



III-409 - UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA PAVIMENTAÇÃO EM SÃO LUÍS – MA

Mylane Viana Hortegal⁽¹⁾

Acadêmica de Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão.

Walter Canales Sant'Ana⁽²⁾

Prof^o. MSc. do Departamento de Expressão Gráficas e Transporte – Orientador

Endereço⁽¹⁾: Rua 8 Quadra 38 Casa 18, Conjunto Henrique de La Roque – São Cristóvão – São Luís - MA - CEP: 65056-020 - Brasil - Tel: (98) 3245-6036 - e-mail: mylahortegal@hotmail.com

RESUMO

O emprego de agregados reciclados na construção de pavimentos pode ser interessante, principalmente porque obras de pavimentação consomem grandes quantidades de material e nelas podem ser utilizados vários tipos de resíduo sólido. A escassez ou alto custo de materiais para constituir camadas subjacentes de pavimento em vias urbanas, torna atrativo o aproveitamento desses resíduos como agregado, sobretudo nas camadas de sub-base e base. Com o aperfeiçoamento de técnicas na pavimentação, o uso de materiais reciclados torna-se uma fonte renovável, ajudando na preservação ambiental, na redução de custos de transporte e na qualidade de vida, já serão aplicados na pavimentação de vias urbanas. Tal estudo servirá como base para serviços de pavimentação em vias de baixo volume de tráfego que geralmente beneficia as comunidades mais carentes desprovidas de qualquer tipo de pavimento nas regiões periféricas da cidade. O resultado da composição da densidade média dos resíduos classificados como entulho, com remoção mecânica, na cidade de São Luís é igual a $1,04t/m^3$, e o volume desses entulhos corresponde a $10.483m^3/mês$, resultando em $10.903t/mês$. Este trabalho mostra que os coeficientes de uniformidade (C_u) e de curvatura (C_c) indicam se o material em estudo apresentava ou não uniformidade, preocupando-se com a ocorrência dos vazios, que levam a maiores quebras durante o processo de compactação ou pelo tráfego após conclusão da obra.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Pavimentação, Reciclagem.

INTRODUÇÃO

Com a Segunda Guerra Mundial, o padrão social americano centrado na associação de qualidade de vida ao consumo, passou a alimentar o consumismo e iniciou-se a era dos produtos descartáveis, resultando em uma grande quantidade de resíduos gerados. Ao que tudo indica até o final da década de 80, 95% dos resíduos gerados nos EUA, tiveram como destino final os aterros. O reflexo do consumo de bens materiais, agregado ao processo de urbanização, está nos volumes cada vez maiores de resíduos gerados, agravando ainda mais os problemas relacionados à disposição final de resíduos sólidos, de acordo com ORSATI (2006).

Ao longo das últimas décadas, pesquisadores brasileiros e estrangeiros estão caracterizando e estudando formas de aproveitamento técnico-econômico-ambiental dos denominados Resíduos de Construção e Demolição (RCD) ou simplesmente entulhos, que são gerados pelo progresso humano, pela necessidade de se dominar e transformar a natureza a seu benefício. Através de novas construções, reformas ou demolições daquelas já existentes, gera-se RCD que compõe a maior parte do lixo dos grandes centros urbanos, em São Luís, a Prefeitura Municipal coleta mensalmente $12.000t/mês$. O Aterro da Ribeira Localizado em São Luís, recebe a coleta de $460t/dia$ referente a resíduos hospitalares, de construção e matéria orgânica.

O RCD por ser um material nobre do ponto de vista de engenharia, normalmente se apresenta resistente e com baixa expansão. Estas características indicam o seu grande potencial de reciclagem como agregado para pavimentação. Estudos analisando as propriedades físicas, químicas e mecânicas do RCD para utilização em pavimentação vêm sendo desenvolvidas no Brasil desde a década de 80 (TRICHÊS e KRYCKYJ, 1999 apud MOTTA, 2005).

A importância da pavimentação é constantemente realçada como sendo uma forma de redução dos custos de transporte, mas de difícil quantificação dos benefícios que são igualmente relevantes, uma vez que promove a integração social, e o acesso garantido em qualquer época do ano, além da redução do pó (conseqüentemente levando à redução de doenças respiratórias), contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população.



MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia foi aplicada de modo a conhecer o resíduo sólido oriundo da construção civil produzido na cidade de São Luís, através do estudo de obras civis típicas ocorridas na cidade conforme as regiões geradoras. Elas serão caracterizadas em consonância com as zonas urbanas definidas no Plano Diretor da cidade de São Luís. As zonas urbanas foram percorridas buscando identificar as obras típicas que resultará numa classificação segundo a geração de resíduos da construção civil.

Dentre as obras consideradas típicas de cada zona, foram escolhidas algumas para estudo do seu RCD (figura 1), sendo feita a coleta do material, de maneira a identificar as prováveis diferenças na composição do mesmo.

As quantidades coletadas foram usadas apenas para esta primeira fase do trabalho, visto à dificuldade encontrada na liberação de uma grande quantidade de material e em outros casos a autorização para a coleta do mesmo; além do período chuvoso que dificultou na coleta em algumas fases das obras.

Após a coleta do material, o mesmo foi transportado ao Laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação da UEMA, e foi feita a identificação e classificação através de caracterização visual, separação por tipo de material e por fim pesagem. A atual sistemática de disposição dos RCC será estudada através do conhecimento e acompanhamento da operação da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos, ou mesmo das operações clandestinas, buscando identificar prováveis agressões ao meio-ambiente.

As etapas de caracterização física e de propriedades mecânicas caberão a outros subprojetos, bem como o dimensionamento de pavimentos utilizando os resultados dos ensaios. Nos resultados durante a fase de caracterização das áreas obtivemos a identificação das zonas contatando a que tipo de área pertencia, seja ela residencial, comercial, ou de proteção ambiental, conforme a tabela 1.

Com o reconhecimento das diversas áreas, pudemos constatar que o RCD apesar de estarem em zonas com objetivos diferentes, obteve a mesma caracterização visual, além de apresentarem o problema ambiental, a questão do bota-fora deste material.



Figura 1: Fotos da maquete e da instalação de uma URPV de São Luís - MA.

**Tabela 1: Relação de zonas existentes na cidade de São Luís – MA.**

Zona Residencial 1	ZR1	Zona de Reserva Florestal	ZRF
Zona Residencial 2	ZR2	Zona de Interesse Social 1	ZIS1
Zona Residencial 3	ZR3	Zona de Interesse Social 2	ZIS2
Zona Residencial 4	ZR4	Zona Industrial 1	ZI1
Zona Residencial 5	ZR5	Zona Industrial 2	ZI2
Zona Residencial 6	ZR6	Zona Industrial 3	ZI3
Zona Residencial 7	ZR7	Corredor Primário	ZP
Zona Residencial 8	ZR8	Corredor Consolidado 1	CC1
Zona Residencial 9	ZR9	Corredor Consolidado 2	CC2
Zona Residencial 10	ZR10	Corredor Secundário 1	CS1
Zona Residencial 11	ZR11	Corredor Secundário 2	CS2
Zona Turística 1	ZT1	Corredor Secundário 3	CS3
Zona Turística 2	ZT2	Corredor Secundário 4	CS4
Zona Administrativa	ZAD	Corredor Secundário 5	CS5
Zona Central	ZC	Corredor Secundário 6	CS6
Zona de Preservação Histórica	ZPH	Corredor Secundário 7	CS7
Zona de Proteção Ambiental 1	ZPA1	Corredor Secundário 8	CS8
Zona de Proteção Ambiental 2	ZPA2	Corredor Secundário 9	CS9
Zona de Segurança ao Aeroporto	ZSA	Zona Rural	SRU

Durante a fase de coleta do RCD, pudemos identificar que tipo de resíduo era gerado, e qual o destino do mesmo, de forma que na fase inicial da obra, a grande parte do material, exceto ferros, alumínio, madeira, plástico, eram utilizadas para aterro. Em uma segunda fase, durante a construção, o resíduo que ia sendo gerado era descartado, seja com a utilização de Caminhões da Prefeitura, ou Carroceiros, que se encaminhavam de dar um destino às vezes ilegal para este tipo de material. A Prefeitura de São Luís criou então o sistema de disque entulho, que conveniou empresas para receberem o serviço de coleta do resíduo gerado, sendo que para as empresas de construção civil, adotou o sistema de enviar contêineres para os canteiros a fim de serem colocados os materiais que serviriam para a destinação final. Esta destinação seria levar estes materiais para as Unidades Receptoras de Pequenos Volumes (URPV's), que estão sendo instaladas na cidade para posteriormente atenderem a Usina Recicladora que será instalada (figura 2).

**Figura 2: Fotos da maquete e da instalação de uma URPV de São Luís - MA.**

A caracterização física do agregado reciclado tem uma grande importância no estudo da aplicação deste material na estrutura do pavimento, visto que suas propriedades físicas estão relacionadas à resistência quando submetido à ação do tráfego. Foram analisados os seguintes aspectos físicos do agregado reciclado: natureza dos materiais constituintes e distribuição granulométrica. A composição do agregado reciclado (figura 3) foi feita através da catação e análise visual, separando o material de acordo com o seu tipo, resultando em grupos de: cimentícios; materiais britados; cerâmicos vermelhos; piso; material fino; resíduos indesejáveis.

A análise granulométrica do agregado reciclado foi feita por meio de peneiramento de acordo com a especificação NBR 7181 (1984). Os resultados obtidos com o ensaio de é expresso por meio da curva granulométrica, conforme figura 4.

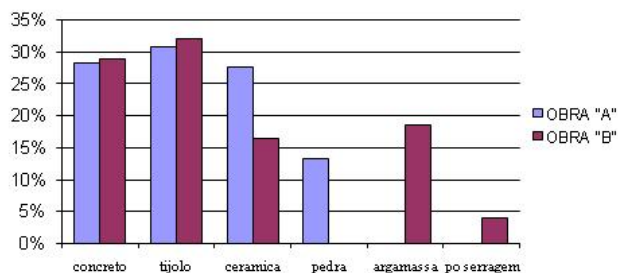


Figura 3: Composição do resíduo coletado nas obras A e B.

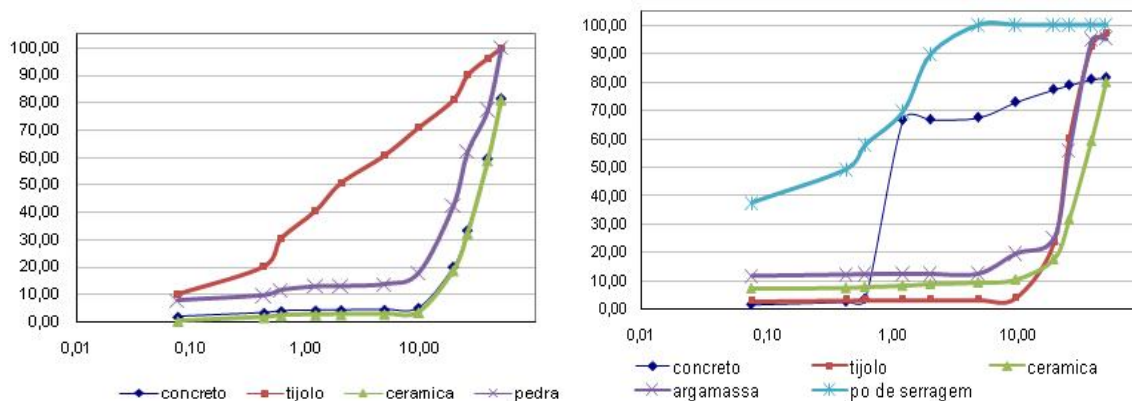


Figura 4: Curva Granulométrica dos resíduos coletado nas obras A e B.

A representação gráfica do resultado do ensaio de granulometria é resultante da curva granulométrica, a partir da qual podemos separar materiais grossos de finos, assim como identificar o diâmetro das partículas (D_{10} - diâmetro da partícula para o qual se tem 10% das partículas passando). Também de acordo com a curva granulométrica o material pode ser classificado como bem graduado, caso ele possua uma ampla faixa de tamanho de partículas com uma distribuição contínua de diâmetros equivalentes, ou mal graduados, caso ele possua uma curva granulométrica que apresente ausência de grãos numa dada faixa. O coeficiente de uniformidade (C_u) e curvatura (C_c) são outros parâmetros que é possível calcular. Valores de $C_u < 5$ representam solos muito uniformes, $5 < C_u < 15$ uniformidade média e $C_u > 15$ solo não uniforme. Valores de $1 < C_c < 3$ representa um solo bem graduado e $1 > C_c$ ou $C_c > 3$ representa um solo mal graduado.

A partir de dados dos coeficientes (tabela 2), pode-se notar que o material apresentou uma uniformidade muito alta, o que para o uso na pavimentação não é aconselhável devido apresentar uma graduação aberta, logo a probabilidade de ocorrer vazios é alta, sendo assim, é necessário durante futuros ensaios de caracterização mecânica, misturar o agregado com solos da região no intuito de se conseguir diminuir os vazios existentes.

Tabela 2: Relação dos coeficientes de não uniformidade das Obras "A" e "B".

	OBRA "A"		OBRA "B"	
	CU	CC	CU	CC
Concreto	0,33	1,23	0,74	0,84
Tijolo	0,15	0,07	0,47	1,37
Cerâmica	0,35	1,12	0,13	3,27
Pó serragem	sem material		não é possível determinar	
Pedra	0,02	19,60	sem material	
Argamassa	sem material		não é possível determinar	



CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil é de uso promissor na construção de bases de pavimentos (para baixo volume de tráfego); de sub-bases pois garante uma redução da deformabilidade da estrutura quando bem compactado; e reforços do subleito, em substituição aos materiais convencionais. Tais resultados são oriundos de experimentos já realizados em diversos países e estados, tais como Itália, Holanda, São Paulo e Minas Gerais, por exemplo.

A análise da natureza dos materiais constituintes nas Obras “A” e “B” indicam como materiais predominantes os cerâmicas (azulejos), com 31%, e concreto com 29%; para ambas. Muitos ensaios mostraram que a composição do agregado reciclado é um aspecto muito importante no seu emprego, pois influencia diretamente suas propriedades físicas. Baseado nisso a partir da análise granulométrica percebe-se que o material é muito uniforme, logo apresenta uma mal graduação, levando a ocorrência de vazios, o que para a pavimentação não é adequado; logo com a conclusão dos ensaios de caracterização mecânica, o agregado passará a adotar outras características físicas devido a mistura com solos que servirão de amostras para camadas de pavimentos.

Espera-se que a parte inicial desta pesquisa atenda a comunidade científica voltada à pavimentação e principalmente oriente os dirigentes públicos e empresários ligados à construção civil e pavimentação para que possam reutilizar este material e contribuir para maior sustentabilidade do setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo – análise granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
2. _____. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. 2004.
3. LEITE, F. C., Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Transportes. SP, 2007.
4. MOTTA, R. S., Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Transportes. SP, 2005.
5. OLIVEIRA, J. C. de, Indicadores de Potencialidades e Desempenho de Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Pavimentos Flexíveis, 2007. (ENC/ FT/ UnB, Doutor, Geotecnia, 2007). Tese de Doutorado - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 2007.
6. ORSATI, A. S., Análise de impactos ambientais e econômicos na escolha de locais para disposição final de resíduos sólidos. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil na Área de Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais. Ilha Solteira, SP, 2006.