

DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL INTERTRAVADO PARA TRÁFEGO MUITO PESADO

Ramon Gustavo Santos Bitencourt (1), Pedro Arns (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)ramonbit@gmail.com, (2)par@unesc.net

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo demonstrar a viabilidade técnica e econômica do uso de pavimento intertravado para tráfego, muito pesado e contínuo. A partir da coleta de amostras de quatro (4) furos de sondagem, de 1,50 metros de profundidades (conforme SENÇO 2001), foram feitos os ensaios de CBR e expansão no Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS), do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). No LMS do IDT-IPARQUE as amostras coletadas, foram submetidas aos ensaios mecânicos (CBR e Expansão). Pelos cálculos obteve o valor médio de CBR de 10,4%. No entanto, para fins do cálculo do dimensionamento do pavimento, utilizou-se o menor valor obtido que foi de 9,6%. O Número Equivalente de Operações do Eixo Padrão Característico ($N_{\text{característico}}$) utilizado foi de 5×10^7 . Demonstra-se por este estudo, que é possível o uso de intertravados, como revestimento de um pavimento, para tráfego muito pesado. Assim, é uma alternativa, ao uso do Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ), ou mesmo, de um pavimento rígido, em Concreto de Cimento.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho é um estudo de dimensionamento de pavimento flexível intertravado. O objetivo é buscar informações e determinar os métodos para a obtenção de resultados satisfatórios.

A finalidade do dimensionamento de um pavimento é calcular a espessura necessária, para que a vida útil do mesmo resista aos esforços verticais originados pelo tráfego, representado pelo Número Equivalente de Operações do Eixo Padrão Característico ($N_{\text{característico}}$) de 5×10^7 . Para alcançar o objetivo, utilizaram-se métodos

de dimensionamento já conhecidos e avalizados, quais sejam: mecânicos, empíricos e teórico-verificáveis.

Este trabalho tem por objetivo, dimensionar e avaliar, a viabilidade técnica e econômica para pavimentar ruas ou rodovias, usando como revestimento blocos Inter travados de Concreto, Paver e Briquete.

Figura 01: Rua objeto de estudo



Fonte: Google Earth.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Após uma pesquisa e revisão bibliográfica possibilitaram um embasamento teórico para tratar dos temas tratados (densidade máxima aparente seca, umidade ótima, resistência a compressão simples, etc.). Após esse, fez-se visita a campo, coletando-se amostras de solo da Rua Rio Araranguá, a ser pavimentada. Foram coletadas quatro (4) furos de sondagem, de acordo como determina as normas do Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT).

Estas amostras foram ensaiadas no Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS), do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT) – Parque Científico e Tecnológico (IPARQUE). Pelos ensaios das amostras obteve-se o Índice de Suporte Califórnia (ISC), ou *Califórnia Bearing Ratio* (CBR), cujo valor é determinante para o dimensionamento do pavimento. Os valores de CBR representam a resistência à compressão simples, cujo ensaio forneceu, ainda, o valor de expansão do solo.

De posse dos parâmetros acima mencionados, foi possível dimensionar o pavimento para um tráfego muito pesado. Adotou-se um $N_{\text{característico}}$ de 5×10^7 , para um período de vida útil de 12 anos. Os valores de N constam no quadro 6.1, de acordo com a Classificação das Vias e Parâmetros de Tráfego – Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), IP 6, p. 108.

Quadro 01: Classificação das Vias e Parâmetros de Tráfego

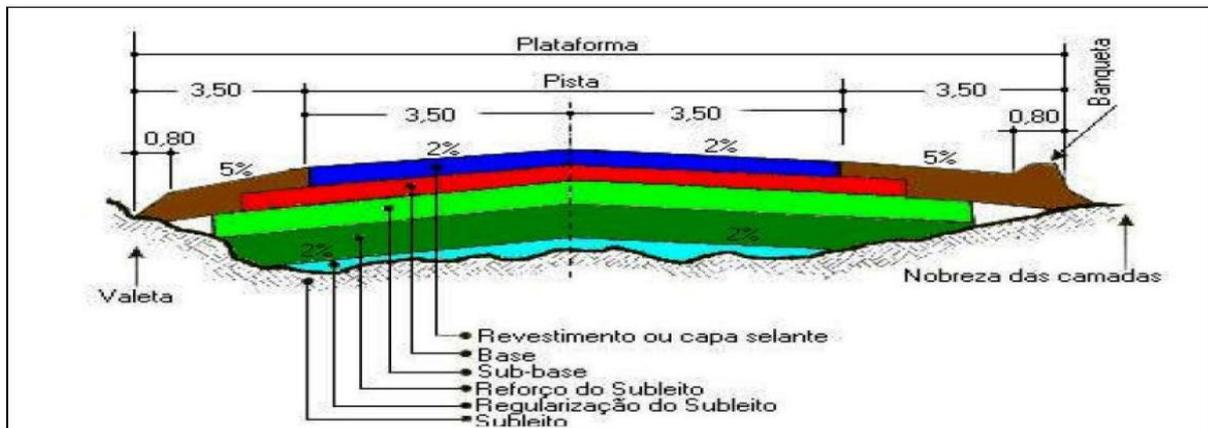
FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VIDA DE PROJETO ANOS	VOLUME INICIAL NA FAIXA MAIS CARREGADA		EQUIVALENTE POR VEÍCULO	N CARACTERÍSTICO
			VEÍCULO LEVE	CAMINHÃO E ÔNIBUS		
Via local residencial com passagem	Leve	10	100 a 400	4 a 20	1,50	10^6
Via coletora secundária	Médio	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	5×10^6
Via coletora principal	Meio Pesado	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	2×10^6
Via arterial	Pesado	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	2×10^7
Via arterial principal ou expressa	Muito Pesado	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	5×10^7
Faixa Exclusiva de ônibus	Volume Médio	12	-	< 500		10^7
	Volume Elevado	12	-	> 500		5×10^7

Fonte: PMSP,IP-06,p.108

3. TERMOS E DEFINIÇÕES

Segundo a NBR 15953/2011 e o Manual de Pavimentação do DNIT 2006, para a execução de um pavimento têm as seguintes definições:

Figura 02: Seção Transversal Típica de Pavimento Flexível



Fonte: <http://www.transportes.ufba.br/Arquivos/ENG216/CAP2.pdf>

3.1 Pavimento

Pavimento é uma superestrutura constituída por diversas camadas superpostas, construídas sobre o subleito após terraplanagem, tendo atrelado a ele funções como:

- Resistir e distribuir esforços verticais no subleito;
- Melhorar as condições de conforto e segurança;
- Resistir a esforços horizontais e tornar durável a superfície de rolamento;

3.2 Revestimento

O revestimento é a primeira camada da pavimentação e tem por objetivo receber todas as cargas atuantes sem haver grande deformação ou desagregação, resistindo aos esforços abrasivos, evitando a penetração d'água, permitindo o rolamento suave e seguro.



3.3 Base

Camada destinada a resistir e distribuir ao subleito, os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se construirá o revestimento;

Características de suporte exigidas dos materiais utilizados:

CBR \geq 80%

Expansão \leq 0,5%

3.4 Sub-base

Camada complementar à base, devendo ser usada quando não for aconselhável executar a mesma diretamente sobre o leito regularizado ou sobre o reforço, por circunstâncias técnico-econômicas, podendo ser utilizado para regularizar a espessura da base;

Características de suporte exigidas dos materiais utilizados:

CBR \geq 20%

Expansão \leq 1%

3.5 Reforço do subleito

É uma camada complementar a sub-base, quando por circunstâncias técnico-econômicas, acima da regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada que lhe for superior, porém melhores que o material do subleito;

Características de suporte exigidas dos materiais utilizados:

CBR_{subleito} < CBR_{reforço} < 20%_{sub-base}

Expansão \leq 1%

3.6 Subleito

Terreno de fundação do pavimento a fim de dar conformidade à seção transversal da área a ser pavimentada.

Características de suporte exigidas dos materiais utilizados:

CBR \geq 2%

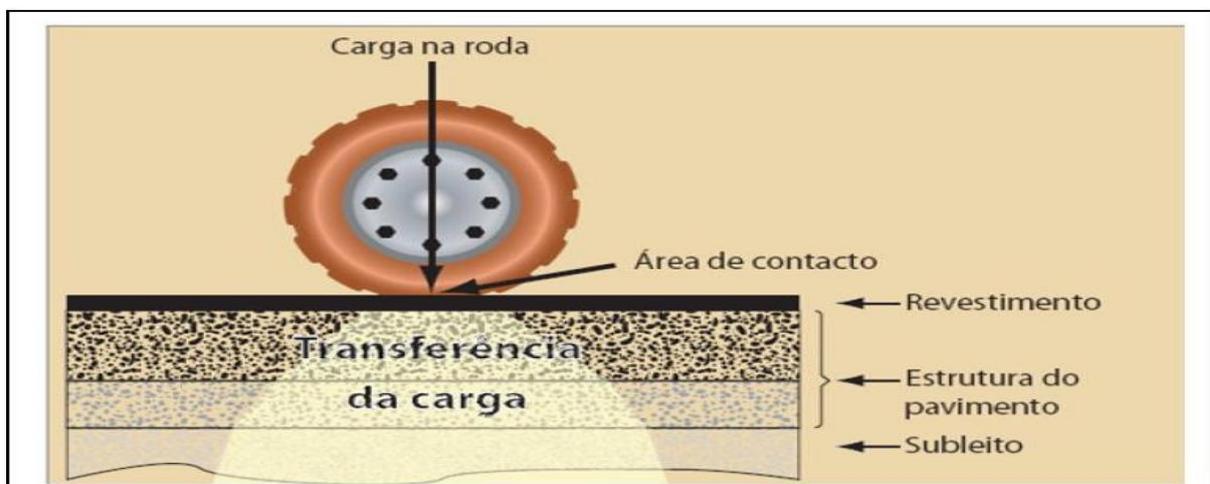
Expansão \leq 2%

4. PAVIMENTO FLEXÍVEL

Esses pavimentos são chamados de "flexíveis", pois a estrutura total do mesmo admite deflexão decorrente do número de repetições de carga do tráfego, sem romper. Conforme o SENÇO 2007 pg 23:

Pavimentos flexíveis são aqueles em que as deformações, até um certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos, que levam a estrutura a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga.

Figura 03: Distribuição de Carga na Roda Veicular Através da Estrutura do Pavimento



Fonte: <http://www.transportes.ufba.br/Arquivos/ENG216/CAP2.pdf>

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para atingir o objetivo geral proposto, o estudo contemplou a Rua Rio Araranguá, no bairro Jardim Elizabete do município de Içara – SC, na qual foram executados 04 poços de sondagem, para a coleta de amostras. Os furos de sondagem com as respectivas amostras, identificados pelas coordenadas, Latitude e Longitude, bem como a formação geológica estão representados na tabela 1.

Tabela 01: Localização e classificação geológica das amostras coletadas

Bairro Jardim Elizabete – Rua Rio Araranguá			
Furos	Latitude	Longitude	Formação Geológica
F1 – AM1	28°42'24,25"	49°17'35,45"	Serra Geral
F2 – AM1	28°42'16,42"	49°17'35,72"	Serra Geral
F2 – AM2	28°42'16,42"	49°17'35,72"	Gleissolo Háplico
F3 – AM1	28°42'09,50"	49°17'35,86"	Serra Geral
F4 – AM1	28°42'02,79"	49°17'36,04"	Serra Geral

Fonte: O Autor

Foto 01: Furo de Sondagem



Foto 02: Furo de Sondagem



Fonte: O Autor

5.1 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DO SOLO

Na tabela 02 constam os valores obtidos, nos ensaios de caracterização mecânica, das amostras coletadas na Rua Rio Araranguá, no município de Içara – SC. Os valores de CBR das amostras foram submetidas ao ensaio de compactação, para a obtenção da densidade máxima aparente seca ($\gamma_{s\text{ máx}}$) e a umidade ótima (h_{ot}). De posse desses dados, foram moldados os corpos de prova, que forneceram os valores do CBR e expansão, pelo ensaio do mesmo nome. A tabela 02 contém todos os valores obtidos, no ensaio de caracterização mecânicas das amostras.

Tabela 02: Características Mecânicas do Solo de Formação Serra Geral e Gleissolo

Rua Araranguá	Amostra	$\gamma_{s\text{ máx}}$ (g/cm ³)	h_{ot} (%)	ISC (%)	EXP. (%)
Serra Geral	F1 – AM 1	1,463	28,6	10,9	0,67
Serra Geral	F2 – AM 1	1,745	17,6	11,8	0,34
Serra Geral	F3 – AM 1	1,435	28,9	9,6	0,16
Serra Geral	F4 – AM 1	1,523	23,8	11,0	0,12
Gleissolo	F2 – AM 2	1,782	15,2	11,1	0,39

Fonte: O Autor

Foto 03: teste de expansão



Fonte: O Autor

Foto 04: teste de CBR





5.2 MÉTODOS PARA DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Neste estudo utilizou-se o método de dimensionamento do DNER, que a PMSP utiliza como parâmetro.

5.2.1 Método de dimensionamento DNER

Neste trabalho utilizamos o método de dimensionamento de pavimento, proposto pelo engenheiro Murillo Lopes de Souza, encontrado no Manual de Pavimentação do DNER.

A determinação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes do pavimento é definida pelo ensaio do CBR, adotando-se o método DNER em corpos-de-prova indeformados ou moldados em laboratório para obtenção da massa específica aparente seca e umidades ótimas, especificadas para o serviço. No método de dimensionamento do DNER com base no CBR, a estrutura do pavimento é concebida para proteger o subleito quanto à ruptura por cisalhamento ou por acúmulo de deformações permanentes.

A deformação plástica ou permanente é o tipo de deformação que ocorre no material, devido à ação de uma carga e que não é recuperável, quando a mesma deixa de existir. Medina, J. Motta (2005) ressalta que a deformação permanente do pavimento não é função somente do subleito, mas dos somatórios das contribuições de todas as camadas.

5.2.2 Dimensionamento do pavimento flexível intertravado

O estudo do subleito, de um trecho de 0,812 km, da Rua Rio Araranguá, a ser pavimentada, apresentou os valores de CBR constantes na tabela 03.

Tabela 03: Resultado do Estudo do Subleito

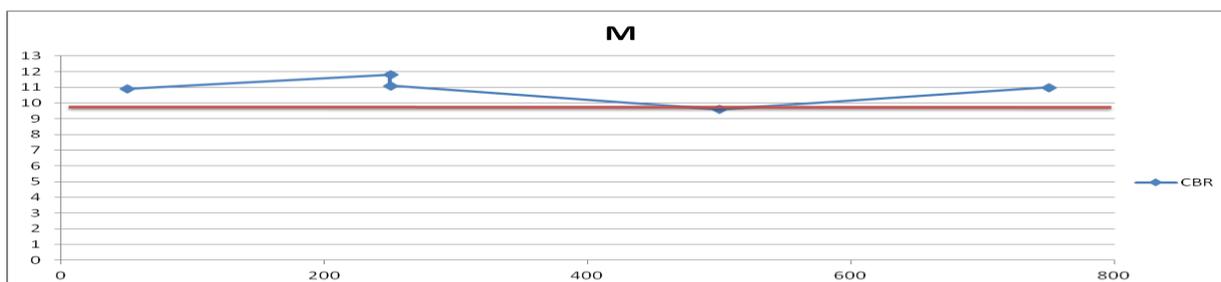
	M	CBR
AM - 1	50	10,9
AM - 2	250	11,8
AM - 3	250	11,1
AM - 4	500	9,6
AM - 5	750	11
	CBRm	10,88

Fonte: O Autor

5.2.3 Traçado dos sub-trechos

A figura 04 mostra graficamente, os valores do CBR constantes na tabela 04 para cada sub-trecho.

Figura 04: Traçado dos Sub Trechos



Fonte: O Autor

5.2.4 Definição do CBR de projeto

Para definir o CBR de projetos determina-se a frequência e as diferenças entre o CBR obtido do CBR médio cujos valores contam do quadro 02 tem os dados numericamente os valores.

Quadro 02: Definição do CBR de Projeto

SEGUIMENTO					
CBR (%)	f	CBR * f	CBR - CBRm	(CBR - CBRm) ²	f * (CBR - CBRm) ²
9,6	1	9,6	-1,28	1,6384	1,6384
10,9	1	10,9	0,02	0,0004	0,0004
11	1	11	0,12	0,0144	0,0144
11,1	1	11,1	0,22	0,0484	0,0484
11,8	1	11,8	0,92	0,8464	0,8464
	5	54,4			2,55
CBR_{MEDIO}	10,88				
DESVIO P	0,71				
t 0,90	1,33				
CBR p	10,41				

Fonte: O Autor

5.3 ESTUDO DE TRÁFEGO

Os pavimentos atendem diariamente às solicitações de cargas. Podemos classificar essas cargas da seguinte maneira:

- ✓ “Automóveis: Veículos de dois eixos e quatro rodas destinadas ao transporte de pessoas.
- ✓ Ônibus: Veículos com dois ou três eixos; o eixo dianteiro possui duas rodas e os demais, quatro rodas cada.
- ✓ Caminhões Leves (CL): Veículos com dois eixos e quatro rodas destinados ao transporte de carga leve.
- ✓ Caminhões Médios (CM): Veículos destinados ao transporte de carga, com dois eixos, o traseiro possuindo rodas duplas.
- ✓ Caminhões Pesados (CP): Veículos que possui dois eixos traseiro com quatro rodas cada e o dianteiro com duas rodas.
- ✓ Reboques (R) e Semi – Reboques (SR): Veículos constituídos por mais de uma unidade. O eixo dianteiro do veículo trator é simples com duas rodas. Os demais, possuem quatro rodas podendo ser simples, em tandem duplo ou em tandem triplo.” (GERALDO, 2012)

As leis que regulamentam as cargas a serem transmitidas no pavimento são exclusivas de cada país. No Brasil, a carga máxima permitida por eixo simples é dez (10) Toneladas. Essa regulamentação cabe ressaltar, tem caráter constitucional.



5.3.1 Método do CBR para determinação da espessura de peças pré-moldadas

Conforme o DNIT, para o dimensionamento da espessura de pavimento com blocos de concreto, costuma-se empregar o método do CBR, onde a carga a ser considerada é somente 50% da carga por roda.

Segundo SENÇO (2001, p.657) a expressão pela qual é dada a espessura do pavimento, é:

$$e = (100 + 150 \cdot \text{raiz}(P/2)) / (I_s + 5)$$

Onde:

E = espessura total do pavimento, em cm

P = carga por roda, em tf

I_s = CBR do subleito em %

De uma maneira geral, as peças de concreto de um pavimento são assentadas sobre uma camada de areia ou pó de pedra, com espessura de 4 cm. Essa camada e a peça de concreto são consideradas como base e revestimento do pavimento, cuja a espessura será (DNIT, 2005, p.151):

$$e (\text{base} + \text{revestimento}) = e (\text{peça}) + 4 \text{ cm}$$

Da espessura total do pavimento, deve ser subtraída a espessura da base + revestimento, determinando-se a espessura necessária da sub-base, que será (DNIT, 2005, p151):

$$e (\text{sub-base}) = e - e (\text{base} + \text{revestimento})$$

As espessuras constantes no quadro 03 são espessuras recomendadas pela ABCP, para o tráfego do mesmo quadro.

Quadro 03: Espessura e Resistência dos Blocos de Revestimentos

TRÁFEGO	ESPESSURA REVESTIMENTO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: PMSP, IP – 06, p.113

No calculo de dimensionamento da Rua Rio Araranguá, a camada de base, correspondente ao material granular, deve ser executada sobre o solo de fundação (subleito). O quadro 04 de acordo com a PMSP já nos fornece a espessura da base granular de acordo com o CBR do subleito e o N característico.

Quadro 04: Espessura de Base Puramente Granular (HBG) – Procedimento B

N.º de Solicitações equivalente do eixo padrão de 8,2 t (kN)	ESPESSURA DA BASE (H _{BG})											
	Valor do índice de Suporte Califórnia do Subleito											
	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	15	20	
(10 ¹)	27	21	17									
2 x 10 ³	29	24	20	17								
4 x 10 ³	33	27	23	19	17							
8 x 10 ³	36	30	25	22	19							
(10 ⁴)	37	31	26	23	20							
2 x 10 ⁴	41	34	29	25	22	17						
4 x 10 ⁴	44	37	32	28	24	19						
8 x 10 ⁴	48	40	35	30	27	21	17					
(10 ⁵)	49	41	36	31	28	22	18					
2x10 ⁵	52	44	38	34	30	24	19					
4x10 ⁵	56	47	41	36	32	26	21					
8x10 ⁵	59	51	44	39	34	28	23					
(10 ⁶)	60	52	45	40	35	29	23	16				
2x10 ⁶	64	55	47	42	38	30	25	17				
4x10 ⁶	68	58	50	45	40	33	27	19				
8 x 10 ⁶	71	61	53	47	42	34	29	20				
(10 ⁷)	72	62	54	48	43	35	30	21				

Fonte: PMSP, IP – 06, p.122



5.3.2 Intertravamento

De acordo com Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010), Inter travamento, “é a capacidade que os blocos adquirem de resistir a movimentos de deslocamentos individuais, seja ele vertical, horizontal ou de rotação em relação aos seus vizinhos.” As condições necessárias e indispensáveis para o Inter travamento são contenção lateral e preenchimento das juntas com areia ou material similar.

5.3.3 Meio Fio – Contenção Lateral

As guias ou meio fio, tem como função, delimitar a largura do pavimento e confinar os blocos de concreto, servindo assim como contenção lateral para promover o Inter travamento. Segundo SENÇO (2001), “devem ser executados de modo que sua face superior esteja no máximo 15 cm à cima do nível dos blocos.”

5.3.4 Camada de assentamento (colchão de areia)

Esta camada deverá ser sempre composta por areia, ou pó de pedra, contendo no máximo de 5% de argila e silte em massa, e no máximo 10% de material retido na peneira de 4,8 mm. Não serão aceitos torrões de argila, matéria orgânica ou qualquer outro tipo de substâncias nocivas (PMSP, IP – 06).

5.3.5 Blocos pré-moldados de concreto

Conforme o método PMSP, (IP – 06), os blocos devem atender os requisitos e características tecnológicas mínimas descritas a seguir:

- ✓ “Os blocos deveram ser produzidos por processos que assegurem a obtenção de peças de concreto suficientemente homogêneas e compactas,



de modo que atendam ao conjunto de exigências, referente a NBR – 9780 e NBR – 9781.

✓ As peças não podem possuir trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento e sua resistência, devendo ser manipulados com as devidas preocupações, para não terem suas qualidades prejudicadas.

✓ O lote de blocos a serem usados na pavimentação, por critério de fiscalização, deverá ser feito na fábrica ou no local da obra, onde será feita uma verificação das condições mínimas e exigidas pela NBR – 9780 e NBR – 9781, como:

✓ Lotes e inspeção: deve-se separar as peças fornecidas em lotes formados por conjunto de peças de mesmas características, sendo que a indicação dos conjuntos que atendam os requisitos deve ser feita pelo fabricante. O lote deve possuir, no máximo um número de blocos correspondente a 1600m² de fornecimento.

✓ Obtenção da amostra: para cada lote deve ser retirada, amostras aleatoriamente.

✓ Os lotes devem ser compostos por no mínimo 6 peças para cada 300 m² e uma peça adicional para cada 50 m², até que se faça uma amostra máxima de 32 peças para ensaio a compressão, o qual deve ser feito de acordo com o Método ME – 65, SIURB\PMSP.

✓ Resistência a compressão: esta deverá ser maior ou igual a 35 Mpa para solicitações impostas pela NBR – 9780 e NBR – 9781.

5.3.6 Cálculo do pavimento

$$e = (100 + 150 \cdot \sqrt{P/2}) / (I + 5)$$

Onde:

e = espessura total do pavimento

P = Carga por roda em toneladas

I = CBR do subleito em %

P = 10 t

I = 9,6 %

$$e = \frac{(100 + 150 \cdot \sqrt{(10/2)})}{(9,6 + 5)}$$

e_{total} = 29,82 cm

e_{peça} = 10 cm

e_{colchão} = 5 cm

$$e_{base} = e_{total} - (e_{peça} + e_{assentamento})$$

$$e_{base} = 29,82 - (10 + 5)$$

$$e_{base} = 14,82 \text{ cm}$$



O valor encontrado referente à espessura da base foi de 14,82cm. O quadro 04, PMSP, IP – 06,2004, pg 122, determina, no entanto, um mínimo de 15cm para um CBR de 9,6%. Portanto, adotaremos esse valor para a espessura da base, e para o colchão de assentamento do bloco de concreto, de cinco (5,0) cm, conforme a norma NRB 15953.

5.3.7 Cálculo do Custo do Pavimento da Rua Rio Araranguá, (objeto de estudo)

Os valores para efeito de cálculo foram extraídos do Referencial de Preços de Obras Rodoviárias – Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA), agosto 2010, os quais foram reajustados para o mês de março do presente ano. Em pesquisa de mercado regional obteve-se os valores do Paver, Briquete e mão de obra para assentamento do mesmo, para os quais se adotou um BDI de 30%.

Definição da quantidade de material:

- Regularização do subleito: $7 * 812 = 5684 \text{ m}^2$
- Base – BGS: $0,15 * 7 * 812 = 852,6 \text{ m}^3$
- Colchão de assentamento: $0,05 * 7 * 812 = 284,2 \text{ m}^3$
- Material de travamento: $0,02 * 7 * 812 = 113,68 \text{ m}^3$

Quadro 05: Quantitativos de custos executivos (Briquete)

ORÇAMENTO RUA RIO ARARANGUÁ (BRIQUETE) - MÉTODO DNER				
Extensão do Trecho	812,00	m		
Largura da Rodovia	7,00	m		
Espessura de Revestimento	0,105	m		
Espessura de Base	0,150	m		
Espessura Colchão de Assentamento	0,05	m		
Espessura Matetrial de Travamento	0,02	m		
Revestimento Briquete (10,5x21x10) com resistência de 50 Mpa	45	Peça/m ²		
Meio Fio (15x30x100)	1624	Peças		
Serviço	Unidade	Quant.	Preço Unit.	Preço Total
Pavimentação				
Regul. do subleito a 100% P.I	m ²	5.684,00	R\$ 1,35	R\$ 7.673,40
Colchão de assentamento mais material de travamento	m ³	397,88	R\$ 48,40	R\$ 19.257,39
Base – BGS	m ³	852,60	R\$ 119,55	R\$ 101.928,33
Pavimentação	m ²	5.684,00	R\$ 77,08	R\$ 438.122,72
Meio-fio de concreto pré-moldado, 12x15x30x100cm, rejuntado c/argamassa 1:4cimento: areia, incluindo escavação e reaterro.	m	1624,00	R\$ 34,01	R\$ 55.232,24
	Custo Total do Trecho			R\$ 622.214,08
	Custo por km no Trecho			R\$ 766.237,50

Fonte: O Autor

Quadro 06: Quantitativos de custos executivos (Paver)

ORÇAMENTO RUA RIO ARARANGUÁ (PAVER) - MÉTODO DNER				
Extensão do Trecho	812,00	m		
Largura da Rodovia	7,00	m		
Espessura de Revestimento	0,105	m		
Espessura de Base	0,150	m		
Espessura Colchão de Assentamento	0,05	m		
Espessura Material de Assentamento	0,02	m		
Revestimento Paver (10,5x20x10) com resistência de 50 Mpa	45	Peça/m ²		
Meio Fio (15x30x100)	1624	Peças		
Serviço	Unidade	Quant.	Preço Unit.	Preço Total
Pavimentação				
Regul. do subleito a 100% P.I	m ²	5.684,00	R\$ 1,35	R\$ 7.673,40
Colchão de assentamento mais material de travamento	m ³	397,88	R\$ 48,40	R\$ 19.257,39
Base - BGS	m ³	852,60	R\$ 119,55	R\$ 101.928,33
Pavimentação	m ²	5684,00	R\$ 71,50	R\$ 406.406,00
Meio-fio de concreto pré-moldado, 12x15x30x100cm, rejuntado c/argamassa 1:4cimento:areia, incluindo escavação e reaterro.	m	1624,00	R\$ 34,01	R\$ 55.232,24
	Custo Total do Trecho			R\$ 590.497,36
	Custo por km no Trecho			R\$ 727.213,50

Fonte: O Autor



6 CONCLUSÃO

Pelo estudo de caracterização mecânica do solo de fundação (subleito), que é da formação Serra Geral, predominantemente, obteve-se um CBR de mínimo de 9,6%, definindo-o como um material de muito boa qualidade como fundação. Aliado a isto, tem-se que as especificações das normas técnicas exigem uma resistência à compressão simples de 50 Mpa, para o intertravado como revestimento quando se tem tráfego muito pesado. Logo, não há nenhuma evidência, que o mesmo não possa ser utilizado, como revestimento em pavimentação, independente do tipo de tráfego. Já, em relação ao custo por metro quadrado aplicado, o paver mostrou-se mais viável em aproximadamente 5 %. Ressalte-se que o estudo não considerou a capacidade de travamento dos dois tipos de pré-moldados em concreto, mas somente a resistência à compressão simples.



7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): **NBR 15953**
Pavimento intertravado com peças de concreto – Execução. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 7182**: Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 9780**: Peças de Concreto para pavimentação. Determinação da
Resistência a Compressão. Rio de Janeiro 1987.

_____. **NBR 9895**: Índice de Suporte Califórnia – Método de Ensaio. Rio de Janeiro,
1987.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Vol. 1. São
Paulo: Pine, 2007, 2º ed.

_____. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Vol. 2. São
Paulo: Pine, 2001, 1º ed.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de
Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de
Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**, 3º ed. - Rio de Janeiro,
2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de
Planejamento e Projetos. Gerência de Estudos e Projetos. **Referencial de Preços
de Obras Rodoviárias** – Data de Atualização: 15/08/2010.

ABCP, 2011. **Manual de Pavimento Intertravado**. Disponível
em: www.abcp.org.br/. Acesso em: 15/06/2014.

Prefeitura Municipal de São Paulo: **IP-06/2004 – Dimensionamento de Pavimentos
com Blocos Intertravados de Concreto**.

MEDINA, J. MOTTA, **Mecânica dos pavimentos**. 2º ed. Rio de Janeiro, 2005.



MARQUES, Prof. Geraldo Luciano de Oliveria, **Notas de Aula da Disciplina Pavimentação**. Juiz de Fora – MG, 2012.

FENALI, Cláudia Borges. **Determinação das estruturas de pavimentos a serem implantadas em solos de formação Palermo** – Estudo de caso. 2013. Monografia (Curso de Engenharia Civil) Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma.

PINTO, S.; PREUSSLER, E.S. Pavimentação Rodoviária. **Conceitos Fundamentais Sobre Pavimentos Flexíveis**. Rio de Janeiro: Copiadora e Artes Gráficas Ltda, 2002, 2º ed., 259p.

Departamento de Transportes da Escola Politécnica da UFBA. **PAVIMENTO RODOVIÁRIO**. Capítulo 2. Disponível em: www.transportes.ufba.br. Acesso em: 28/05/2014.

GOOGLE EARTH. Programa de Imagens por Satélite. Versão 4.0.209 (beta), acessado em 08/05/2014.