

DIMENSIONAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO COMPARATIVA ENTRE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS (PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA X BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO) – ESTUDO DE CASO

Eduardo Leonardo Manenti (1), Pedro Arns (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)eduardo_manenti@hotmail.com, (2)pedroarns@unesc.net

RESUMO

O objetivo principal do presente trabalho foi realizar o dimensionamento e orçamentação comparativa entre estruturas de pavimentos flexíveis, sendo revestimentos em concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ), e blocos intertravados de concreto, lajotas sextavadas e pavers. A rua em estudo está localizada no município de Morro Grande/ SC, sendo denominada Rua de Acesso ao Cemitério. Para análise do subleito da via em estudo foram realizados dois furos de sondagens, e coletadas cinco amostras para ensaios. Realizaram-se os ensaios de caracterizações físicas e mecânicas, para determinação das características do subleito. De posse dos dados, dimensionou-se os pavimentos, adotando o menor *California Bearing Ratio* (CBR) obtido, sendo 7,90%, e o número equivalente de repetições de carga, $N_{\text{característico}}$ de 9×10^5 . As estruturas obtidas foram apresentadas em seções transversais informando as espessuras das camadas e suas larguras. A orçamentação foi realizada com base na planilha de custos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI. O pavimento em lajotas sextavadas foi o que resultou no menor custo de implantação, quando adotado sem calçadas, com uma diferença de 1,32% em relação ao de CAUQ, e de 7,01% ao de pavers. Considerando os mesmos pavimentos com passeios, o em CAUQ apresentou menor preço, com uma diferença de 3,85% para os intertravados sextavados e 9,56% ao de pavers.

Palavras-Chave: Dimensionamento. Orçamentação. Pavimentos Flexíveis.

1. INTRODUÇÃO

O pavimento do ponto de vista estrutural e funcional é caracterizado por Bernucci et al (2008, p. 9), como uma estrutura de múltiplas camadas, de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, com o objetivo de suportar de forma técnica e econômica os esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

A importância das vias para as cidades é definida pela Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2015) como “[...] importância funcional, assentadas diretamente sobre a geografia natural das cidades, regulando sua disposição e hierarquia e ligando seus espaços”.

Segundo Senço (2008, p. 23) os pavimentos podem ser classificados, de uma forma geral, em pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis. Os pavimentos flexíveis admitem deformações, até um certo limite, sem ocorrer o rompimento. Sendo dimensionados geralmente a compressão e a tração na flexão.

Conforme Bernucci et al (2008, p. 22) são grandes os gastos com manutenção e reconstrução precoce dos nossos pavimentos. Esses gastos são inconcebíveis tendo em vista que podemos dispor de equipamentos de campo e laboratório que permitem melhora acentuada dos materiais e métodos de projeto. Assim, segundo Senço (2008, p. 642), “[...] cada tipo de pavimento deve se adaptar às condições dos locais onde é construído, e deve satisfazer às condições de tráfego a que será submetido pelo tempo de vida útil.”.

Para as pavimentações de ruas em zonas urbanas das cidades deve-se levar em conta fatores como: facilidades de remoção do pavimento, para serviços no subleito; tráfego de veículos com velocidades moderadas, porém bastante variáveis; percursos em distâncias relativamente pequenas, em velocidades variáveis e sujeitos a paradas constantes; superfícies de rolamentos estáveis, sem muito rigor quanto aos pontos de atrito; construção muitas vezes intermitente, sujeita a orçamentos reduzidos e liberação de verba fracionada (SENÇO, 2008, p. 642-643).

Conforme Cláudio Oliveira Silva, gerente de inovação e sustentabilidade da ABCP, em reportagem publicada por Ferreira (2011), revista PINI, ao citar as vantagens do pavimento intertravado o mesmo conclui que:

Possui alta durabilidade; superfície regular e antiderrapante, proporcionando conforto ao usuário; menor consumo de iluminação pública devido à sua coloração mais clara; menor absorção de energia, minimizando o efeito de ilha de calor. Além de a instalação ser fácil, as peças são reaproveitadas em caso de necessidade de manutenção ou intervenção de concessionárias de energia, gás, telefonia, entre outros. Quando necessário, o pavimento intertravado também pode ser projetado para ser permeável, colaborando para que a água superficial retorne ao lençol freático. Para essa função é necessário um projeto específico das camadas de base, que devem ter porosidade em torno de 30%.

Para o pavimento asfáltico, segundo Eduardo Alberto Ricci vice-presidente da Associação Brasileira de Pavimentação – ABP, na mesma reportagem supracitada, as vantagens são:

É mais rápido para ser executado e oferece conforto aos automóveis. É um pavimento classificado como silencioso. Dependendo do caso, já que cada pavimento tem a sua empregabilidade, pode ser mais barato, porque o intertravado dispõe de peças coloridas e de diferentes formas, as quais podem encarecer o piso.

Desta forma se pode concluir que o dimensionamento de um pavimento tem como objetivo determinar as espessuras das camadas de suporte, compatibilizando-o com os materiais disponíveis, sendo que a estrutura deve resistir a certo número equivalente de repetições de carga (eixo simples, padrão N de 8,2t), durante o período de projeto previsto.

O presente trabalho tem como objetivo elaborar um estudo comparativo entre estruturas de pavimentos flexíveis e seus custos de implantação, sendo eles um concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ) e de blocos de concreto intertravados (pavers e lajotas sextavadas).

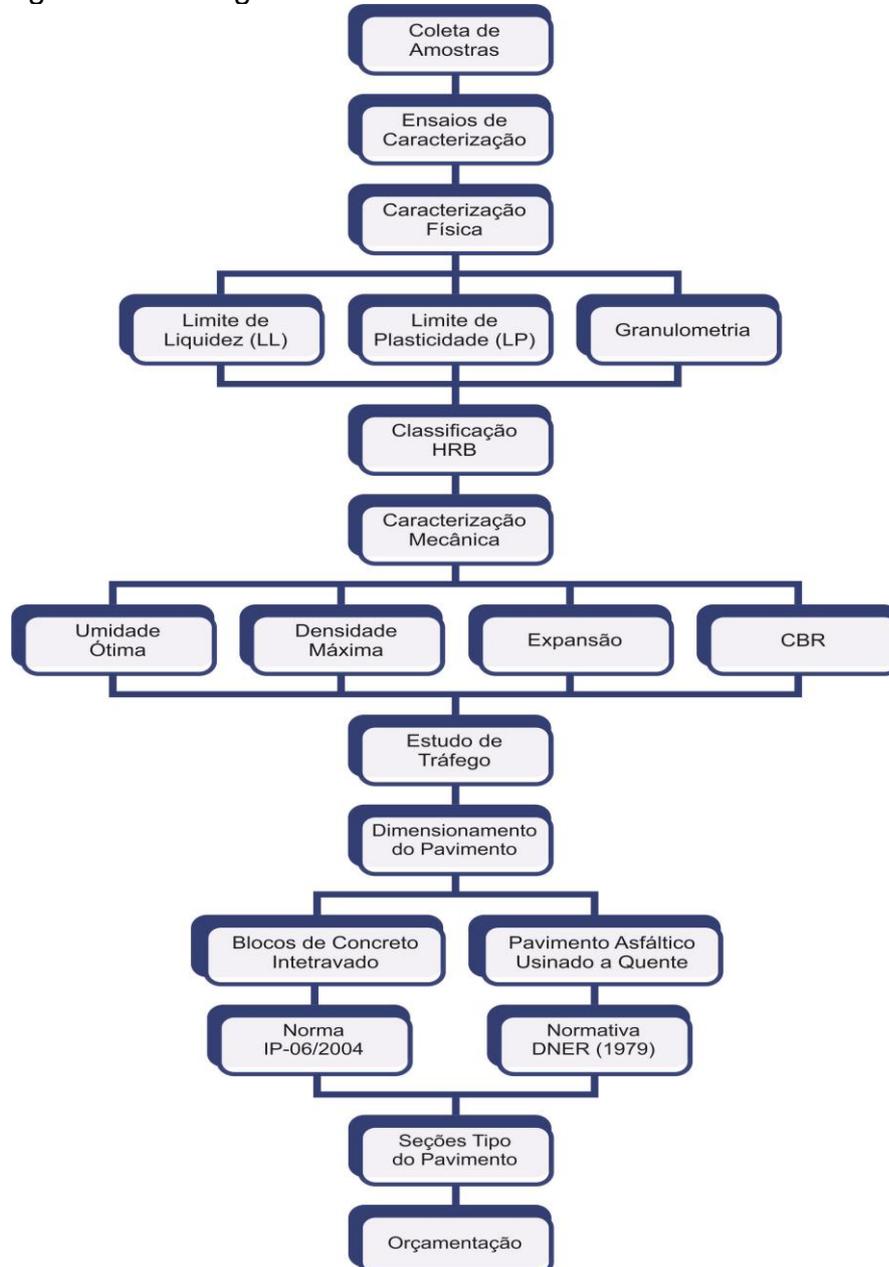
O estudo comparativo foi realizado para uma via localizada no Município de Morro Grande/ SC, comunidade de Nova Roma, situado no Extremo Sul de Santa Catarina, pertencente a Associação de Municípios do Extremo Sul Catarinense (AMESC), no Vale do Araranguá.

Todos os ensaios necessários para a elaboração do estudo foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS) do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT), localizado no Parque Científico e Tecnológico (IPARQUE), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O dimensionamento do pavimento foi realizado baseado nos parâmetros de resistência do solo do subleito e em relação às solicitações que o mesmo receberá. Após uma pesquisa e revisão bibliográfica, que possibilitou o embasamento teórico para alcançar o objetivo do presente trabalho, formulou-se o fluxograma ilustrado na Figura 01, que lista as atividades necessárias para a perfeita análise comparativa de custos entre os pavimentos propostos.

Figura 01: Fluxograma de Atividades



Fonte: O Autor (2017)

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho compreendeu o dimensionamento do pavimento de um trecho da Rua de Acesso ao Cemitério (700,00m), localizada no município de Morro Grande – SC, comunidade de Nova Roma, situado no Extremo Sul de Santa Catarina, na micro região da AMESC, no Vale do Araranguá.

As coordenadas UTM do Ponto Inicial da rua estudada são 621656,26m E e 6819175,13m S e do Ponto Final 620933,05m E e 6819094,31 S, no sentido crescente do estaqueamento. A figura 02 ilustra a localização através de imagem de satélite, sendo destacada em vermelho a rua em estudo.

Figura 02: Localização Rua de Acesso ao Cemitério, Morro Grande/SC.



Fonte: Google Earth (2017)

2.2 COLETA DE AMOSTRAS

Para a coleta das amostras foi utilizado uma retroescavadeira, cedida pela Prefeitura Municipal de Morro Grande / SC, sendo executados dois poços de sondagens. O primeiro poço de sondagem atingiu 0,80 metros, sendo impenetrável através da retroescavadeira a partir desta profundidade, e foram coletadas duas amostras. O segundo poço atingiu a profundidade de 1,60 metros, a partir do leito natural da via, e foram coletadas três amostras do solo para o presente estudo. A retirada de amostras se deu em virtude de diferentes faixas de solos presente nos poços de sondagens executados. Segundo a IPR-719 do DNIT (2006, p.125) ao especificar sobre as sondagens para amostragem destaca que:

A profundidade dos furos de sondagem será, de modo geral, de 0,60m a 1,00m abaixo do greide projetado para a regularização do subleito. Furos adicionais de sondagem com profundidade de até 1,50m abaixo do greide projetado para regularização poderão ser realizados próximos ao pé de talude de cortes, para verificação do nível do lençol de água e da profundidade de camadas rochosas.

As figuras 03 e 04 mostram os poços de sondagens executados, sendo, respectivamente, o poço 01 e 02, os quais estão caracterizados pelas coordenadas UTM conforme Tabela 01.

Figura 03: Poço de Sondagem 01



Fonte: O Autor (2017)

Figura 04: Poço de Sondagem 02



Fonte: O Autor (2017)

Tabela 01: Locação pontos de Sondagem

Furos	Amostra	Coordenadas UTM	
F1	AM1	621562,73m E	6819170,46m S
	AM2		
F2	AM3	620978,92m E	6819100,83m S
	AM4		
	AM5		

Fonte: O Autor (2017)

As amostras foram armazenadas em sacos de rafia e transportadas até o LMS do IDT, localizado no IPARQUE, da UNESC, onde foram realizados os ensaios de caracterização físicos e mecânicos, de acordo com a NBR 6457/1986.

2.3 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Para a caracterização física das amostras dos solos, inicialmente foram realizados os ensaios de Limite de Liquidez (LL) – DNER-ME 122/1994, Limite de Plasticidade (LP) – DNER-ME 082/1994 e Granulometria - DNER-ME 080/1994. De posse destes dados o solo foi classificado segundo o método de classificação da *Highway Research Board* – H.R.B., que é uma das principais classificações para solos, no meio rodoviário.

Para o dimensionamento de um pavimento, necessita-se do valor do *California Bearing Ratio* (CBR), sendo traduzido para o português como Índice de Suporte Califórnia (ISC), o qual foi obtido a partir do ensaio de compactação, que forneceu a umidade ótima (w_{ot}), e a respectiva densidade seca máxima. O ensaio foi realizado

de acordo com a normativa DNIT 164/2013, para todas as amostras de solo coletadas. De posse dos valores obtidos na compactação moldaram-se os corpos de prova para obtenção dos valores de CBR, os quais definem a capacidade de suporte de carga do subleito.

Conforme o manual de Pavimentação do DNIT, publicado pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) nº 719 (2006, p.142), o subleito deve apresentar um $CBR \geq 2,0\%$ e uma expansão $e \leq 2,0\%$.

2.4 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO DNER (1979)

Conforme especificado na IPR-179 do DNIT (2006, p. 146), este método tem como base o trabalho “*Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*”, da autoria de W.J. Turnbull, C.R. Foster e R.G. Ahlvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos E.E.U.U e de conclusões obtidas na Pista Experimental da *American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO*.

Para o dimensionamento do pavimento com revestimento em CAUQ foram adotados coeficientes de equivalência estrutural, tomando por base os resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO. Assim a tabela 02 indica as características e os coeficientes estruturais definidos pelo DNIT para os materiais constituintes do pavimento em CBUQ, bem como os coeficientes estruturais adotados para cada camada.

Tabela 02: Características dos materiais das camadas de pavimentação em CBUQ

Camada	CBR	Expansão	K_R	K_B	K_S	K_{ref}
Revestimento	-	-	2	-	-	-
Base	$\geq 80\%$	$\leq 0,50\%$	-	1	-	-
Sub-base	$\geq 20\%$	$\leq 1,00\%$	-	-	1	-
Reforço do Subleito (Caso necessário)	$\geq 2\%$	$\leq 1,00\%$	-	-	-	1

Fonte: DNIT, IPR-179 (2006)

2.5 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS INTERTRAVADOS

O dimensionamento para os pavimentos com revestimento em intertravados de concreto foi realizado através da instrução normativa IP-06 (2004), elaborada pela Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), que orienta e fornece subsídios para estes tipos de pavimentos.

A IP-06 apresenta dois métodos de dimensionamento, que se utilizam, basicamente, de dois gráficos de leitura direta, fornecendo as camadas constituintes para o pavimento. O método “A” constante na instrução é recomendado para vias com tráfego muito leve ou leve ($N \leq 10^5$), não necessitando camada de base, e também para tráfego meio pesado a pesado ($N \geq 1,5 \times 10^6$), empregando bases cimentadas. O método “B” é indicado para tráfego médio a meio pesado ($10^5 < N < 1,5 \times 10^6$), sendo utilizado base de material granular. A espessura dos blocos de revestimento é em função do tráfego solicitante, podendo variar de 6,0 cm ($N \leq 10^5$) a 10,0 cm ($N > 10^7$). No presente trabalho foi utilizada a espessura de 8,0cm para as lajotas sextavadas e pavers.

Os blocos de concreto serão assentados sobre um colchão de areia ou pó-de-pedra, contendo no máximo 5% de silte e argila (em massa) e 10% de material retido na peneira de 4,8mm.

A tabela 03 apresenta as características definidas pela IP-06 para os materiais constituintes do pavimento em Blocos de Concreto Intertravado.

Tabela 03: Características dos materiais das camadas de pavimentação em Blocos de Concreto Intertravado.

Camada	Resistência a Compressão Simples	CBR	Expansão
Revestimento	35 a 50 Mpa*	-	-
Sub-base	-	$\geq 20\%$	$\leq 1,00\%$
Reforço do Subleito (Caso necessário)	-	\geq CBR subleito	$\leq 1,00\%$

Fonte: PMSP, IP-06 (2004)

Notas: *Conforme definição de Tráfego

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA

A tabela 04 apresenta um resumo dos resultados dos ensaios de caracterização física e mecânica, como também a classificação HRB das cinco amostras coletadas.

Tabela 04: Caracterização física e mecânica das amostras do solo.

Amostra	w_{ot} (%)	y_{max} (g/cm³)	Expansão (%)	CBR (%)	Pp200 (%)	LL (%)	LP (%)	HRB
AM01	16,50	1,715	0,36	8,20	49,94	NL	NP	A-4
AM02	20,80	1,573	0,42	12,10	74,11	NL	NP	A-4
AM03	20,70	1,598	0,48	7,90	33,80	NL	NP	A2-4
AM04	21,40	1,560	0,49	10,10	39,10	NL	NP	A-4
AM05	22,40	1,516	0,42	15,60	59,70	NL	NP	A-4

Fonte: O Autor (2017)

Analisando os resultados obtidos, pode-se observar que segundo a classificação HRB a maioria dos solos são do tipo A-4, a mesma nos fornece o comportamento geral como subleito sendo de fraco a pobre, apesar dos valores obtidos para CBR e expansão serem consideravelmente bons e superiores aos recomendados pelas especificações.

3.2 CBR DE PROJETO (CBR_p)

De forma geral, para definir o CBR de projeto deve-se determinar a frequência e as diferenças entre o CBR obtido do CBR médio. Porém, tendo em vista de que os dados obtidos foram de dois poços de sondagens, optou-se por calcular a estrutura do pavimento utilizando o pior valor encontrado, o do furo de sondagem 02 – AM03 (CBR=7,90%), bem próximo ao da Amostra 01 do furo de sondagem 01, de 8,20%.

3.3 ESTUDO DE TRÁFEGO

Com base no quadro 6.1 do normativo da PMSP – IP06 (2004, p.108), classificou-se a via em estudo como uma via intermediária entre uma coletora secundária e uma coletora principal, possuindo um tráfego médio a meio pesado, com vida útil de projeto de 10 anos, cujo $N_{\text{característico}}$ é 9×10^5 .

3.4 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO EM CAUQ

Com base nas caracterizações mecânicas e no estudo de tráfego expostos acima, foi realizado o dimensionamento do pavimento em CAUQ. Conforme tabela 32 da IPR-719 do DNIT (2006, p. 147) para o $N_{\text{característico}}$ de 9×10^5 , tráfego utilizado no estudo, o revestimento poderia ser uma camada de tratamento superficial betuminoso. Porém, é usual na região adotar-se, nestes casos, uma camada de CAUQ de 4,0cm.

Destaca-se que no objeto do presente estudo foi considerado que há uma drenagem superficial adequada e que o lençol d'água subterrâneo está a, pelo menos, 1,50m em relação ao greide de regularização.

As espessuras do pavimento necessárias para proteger a sub-base (H_{20}) e o subleito (H_m) podem ser determinadas através da equação 01. Para efeitos de cálculo, caso o CBR da sub-base seja superior a 20%, adota-se como valor máximo 20%.:

$$H_t = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot \text{CBR}^{-0,598} \quad \text{Equação (01)}$$

Após determinados os valores de H_{20} , H_n e H_m e a espessura do revestimento constante, e tendo como base os coeficientes apresentados na tabela 02, foi determinada as espessuras da base (B) e sub-base (h_{20}), através das inequações 01 e 02 expostas a seguir:

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B \geq H_{20} \quad \text{Inequação (01)}$$

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S \geq H_m \quad \text{Inequação (02)}$$

Os valores resultantes do dimensionamento, acima determinados, constam na tabela 05. Segundo IPR-719 do DNIT (2006, p.147) “a espessura construtiva mínima para estas camadas é de 15,0cm”, assim possíveis camadas que obtiveram resultado inferior a esta, devem ser elevadas para a mínima.

Tabela 05: Espessura das camadas do pavimento em CAUQ

H_m (cm)	H_{20} (cm)	R (cm)	B (cm)	h_{20} (cm)
43,70	25,07	4,0	17,00	19,00

Fonte: O Autor (2017)

Conforme orientações da IPR-719 do DNIT (2006, p.148) para pavimentos asfálticos, no que se refere ao dimensionamento dos acostamentos não se dispõe de dados seguros, porém sua espessura está condicionada à da pista de rolamento, realizando-se reduções apenas na camada de revestimento e mantendo-se a estrutura de base e sub-base, iguais a da pista de rolamento. Esta adoção tem efeitos benéficos e simplifica problemas de drenagem. Assim foi adotado acostamento com largura de 1,00 m e camadas granulares para base e sub-base com mesma espessura da pista de rolamento, realizando a redução da espessura da camada asfáltica para 2,0cm.

3.5 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO INTERTRAVADO

Com base nas caracterizações mecânicas e no estudo de tráfego, foi realizado o dimensionamento do pavimento intertravado de concreto. Conforme o quadro 6.3 da IP06 da PMSP (2004, p.112-113), para o $N_{\text{característico}}$ de 9×10^5 , tráfego adotado, há a necessidade de uma camada de revestimento (R) com espessura de 8,0cm e resistência a compressão simples de 35 a 50Mpa.

Adotou-se no dimensionamento o Procedimento B da IP06 da PMSP, que prevê o uso de bases granulares, gerando estrutura mais seguras, reduzindo as deformações por cisalhamento e por consolidação dos materiais, indicado para vias de tráfego médio a meio pesado.

O dimensionamento teve como base o figura 05 presente na IP06 da PMSP, onde para o tráfego e CBR do presente estudo obteve-se a base necessária puramente granular (H_{BG}) com 15,0cm de espessura.

Figura 05: Espessura de Base Puramente Granular – 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 (2004)

Com relação a espessura da camada de assentamento (H_a) foi adotado 5,0cm de areia. A tabela 06 traz o resumo das espessuras das camadas projetadas:

Tabela 06: Espessura das camadas do pavimento em concreto intertravado

H_{BG} (cm)	H_a (cm)	R (cm)	H_{total} (cm)
15,00	5,0	8,0	28,00

Fonte: O Autor (2017)

3.6 SEÇÕES TIPO PROJETADAS

Com base nos resultados obtidos e resumidos nas tabelas 05 e 06, definiram-se as estruturas típicas, em nível de anteprojeto, dos pavimentos em CAUQ e blocos de concreto intertravados.

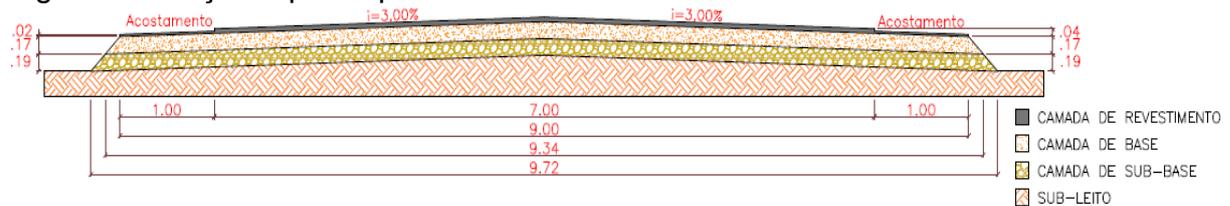
Optou-se por realizar dois modelos bases para as seções, um somente com a pista de rolamento, e outro com a pavimentação da pista e adoção de calçadas em concreto, usual em pavimentações urbanas.

O segundo modelo faz a inclusão do meio fio em ambos os pavimentos, analisando o impacto gerado, já que o pavimento asfáltico não necessita do mesmo, enquanto o pavimento intertravado se torna obrigatório para o perfeito travamento de sua estrutura.

Para o pavimento em CAUQ, quando aplicado sem calçadas, foi adotado acostamentos laterais que além de darem segurança aos condutores dos veículos, fornecem o suporte lateral ao pavimento, sendo indispensável.

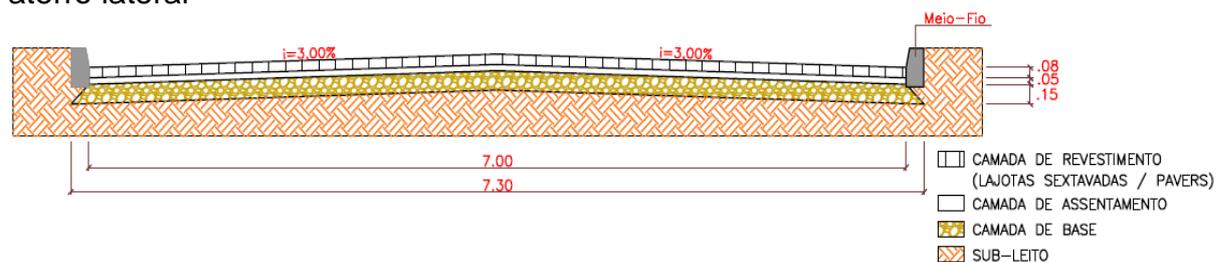
As referidas estruturas encontram-se detalhadas nas Figuras 06 a 09.

Figura 06: Seção Tipo do pavimento CAUQ com acostamento



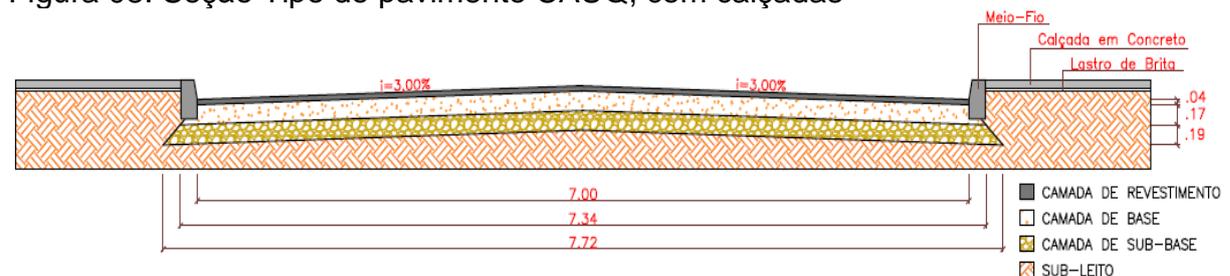
Fonte: O Autor (2017)

Figura 07: Seção Tipo do pavimento intertravado de concreto, sem calçadas, com aterro lateral



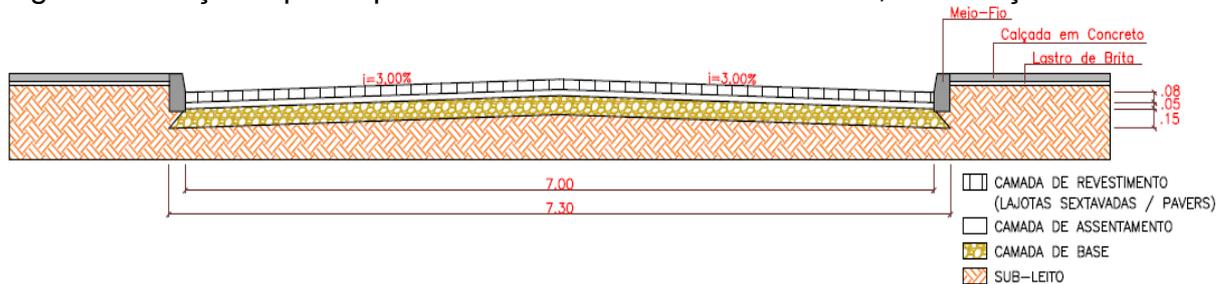
Fonte: O Autor (2017)

Figura 08: Seção Tipo do pavimento CAUQ, com calçadas



Fonte: O Autor (2017)

Figura 09: Seção Tipo do pavimento intertravado de concreto, com calçadas



Fonte: O Autor (2017)

3.7 ORÇAMENTAÇÃO

As planilhas orçamentárias devem conter as especificações e custos necessários referentes aos materiais, transportes, mão de obra e demais itens necessários para a perfeita composição de custos gerados.

No presente trabalho optou-se por adotar a planilha referencial de custos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, o qual é indicado pelo Decreto 7983/2013 como referência de custo para elaboração de orçamentos, referentes a obras e serviços de engenharia, contratados com recursos da União.

Para cálculo de quantidades da planilha orçamentária adotou-se como 7,00 metros a largura da pista de rolamento, considerando 3,50m por faixa. Para o pavimento asfáltico, sem adoção de calçadas, foi considerado acostamentos com 1,00m de largura, gerando 9,00 metros de via. Os passeios possuem 1,50m de largura.

Os custos unitários foram os das planilhas do SINAPI, acessado no site da Caixa Econômica Federal, com data base do mês de Janeiro de 2017, encargos sociais desonerados, estado de Santa Catarina e BDI estimado em 28,00%. As distâncias médias de transporte (DMT) foram de 3,10Km da central de britagem, localizada na própria cidade de Morro Grande/SC, e de 52,00Km da usina de asfalto, sediada na cidade de Maracajá/SC, até o centro geométrico da obra.

A tabela 07 apresenta a composição de custo para o item “Sub-base para pavimentação com seixo peneirado, inclusive compactação” que teve como base de referência de serviços e coeficientes o item 73766/001 da planilha SINAPI.

Tabela 07: Composição de custo para camada de sub-base de seixo peneirado classificado.

CÓDIGO	SERVIÇO	UNIDADE	COEFICIENTE	CUSTO UNIT.	TOTAL
5932	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,033	R\$ 176,18	R\$ 5,81
5934	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,004	R\$ 69,46	R\$ 0,26
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,740	R\$ 13,97	R\$ 10,34
89219	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO DE UM CILINDRO LISO DE ACO, POTENCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL MAXIMO 8,5 T, LARGURA TRABALHO 1,676 M - DEPRECIÇÃO. AF_06/2014	H	0,111	R\$ 18,74	R\$ 2,08
Cotação	SEIXO PENEIRADO CLASSIFICADO	M3	1,100	R\$ 34,90	R\$ 38,39
TOTAL (R\$/M3)					R\$ 56,88

Fonte: O Autor (2017)

O insumo “Seixo peneirado classificado”, não consta nas planilhas SINAPI. Assim seguindo a metodologia de elaboração da planilha, adotou-se valor igual à mediana dos custos pesquisados no mercado local.

O serviço de “Regularização e compactação manual do terreno dos passeios com soquete” não consta no SINAPI de janeiro de 2017, data base deste orçamento. A tabela 08 apresenta a composição de custo para o item, com base de referência os coeficientes do item 5622 de abril de 2016, com custos unitários atualizados.

Tabela 08: Composição de custo para a regularização e compactação manual.

CÓDIGO	SERVIÇO	UNIDADE	COEFICIENTE	CUSTO UNIT.	TOTAL
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,330	R\$ 13,97	R\$ 4,61
TOTAL (R\$/M3)					R\$ 4,61

Fonte: O Autor (2017)

Nas tabelas 09, 10, 11, 12, 13 e 14 constam os orçamentos referentes a cada pavimentação do presente estudo.

Tabela 09: Orçamento do pavimento asfáltico com acostamentos e sem calçadas.

CÓDIGO REFERÊNCIA	Nº ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANTID.	PREÇO UNIT.	TOTAL PARCIAL
	1	PAVIMENTAÇÃO				
78472	1.1	SERVICOS TOPOGRAFICOS PARA PAVIMENTACAO, INCLUSIVE NOTA DE SERVICOS, ACOMPANHAMENTO E GREIDE	M2	6.804,00	R\$ 0,42	R\$ 2.857,68
72961	1.2	REGULARIZACAO E COMPACTACAO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	M2	6.804,00	R\$ 1,68	R\$ 11.430,72
COMP.	1.3	SUB-BASE PARA PAVIMENTACAO COM SEIXO PENEIRADO, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	1.267,49	R\$ 72,81	R\$ 92.285,95
95875	1.4	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM	M3XKM	3.929,22	R\$ 1,24	R\$ 4.872,23
73710	1.5	BASE PARA PAVIMENTACAO COM BRITA GRADUADA, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	1.091,23	R\$ 126,54	R\$ 138.084,24
95875	1.6	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM	M3XKM	3.382,81	R\$ 1,24	R\$ 4.194,68
72945	1.7	IMPRIMACAO DE BASE DE PAVIMENTACAO COM ADP CM-30	M2	6.300,00	R\$ 6,04	R\$ 38.052,00
72943	1.8	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-2C FABRICAÇÃO E APLICAÇÃO DE CONCRETO	M2	6.300,00	R\$ 1,66	R\$ 10.458,00
72965	1.9	BETUMINOSO USINADO A QUENTE(CBUQ),CAP 50/70, EXCLUSIVE TRANSPORTE	T	560,00	R\$ 263,26	R\$ 147.425,60
95303	1.10	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 DE MASSA ASFALTICA PARA PAVIMENTAÇÃO URBANA	M3XKM	11.648,00	R\$ 1,09	R\$ 12.696,32
TOTAL (R\$)						R\$ 462.357,42
PROJEÇÃO - 01 KM (R\$)						R\$ 660.510,60

Fonte: O Autor (2017)

Tabela 10: Orçamento do pavimento asfáltico sem acostamentos e com calçadas.

CÓDIGO REFERÊNCIA	Nº ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANTID.	PREÇO UNIT.	TOTAL PARCIAL
	1	PAVIMENTAÇÃO				
78472	1.1	SERVICOS TOPOGRAFICOS PARA PAVIMENTACAO, INCLUSIVE NOTA DE SERVICOS, ACOMPANHAMENTO E GREIDE	M2	5.404,00	R\$ 0,42	R\$ 2.269,68
72961	1.2	REGULARIZACAO E COMPACTACAO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	M2	5.404,00	R\$ 1,68	R\$ 9.078,72
COMP.	1.3	SUB-BASE PARA PAVIMENTACAO COM SEIXO PENEIRADO, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	1.001,49	R\$ 72,81	R\$ 72.918,49
95875	1.4	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM	M3XKM	3.104,62	R\$ 1,24	R\$ 3.849,73
73710	1.5	BASE PARA PAVIMENTACAO COM BRITA GRADUADA, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	853,23	R\$ 126,54	R\$ 107.967,72
95875	1.6	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM	M3XKM	2.645,01	R\$ 1,24	R\$ 3.279,81
72945	1.7	IMPRIMACAO DE BASE DE PAVIMENTACAO COM ADP CM-30	M2	4.900,00	R\$ 6,04	R\$ 29.596,00
72943	1.8	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-2C FABRICAÇÃO E APLICAÇÃO DE CONCRETO	M2	4.900,00	R\$ 1,66	R\$ 8.134,00
72965	1.9	BETUMINOSO USINADO A QUENTE(CBUQ),CAP 50/70, EXCLUSIVE TRANSPORTE	T	490,00	R\$ 263,26	R\$ 128.997,40
95303	1.10	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 DE MASSA ASFALTICA PARA PAVIMENTAÇÃO URBANA	M3XKM	10.192,00	R\$ 1,09	R\$ 11.109,28
94273	1.11	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA), PARA VIAS URBANAS (USO VIÁRIO).	M	1.400,00	R\$ 37,96	R\$ 53.144,00
	2	PASSEIO PÚBLICO				
5622 (Atualizado)	2.1	REGULARIZACAO E COMPACTACAO MANUAL DO TERRENO DOS PASSEIOS COM SOQUETE	M2	2.100,00	R\$ 5,90	R\$ 12.390,00
83668	2.2	CAMADA DRENANTE COM BRITA NUM 2. H=3,00CM EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, USINADO, ACABAMENTO CONVENCIONAL, ESPESSURA 6 CM, ARMADO.	M3	63,00	R\$ 124,79	R\$ 7.861,77
94993	2.3	CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, USINADO, ACABAMENTO CONVENCIONAL, ESPESSURA 6 CM, ARMADO.	M2	2.100,00	R\$ 52,15	R\$ 109.515,00
TOTAL (R\$)						R\$ 560.111,60
PROJEÇÃO - 01 KM (R\$)						R\$ 800.159,43

Fonte: O Autor (2017)

Tabela 11: Orçamento do pavimento em lajotas sextavadas sem calçadas.

CÓDIGO REFERÊNCIA	Nº ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANTID.	PREÇO UNIT.	TOTAL PARCIAL
	1	PAVIMENTAÇÃO				
78472	1.1	SERVICOS TOPOGRAFICOS PARA PAVIMENTACAO, INCLUSIVE NOTA DE SERVICOS, ACOMPANHAMENTO E GREIDE	M2	5.110,00	R\$ 0,42	R\$ 2.146,20
72961	1.2	REGULARIZACAO E COMPACTACAO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	M2	5.110,00	R\$ 1,68	R\$ 8.584,80
COMP.	1.3	SUB-BASE PARA PAVIMENTACAO COM SEIXO PENEIRADO, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	750,75	R\$ 72,81	R\$ 54.662,11
95875	1.4	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM	M3XKM	2.327,33	R\$ 1,24	R\$ 2.885,89
94273	1.5	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA), PARA VIAS URBANAS (USO VIÁRIO).	M	1.414,00	R\$ 37,96	R\$ 53.675,44
92394	1.6	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO SEXTAVADO DE 25	M2	4.900,00	R\$ 67,34	R\$ 329.966,00
73964/006	1.7	REATERRO COM COMPACTAÇÃO MANUAL JUNTO AO MEIO-FIO (LARGURA 0,50m e H=15,00CM)	M3	105,00	R\$ 41,92	R\$ 4.401,60
TOTAL (R\$)						R\$ 456.322,04
PROJEÇÃO - 01 KM (R\$)						R\$ 651.888,63

Fonte: O Autor (2017)

Tabela 12: Orçamento do pavimento em lajotas sextavadas com calçadas.

CÓDIGO REFERÊNCIA	Nº ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANTID.	PREÇO UNIT.	TOTAL PARCIAL
	1	PAVIMENTAÇÃO				
78472	1.1	SERVICOS TOPOGRAFICOS PARA PAVIMENTACAO, INCLUSIVE NOTA DE SERVICOS, ACOMPANHAMENTO E GREIDE	M2	5.110,00	R\$ 0,42	R\$ 2.146,20
72961	1.2	REGULARIZACAO E COMPACTACAO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	M2	5.110,00	R\$ 1,68	R\$ 8.584,80
COMP.	1.3	SUB-BASE PARA PAVIMENTACAO COM SEIXO PENEIRADO, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	750,75	R\$ 72,81	R\$ 54.662,11
95875	1.4	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM	M3XKM	2.327,33	R\$ 1,24	R\$ 2.885,89
94273	1.5	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA), PARA VIAS URBANAS (USO VIÁRIO).	M	1.414,00	R\$ 37,96	R\$ 53.675,44
92394	1.6	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO SEXTAVADO DE 25	M2	4.900,00	R\$ 67,34	R\$ 329.966,00
	2	PASSEIO PÚBLICO				
5622 (Atualizado)	2.1	REGULARIZACAO E COMPACTACAO MANUAL DO TERRENO DOS PASSEIOS COM SOQUETE	M2	2.100,00	R\$ 5,90	R\$ 12.390,00
83668	2.2	CAMADA DRENANTE COM BRITA NUM 2. H=3,00CM	M3	63,00	R\$ 124,79	R\$ 7.861,77
94993	2.3	EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, USINADO, ACABAMENTO CONVENCIONAL, ESPESSURA 6 CM, ARMADO.	M2	2.100,00	R\$ 52,15	R\$ 109.515,00
TOTAL (R\$)						R\$ 581.687,21
PROJEÇÃO - 01 KM (R\$)						R\$ 830.981,73

Fonte: O Autor (2017)

Tabela 13: Orçamento do pavimento em pavers de concreto sem calçadas.

CÓDIGO REFERÊNCIA	Nº ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANTID.	PREÇO UNIT.	TOTAL PARCIAL
	1	PAVIMENTAÇÃO				
78472	1.1	SERVICOS TOPOGRAFICOS PARA PAVIMENTACAO, INCLUSIVE NOTA DE SERVICOS, ACOMPANHAMENTO E GREIDE	M2	5.110,00	R\$ 0,42	R\$ 2.146,20
72961	1.2	REGULARIZACAO E COMPACTACAO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	M2	5.110,00	R\$ 1,68	R\$ 8.584,80
COMP.	1.3	SUB-BASE PARA PAVIMENTACAO COM SEIXO PENEIRADO, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	750,75	R\$ 72,81	R\$ 54.662,11
95875	1.4	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM	M3XKM	2.327,33	R\$ 1,24	R\$ 2.885,89
94273	1.5	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA), PARA VIAS URBANAS (USO VIÁRIO).	M	1.414,00	R\$ 37,96	R\$ 53.675,44
92399	1.6	EXECUÇÃO DE VIA EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COR NATURAL DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 8 CM.	M2	4.900,00	R\$ 73,87	R\$ 361.963,00
73964/006	1.7	REATERRO COM COMPACTAÇÃO MANUAL JUNTO AO MEIO-FIO (LARGURA 0,50m e H=15,00CM)	M3	105,00	R\$ 41,92	R\$ 4.401,60
TOTAL (R\$)						R\$ 488.319,04
PROJEÇÃO - 01 KM (R\$)						R\$ 697.598,63

Fonte: O Autor (2017)

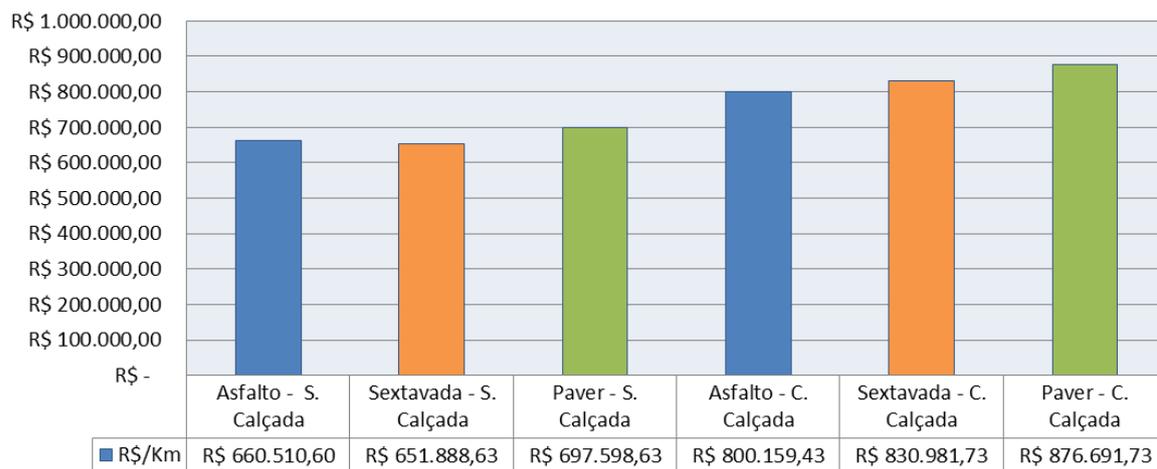
Tabela 14: Orçamento do pavimento em pavers de concreto com calçadas.

CÓDIGO REFERÊNCIA	Nº ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANTID.	PREÇO UNIT.	TOTAL PARCIAL
	1	PAVIMENTAÇÃO				
78472	1.1	SERVICOS TOPOGRAFICOS PARA PAVIMENTACAO, INCLUSIVE NOTA DE SERVICOS, ACOMPANHAMENTO E GREIDE	M2	5.110,00	R\$ 0,42	R\$ 2.146,20
72961	1.2	REGULARIZACAO E COMPACTACAO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	M2	5.110,00	R\$ 1,68	R\$ 8.584,80
COMP.	1.3	SUB-BASE PARA PAVIMENTACAO COM SEIXO PENEIRADO, INCLUSIVE COMPACTACAO	M3	750,75	R\$ 72,81	R\$ 54.662,11
95875	1.4	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM	M3XKM	2.327,33	R\$ 1,24	R\$ 2.885,89
94273	1.5	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA), PARA VIAS URBANAS (USO VIÁRIO).	M	1.414,00	R\$ 37,96	R\$ 53.675,44
92399	1.6	EXECUÇÃO DE VIA EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COR NATURAL DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 8 CM.	M2	4.900,00	R\$ 73,87	R\$ 361.963,00
	2	PASSEIO PÚBLICO				
5622 (Atualizado)	2.1	REGULARIZACAO E COMPACTACAO MANUAL DO TERRENO DOS PASSEIOS COM SOQUETE	M2	2.100,00	R\$ 5,90	R\$ 12.390,00
83668	2.2	CAMADA DRENANTE COM BRITA NUM 2. H=3,00CM	M3	63,00	R\$ 124,79	R\$ 7.861,77
94993	2.1	EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, USINADO, ACABAMENTO CONVENCIONAL, ESPESSURA 6 CM, ARMADO.	M2	2.100,00	R\$ 52,15	R\$ 109.515,00
TOTAL (R\$)						R\$ 613.684,21
PROJEÇÃO - 01 KM (R\$)						R\$ 876.691,73

Fonte: O Autor (2017)

A figura 10 apresenta o resumo dos preços de implantação das pavimentações do presente estudo, de acordo com as tabelas orçamentárias.

Figura 10: Resumo dos preços de implantação das pavimentações.



Fonte: O Autor (2017)

4. CONCLUSÕES

Comparando os preços das pavimentações do presente estudo pode-se concluir que:

- Considerando a pavimentação da via sem adoção de calçadas, a em blocos sextavados resultou no menor preço, com uma diferença de 1,32% em relação ao de CAUQ e de 7,01% ao de pavers.
- Considerando os mesmos pavimentos com passeios, o do asfáltico foi de menor preço com uma diferença de 3,85% e 9,56% para os de intertravados de concreto sextavados e pavers, respectivamente.
- A implantação de passeios públicos na via representou o acréscimo de 21,14% no pavimento com revestimento asfáltico, 27,47% no pavimento em lajotas sextavas e 25,67% no pavimento em pavers.
- O presente estudo foi um “estudo de caso”, cujos valores adotados basearam-se na data base de preços fixos e estrutura adequada para a rua em estudo, sendo orçamentos a título de anteprojeto. Dependendo das camadas estruturais de cada pavimento, a diferença de preço encontrada pode ser alterada.

Para trabalhos futuros recomenda-se:

- a) Realização de dimensionamento e orçamentação comparativo entre pavimentos flexíveis por região, para distâncias de transporte médias equivalentes, CBR e Solicitações do eixo padrão variáveis, obtendo uma tabela base de preços por polo regional;
- b) Realização de dimensionamento e orçamentação comparativo entre pavimentos flexíveis adotando bases cimentadas e/ou tratadas quimicamente;
- c) Estudo comparativo entre custos de manutenção de pavimentos asfálticos e de blocos intertravados de concreto;
- d) Estudo comparativo de vantagens e desvantagens entre os pavimentos flexíveis.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pavimento Intertravado:** Aplicação em Vias Urbanas. São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457:** Amostra de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895:** Solo – Índice de Suporte Califórnia. Rio de Janeiro, 1987

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica:** Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras, 2008. 474 p.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 122:** Solos – determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 082:** Solos – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 080**: Solos – análise granulométrica por peneiramento. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 164**: Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 172**: Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra Estrutura e Transportes. **IPR-719**: Manual de Pavimentação. 3.ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.

FERREIRA, Romário. Pavimento intertravado de concreto x pavimento asfáltico. **PINI**, São Paulo/SP, dez. Edição 125. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/125/artigo299124-1.aspx>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **IP-06**: Instrução para dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto. São Paulo, 2004.

SENÇO, Wlastermiler. **Manual de Técnicas de Pavimentação**: Volume I. 2.ed. São Paulo: PINI, 2008. 761 p.

SENÇO, Wlastermiler. **Manual de Técnicas de Pavimentação**: Volume II. 2.ed. São Paulo: PINI, 2008. 671 p.