1172.
13. QUEIROZ, B. O. e MELO, R. A. **Uso de resíduos sólidos gerados pela construção civil em pavimentação na cidade de João Pessoa**. Relatório (Iniciação Científica). 14 p.. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
14. SILVA, M. G. B., SILVA, B. T. A. e BARROSO, S. H. A.. Um primeiro estudo dos resíduos de construção e demolição da construção civil para aplicação em camadas de pavimentos na cidade de Fortaleza. In: 15ª REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 2008, Salvador. **Anais**.