

CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS REGIONAIS DE MANAUS PARA CONSTRUÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL

IRACI MAGALHÃES MESSIAS^{1*}, VALDETE SANTOS DE ARAÚJO²,
CARLA DE SOUZA CALHEIROS³

¹ Acadêmica de Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM. Fone: (92) 98121-4913, iraci_messias@hotmail.com

² Dra. Professora Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM. Fone: (92) 98282-5507, eng.valdete@gmail.com

³ Dra. Professora Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM. Fone: (92) 98123-5500, carlasc2@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: O uso de pavimentos permeáveis em áreas urbanas propicia a melhoria da qualidade da água, a redução da vazão drenada superficialmente e o aumento da recarga de água subterrânea. Os pavimentos permeáveis podem ser classificados como medidas de drenagem não estruturais, já que atuam no local da edificação, reduzindo o escoamento superficial e evitando a saturação do sistema de drenagem. O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização de materiais comercializados em Manaus para a fabricação de pavimento permeável. Foram realizados ensaios de caracterização dos materiais componentes das camadas do pavimento, desde o subleito ao revestimento obtendo resultados favoráveis para a construção do pavimento.

PALAVRAS-CHAVE: caracterização, pavimento permeável, pavimento intertravado, Manaus.

CHARACTERIZATION OF MATERIAL MARKETED IN MANAUS FOR THE MANUFACTURE OF PERMEABLE PAVEMENT

ABSTRACT: The use of permeable pavements in urban areas provides improved water quality, reducing the flow drained surface and increasing the groundwater recharge. The permeable pavements can be classified as non-structural drainage measurements, since they act at the site of the construction, reducing runoff and avoiding saturation of the drainage system. The objective of this study was to characterize material marketed in Manaus for the manufacture of permeable paving. Characterization tests were carried out of the component materials of the layers of the pavement obtaining favorable results to build the pavement.

KEYWORDS: characterization, permeable pavement, interlocked pavement, Manaus.

INTRODUÇÃO

Enchentes e inundações são decorrentes do processo natural do ciclo hidrológico, mas passaram a causar danos à população devido à ocupação inadequada do espaço urbano, como desmatamento de matas ciliares e ocupação dos leitos maiores dos rios. O aumento frequente da impermeabilização do solo demanda mais dos sistemas de drenagem urbana, devido ao aumento da vazão da água. Assim, a busca por sistemas que promovam o retardo da água no local serve para manter a situação anterior ao desenvolvimento urbano. Desta forma, surgem as alternativas de infiltração, detenção e retenção, que procuram favorecer os processos hidrológicos alterados durante a urbanização, com o objetivo de reconstituir as condições pré-ocupação (ACIOLI, 2005).

Nesta categoria, entram os pavimentos permeáveis que atuam no local da edificação, reduzindo o escoamento superficial, evitando a saturação do sistema de drenagem estrutural. Este sistema deve garantir que 100% da água seja infiltrada através de sua estrutura, armazenando-a na base dimensionada de acordo com a intensidade da chuva no local e as características do solo. A água pode infiltrar no solo, servindo como recarga de aquífero ou ser drenada através de tubos de drenagem (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2011).

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização de materiais comercializados em Manaus para a fabricação de um pavimento permeável e após esta caracterização, realizar o dimensionamento deste pavimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados ensaios de Granulometria, Massa Unitária Solta e Compactada com base nas normas técnicas NBR/NM 45:2006, 53:2011, assim como os ensaios de Massa Específica das britas 0, 1 e 2 utilizando amostras com cerca de 25 kg de cada material. Todos os ensaios foram repetidos para obtenção de contraprova. Para o solo a ser utilizado no subleito, foi coletada uma amostra com cerca de 40 kg de solo proveniente de uma jazida situada na cidade de Manaus, pertencente a uma construtora especializada em obras de Terraplenagem. Este material é proveniente da mesma jazida e possui as mesmas características do solo utilizado para a construção do subleito do local utilizado como base para o dimensionamento do pavimento, posteriormente. Foram realizados ensaios de Granulometria, Índice Suporte Califórnia (CBR), Limites de Plasticidade e Liquidez, Densidade Aparente, Umidade Ótima e Expansão para o solo em estudo.

Na cidade de Manaus, a Brita 2 é o agregado de maior diâmetro comercializado. Após ela há apenas a pedra rachão que é de um diâmetro muito superior ao que se necessita para a construção da sub-base do pavimento permeável. Desta forma, caracterizou-se o material da camada de sub-base, sendo a Brita 2 e o material da camada de base, sendo a Brita 1, que foram lavadas em peneira com jato de água e descartou-se tudo que passasse na peneira de abertura 2,36 mm. Foi caracterizado o material para a camada de assentamento, sendo a Brita lavada numero zero. Durante os ensaios de granulometria, houve correção do material, sendo descartado todo o material retido na peneira 12,5 mm. Também foram realizados ensaios de Massa Unitária Solta e Compactada e Massa específica.

O revestimento escolhido foram peças pré-moldadas de concreto de formato retangular, por ser o tipo mais comum utilizado na região para construção de pavimento intertravado. Houve a caracterização dos agregados para fabricação própria dos pavers e elaboração do traço do concreto, mas depois se decidiu pela não fabricação das peças, de modo a analisar se o comercio local fornece peças de qualidade. Iniciou-se uma procura pelas peças. As peças foram adquiridas no comércio da Cidade de Manaus, em duas fábricas de artefatos de concreto, ambas na Zona Norte da Cidade, peças para serem realizados ensaios de resistência à compressão. Os pavers escolhidos são do modelo Holland, de formato retangular com juntas alargadas e conforme informações da fabricante foram produzidos no dia 16/03/2015. Como base para o dimensionamento do pavimento, utilizou-se o estacionamento da sede de uma empresa local com área de 1750 m². Conforme informações obtidas, este estacionamento acumula uma alta lâmina de água em pouco tempo de precipitação. A área possui ligação com a rede de drenagem, com dispositivo de drenagem tipo boca de lobo simples.

Para o dimensionamento hidráulico utilizou-se as Equações dadas por Araújo et al (1999) e ABCP (2011) transformadas em tabelas no software Microsoft Excel que quando lançados os valores solicitados, retornaram o valor da altura da base granular. Para os dados da Chuva de projeto, calculou-se a intensidade de chuva para Manaus com base nos dados fornecidos por Fragoso (2004) e DNIT (2006), utilizando a Equação 1.

$$I = \frac{a \cdot T r^b}{(t+c)^d} \quad (\text{Equação 1})$$

Optou-se por utilizar a intensidade máxima de chuva com tempo de duração de meia hora e período de retorno de 10 anos. A altura máxima de chuva de projeto utilizada para o cálculo foi o maior volume de chuva precipitado entre os anos de 2005 e 2015 para Manaus, conforme os dados da estação 82331 fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). No cálculo da área de contribuição ao pavimento, a área da edificação não entrou na soma da área externa de contribuição do pavimento, já que a o volume de chuva escoado pelo telhado é coletado e jogado diretamente na rede de drenagem de águas pluviais. Considerou-se o coeficiente de permeabilidade do solo igual à zero, devido o sistema de pavimento a ser utilizado será do tipo sem infiltração. Para o dimensionamento mecânico, utilizou-se o número N de solicitações equivalente a ocupação máxima do estacionamento, que possui 60 vagas. Com este valor, em função do valor do CBR do solo utilizado no subleito obteve-se a espessura a ser utilizada na camada de base com base em PMSP (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os ensaios realizados, obtiveram-se os seguintes resultados mostrados nas Tabelas 1 e 2 para o material componente de cada camada do pavimento. Na Tabela 1 temos os dados obtidos nos ensaios do solo do subleito.

Tabela 1. Resumo dos Ensaios de caracterização do Solo do Subleito.

Caracterização do Solo do Subleito			
Classificação HRB	A7-6	Índice de Grupo	16
Dens. S. Máx. (g/cm ³)	1,63	F. Granulométrica	Ff
Umidade Ótima	23,60	Silte e Argila (%)	66,09
I.S.C (%)	13,80	Pedregulho (%)	0,01
Expansão (%)	0,22	Areia Grossa (%)	0,16
Limite de Liquidez (%)	52,20	Areia Média (%)	15,32
Limite de Plasticidade (%)	27,20	Areia Fina (%)	18,43
Índice de Plasticidade (%)	25,00	Coefficiente de Permeabilidade (cm/s)	5×10^{-7}

A Tabela 2 e Gráfico 1 mostram os resultados dos ensaios de granulometria, massa unitária solta e compactada, e massa específica para as Britas 2, 1 e 0, materiais componentes da sub-base, base e camada de assentamento, respectivamente. Esses resultados demonstram que é possível produzir pavimentos permeáveis com os materiais disponíveis na cidade de Manaus.

Gráfico 1. Curva Granulométrica das Britas 0, 1 e 2.

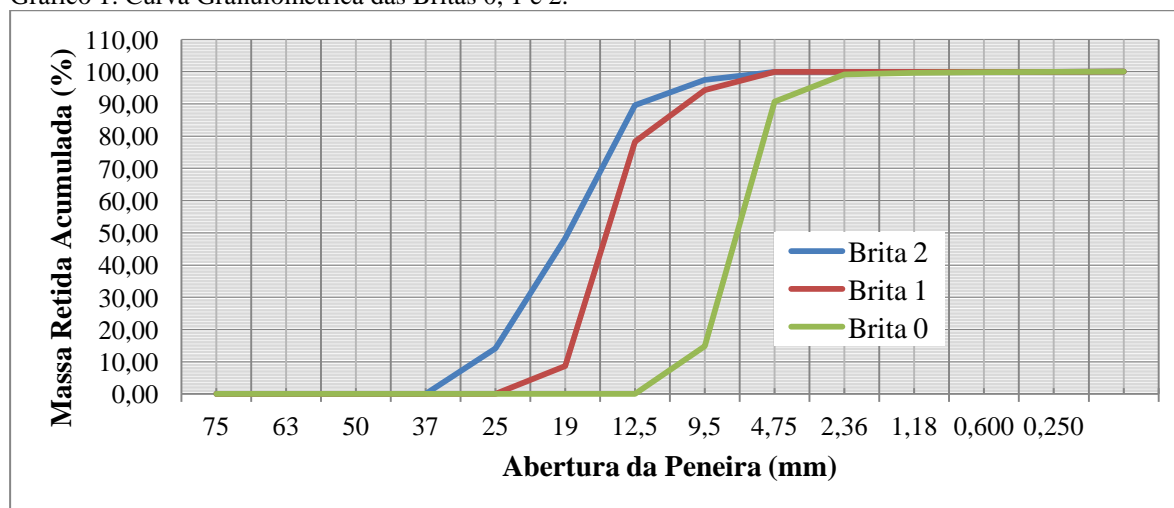


Tabela 2. Características Físicas dos materiais das camadas de sub-base, base e material de assentamento.

	Brita 2	Brita 1	Brita 0	
dmáx	37	25	12,50	mm
Mf	7,49	6,81	5,04	
φsolta	1,50	1,51	1,50	g/cm ³
φcompactada	1,57	1,58	1,53	g/cm ³
μ	2,52	2,49	2,41	g/cm ³
μ_{sss}	2,54	2,51	2,48	g/cm ³
μ_{ap}	2,58	2,54	2,59	g/cm ³
ABS	1,04	0,92	2,96	%
Índice de Vazios	38	45	-	%

Os pavers adquiridos na Fábrica 1, não chegaram a resistência mínima de 35 MPa exigida em norma (NBR 9781:2013). Os pavers da empresa ManausBlock, alcançaram a resistência de 43 MPa rompidos aos 106 dias após sua produção.

A Tabela 3 apresenta os dados usados e os resultados do dimensionamento do pavimento conforme os dados de Araújo et al (1999).

Tabela 3 – Dimensionamento do Pavimento conforme as Equações de ARAÚJO et al (1999)

Intensidade Máxima da chuva de projeto	ip	271,26	mm/h
Taxa de infiltração do solo	ie	0	mm/h
Tempo de duração da chuva	td	0,50	h
Área externa de contribuição para o pavimento	Ac	500	m²
Área do Pavimento	Ap	1750	m²
Fator de Contribuição de Áreas Externas	c	77,50	
Volume de Chuva a ser Retido pelo Reservatório	Vr	174,38	mm
Volume de Vazios	Vg	24,72	cm³
Volume de Líquidos	Vl	1565,20	cm³
Volume total da Amostra	Vt	4088,00	cm³
Porosidade do Material	f	0,39	
Altura do Reservatório	H	448,36	mm

CONCLUSÕES

O solo do subleito atingiu os requisitos possuindo CBR superior a 2%, chegando a 13%, e expansão volumétrica de 0,22%, menor que os 2% exigidos. Nas camadas de base e sub-base, as britas 1 e 2 não se encontram dentro dos limites granulométricos estipulados por Marchioni (s.d.), mas segundo o mesmo autor, permite-se granulometria fora dos limites granulométricos, desde que se mantenha o índice de vazios maior que 32%, estas que nos ensaios atingiram 38% e 45% de vazios. Obedecendo-se o uso de brita lavada de material durável com 90% de faces fraturadas e Abrasão Los Angeles < 40 e possuindo CBR superior a 80%. A camada de assentamento terá travamento suficiente com a camada de base, já que $\frac{D_{50Base}}{D_{50 Assentamento}} > 2$ e $\frac{D_{15Base}}{D_{15 Assentamento}} < 5$. Os pavers a serem utilizados no revestimento do pavimento chegaram à resistência de 43 MPa, 22% a mais que o valor solicitado em norma.

Para o dimensionamento mecânico, obteve-se o valor do número N de solicitações igual a $3,55 \times 10^3$, que em função do valor do CBR do solo adotou-se a altura mínima para a camada de base igual a 15 cm. Arbitrou-se por construir o protótipo do pavimento com base granular de 45 cm. Após esta caracterização, recomenda-se a construção de um protótipo de pavimento de modo que se possa analisar o seu desempenho como dispositivo de drenagem.

REFERÊNCIAS

- ACIOLI, Laura Albuquerque. Estudo experimental de Pavimentos Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial na fonte. Porto Alegre, 2005.
- ARAÚJO, Paulo Roberto de; et al. Avaliação da Eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. Porto Alegre, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Melhores Práticas – Pavimento Intertravado Permeável. São Paulo, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR/NM 248:2003 - Agregados – Determinação da composição granulométrica. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR/NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e volume de vazios. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR/NM 53/2011 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. 2011.
- FRAGOSO Junior, Carlos Ruberto. Regionalização da Vazão Máxima Instantânea com base na Precipitação de Projeto. ReRH – Revista Eletrônica de Recursos Hídricos Volume 1 n.1 Jul/Dez 2004, 5-13.
- MARCHIONI, Mariana L.; SILVA, Claudio Oliveira. Conceitos e Requisitos para Pavimentos de Concreto Permeável. Associação Brasileira de Cimento Portland, s.d.