



DETERMINAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE PAVIMENTOS A SEREM IMPLANTADAS EM SOLOS DA FORMAÇÃO PALERMO - ESTUDO DE CASO

Cláudia Borges Fenali (1), Adailton Antônio dos Santos (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)claudia.fenali@gmail.com, (2)adailton@unesc.net

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar as estruturas de pavimentos flexíveis, a nível de anteprojeto, bem como os custos para implantação dos mesmos, em subleitos da Formação Palermo, do Município de Criciúma/SC. Para isso, buscou-se na literatura técnica, informações relativas à Formação Geológica do Município. Os estudos foram feitos para solo A1, A2-4, A4, A6, A7-5 e A7-6, de acordo com a classificação Transportation Research Board (TRB), e para o Índice de Suporte Califórnia do subleito determinado com 90% de confiança (ISC_{GC90}), variando entre 3,82% e 7,08% e, para expansão variando entre 0,18% e 1,33%, parâmetros estes determinados por ROSTIROLLA (2012). O dimensionamento foi feito para classificação de tráfego médio, com Número Equivalente de Operações do Eixo Padrão ($N_{\text{característico}}$) igual a 10^6 e carga por roda ($Q_{\text{característico}}$) igual a 4,1tf/roda, pelo Método do DNER para pavimentos em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) e Método do CBR para pavimentos em Blocos Intertravados de Concreto. O estudo apresentou as estruturas para os referidos pavimentos, a nível de anteprojeto, bem como, os custos/km dos mesmos. Os pavimentos em CBUQ apresentaram-se como melhor alternativa técnica e econômica, em relação aos pavimentos em Blocos Intertravados de Concreto.

Palavras-Chave: Dimensionamentos. Pavimentos Flexíveis. ISC_{GC90} . Custos.

1. INTRODUÇÃO

"Pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem uma deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas" (PINTO; PREUSSLER, 2002, p.11). O dimensionamento de um pavimento tem como objetivo calcular e verificar as espessuras, compatibilizando os materiais de forma que sua vida útil corresponda a certo número projetado de repetições de carga. Para atender os objetivos citados, o desenvolvimento do dimensionamento dos pavimentos flexíveis deve basear-se em métodos para dimensionamento, já existentes. A análise para



desenvolvimento dos mesmos pode ocorrer através de três métodos: Empíricos, Mecanísticos e Teórico-experimentais. Contudo, além de atender aos métodos para dimensionamento, também é de grande importância que se tenha conhecimento dos custos para implantação de um pavimento.

Partindo do pressuposto acima, o presente trabalho tem como objetivo apresentar as estruturas de pavimentos flexíveis, a nível de anteprojeto, bem como os custos para implantação dos mesmos, em subleitos da Formação Palermo, do Município de Criciúma/SC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Presente trabalho, iniciou com a busca na literatura Técnica, de informações teóricas relativas à Formação Geológica do Município de Criciúma/SC, considerando os resultados obtidos por Rostirolla (2012), no que se refere aos valores de ISC_{G90} . Em seguida determinou-se o $N_{\text{característico}}$ e o $Q_{\text{característico}}$, ao qual o pavimento estará sendo solicitado. A determinação do $N_{\text{característico}}$ foi feita tomando como base os estudos feitos pela empresa PROSUL - Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda.(2006), no dimensionamento dos pavimentos flexíveis das ruas locais e vias coletoras secundárias, por onde passa o Canal Auxiliar ao Rio Criciúma. Já a carga por roda ($Q_{\text{característico}}$), que corresponde ao tráfego médio, foi determinada segundo SENÇO (2001). Para o dimensionamento dos pavimentos em CBUQ e em Blocos Intertravados de Concreto, constantes do presente trabalho, foi adotado respectivamente, o Método do DNER e o Método do CBR, este conforme o Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT/2005. Por fim, os custos por quilômetro para os pavimentos em CBUQ e em Blocos Intertravados de Concreto (Sextavados e Briquete), foram determinados com base em valores da Tabela de Preços Rodoviários do Departamento Estadual de Infraestrutura - DEINFRA, com exceção do item revestimento em blocos intertravados de concreto sextavados, o qual foi determinado com base no valor unitário apresentado pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAP.



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para atingir o objetivo geral proposto, o estudo contemplou 18 (dezoito) estruturas de pavimentos, dimensionadas pelo Método do DNER (CBUQ) e 18 (dezoito) dimensionadas pelo Método do CBR (Blocos de Concreto), somando um total de 36 (trinta e seis).

3.1. DETERMINAÇÃO DA SOLICITAÇÃO DE TRÁFEGO

Para o dimensionamento dos pavimentos em CBUQ adotou-se o $N_{\text{característico}}$ de 10^6 (tráfego médio), valor este, estipulado pela empresa PROSUL, para as ruas locais e vias coletoras secundárias, por onde passa o Canal Auxiliar ao Rio Criciúma. Já a carga por roda ($Q_{\text{característico}}$), adotada no presente trabalho, é de 4,1tf/roda, e representa segundo SENÇO (2001), a solicitação de tráfego médio.

3.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

As Tabelas 1 e 2, apresentam as características dos materiais constituintes dos pavimentos, em CBUQ e Blocos Intertravados de Concreto, respectivamente, segundo as especificações do DNIT e PMSP - Prefeitura Municipal de São Paulo.

Tabela 1: Características dos materiais constituintes dos pavimentos em CBUQ.

Camada	Material	ISC	Expansão	KR	KB	KS
Revestimento	CBUQ	-	-	2	-	-
Base	BGS	≥ 80%	≤ 0,5%	-	1	-
Sub-Base	Macadame Seco	≥ 20%	≤ 1%	-	-	1

Fonte: Cláudia B. Fenali

Tabela 2: Características dos materiais constituintes dos pavimentos em blocos intertravados de concreto.

Camada	Material	Resistência a Compressão Simples	ISC	Expansão
Revestimento	Blocos de Concreto	35 MPa	-	-
Sub-Base	Macadame Seco	-	≥ 24%	≤ 1%

Fonte: Cláudia B. Fenali

3.3. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL EM CBUQ

Para o dimensionamento dos pavimentos flexíveis, objeto deste estudo, o $N_{\text{característico}}$ adotado foi de 10^6 , para o qual há necessidade, de acordo com o Método do DNER, de uma camada de revestimento tipo Tratamento Superficial. Entretanto, é de prática comum na região sul de Santa Catarina, adotar-se nesses casos uma camada de revestimento em CBUQ de 4 cm. Sendo assim, neste estudo, para atender a prática local e as especificações impostas pelo Método do DNER, adotou-se uma camada de CBUQ de 5 cm, que é a espessura mínima especificada pelo referido método.

A Tabela 3 apresenta as estruturas dos pavimentos, dimensionadas pelo Método do DNER, para os valores de ISC_{GC90} , obtidos para cada classificação TRB, de acordo com o tratamento estatístico de Rostirolla (2012).

Tabela 3: Estruturas dos pavimentos flexíveis em CBUQ.

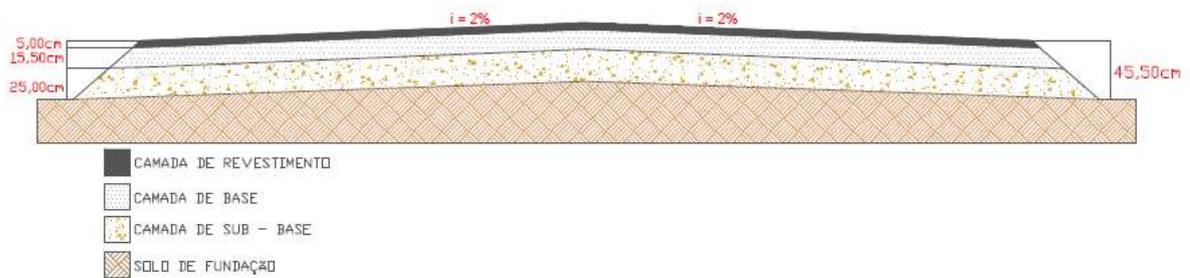
Classe	ISC_{GC90} (%)	CBUQ (cm)	BGS (cm)	Macadame (cm)	Camada Final (cm)
A1	6,36			25,0	45,5
A2-4	7,00			22,5	43,0
A4	7,08	5,0	15,5	22,0	42,5
A6	6,00			27,0	47,5
A7-5	4,54			36,0	56,5
A7-6	3,82			43,0	63,5

Fonte: Cláudia B. Fenali

Os resultados da Tabela 3, demonstram que os solos da Formação Palermo estudados, apresentam a mesma estrutura de pavimento, apresentando diferença apenas na espessura da camada de sub-base, a qual varia de 22,0 cm a 43,0 cm.

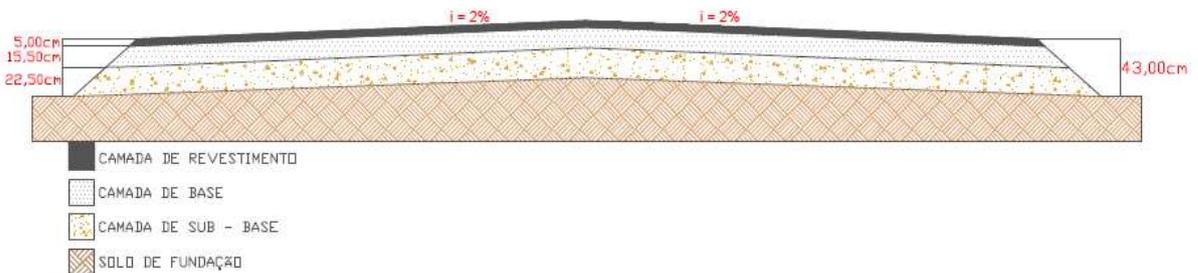
Com base nos resultados da Tabela 3, definiu-se as estruturas típicas, a nível de anteprojeto, dos pavimentos em CBUQ, dimensionados a partir dos valores ISC_{GC90} , obtidos para cada classificação TRB. As referidas estruturas encontram-se detalhadas nas Figuras 1 a 6.

Figura 1: Seção Tipo do Pavimento - Solo A1



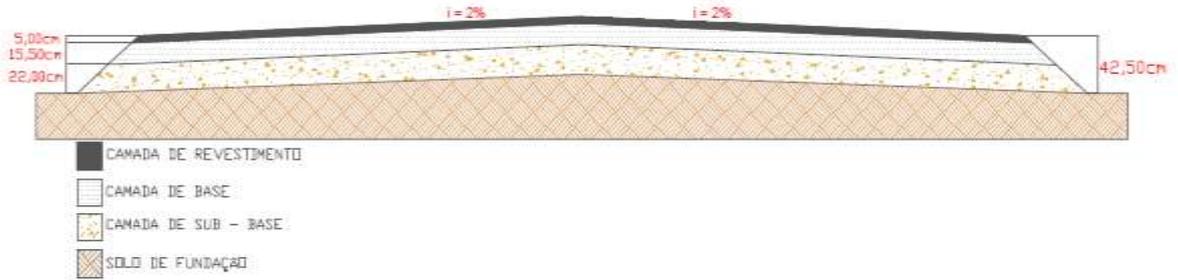
Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 2: Seção Tipo do Pavimento - Solo A2-4



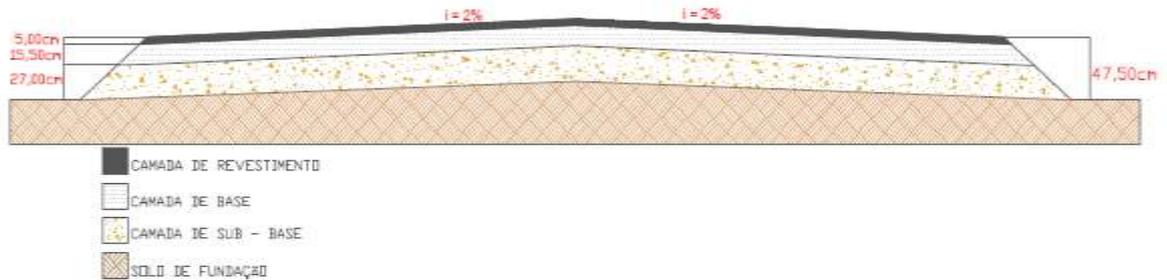
Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 3: Seção Tipo do Pavimento - Solo A4



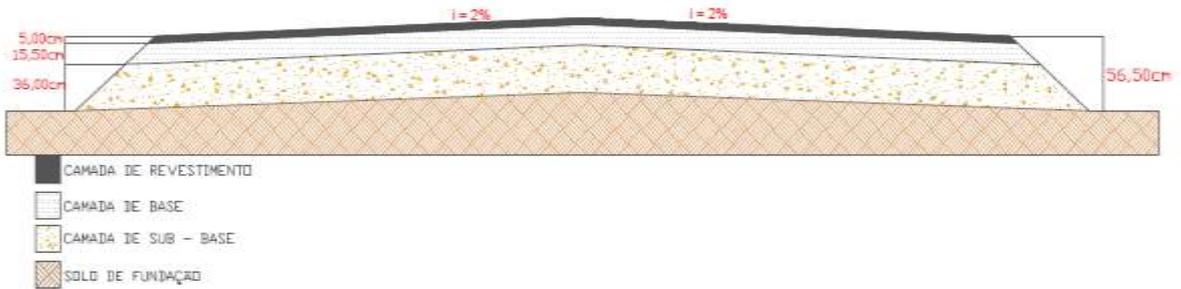
Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 4: Seção Tipo do Pavimento - Solo A6



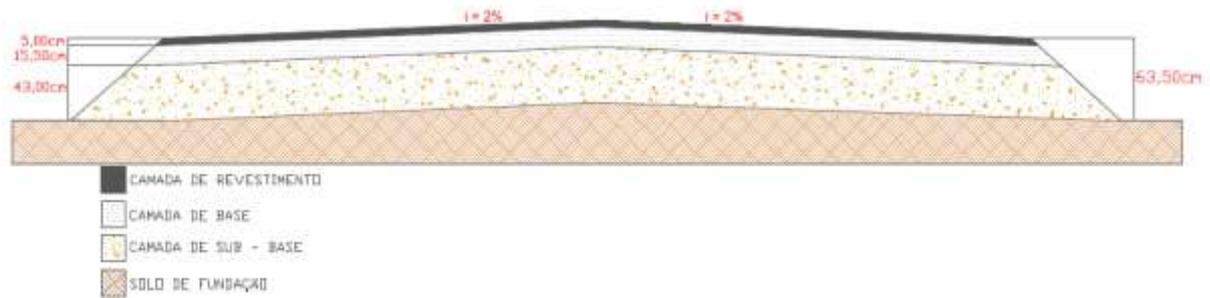
Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 5: Seção Tipo do Pavimento - Solo A7-5



Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 6: Seção Tipo do Pavimento - Solo A7-6



Fonte: Cláudia B. Fenali

3.4. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL EM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

Para o dimensionamento dos pavimentos em blocos intertravados de concreto o $N_{\text{característico}}$ adotado foi de 10^6 , para o qual há necessidade, de acordo com o Método da PMSP, de uma camada de revestimento com 8 cm. Com relação a espessura da camada de assentamento, o Método do CBR preconiza que seja de 4 cm. Entretanto, na região sul de Santa Catarina, é comum o uso de 6 cm. Sendo assim, adotou-se no presente trabalho uma camada de revestimento com 8 cm e uma camada de assentamento com 6 cm.

A Tabela 4 apresenta as estruturas dos pavimentos, a nível de anteprojeto, dimensionadas pelo Método do CBR, para os valores de ISC_{GC90} , obtidos para cada classificação TRB de acordo com o tratamento estatístico de Rostirolla (2012).

Tabela 4: Estruturas dos pavimentos flexíveis em blocos intertravados de concreto.

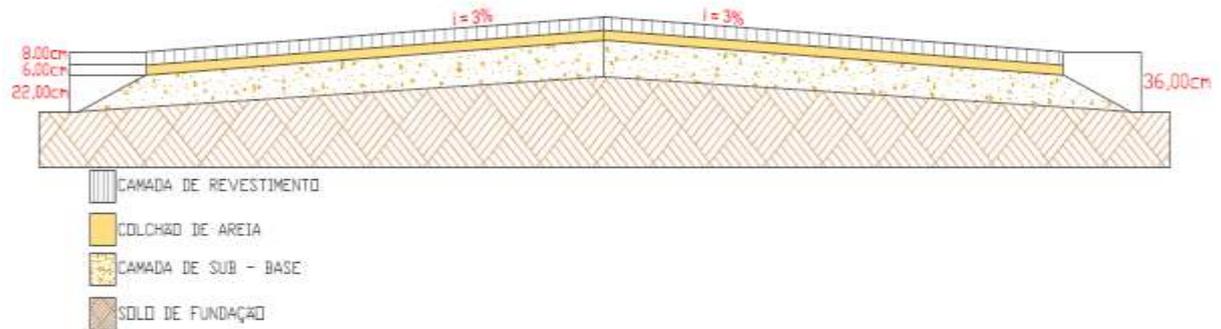
Classe	ISC_{GC90} (%)	Revestimento (cm)	Colchão de Areia (cm)	Macadame (cm)	Camada Final (cm)
A1	6,36			22,0	36,0
A2-4	7,00			20,0	34,0
A4	7,08			19,5	33,5
A6	6,00	8,0	6,0	23,0	37,0
A7-5	4,54			28,5	42,50
A7-6	3,82			32,0	46,0

Fonte: Cláudia B. Fenali

Observa-se pela Tabela 4, que para os solos da Formação Palermo, estudados, a estrutura de pavimento, apresenta diferença apenas na espessura da camada de sub-base, a qual varia de 19,5 cm a 32,0 cm.

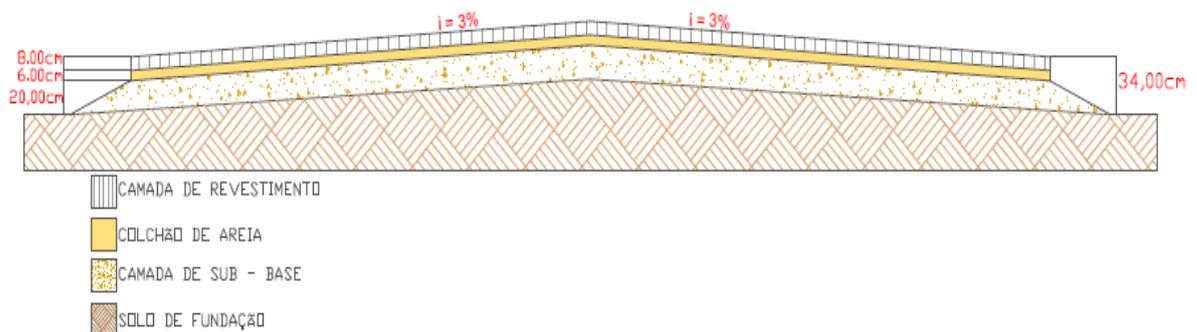
Com base nos resultados da Tabela 4, definiu-se as estruturas típicas, a nível de anteprojeto, dos pavimentos em blocos intertravados de concreto, dimensionados a partir dos valores ISC_{GC90} , obtidos para cada classificação TRB. As referidas estruturas encontram-se detalhadas nas Figuras 7 a 12.

Figura 7: Seção Tipo do Pavimento - Solo A1



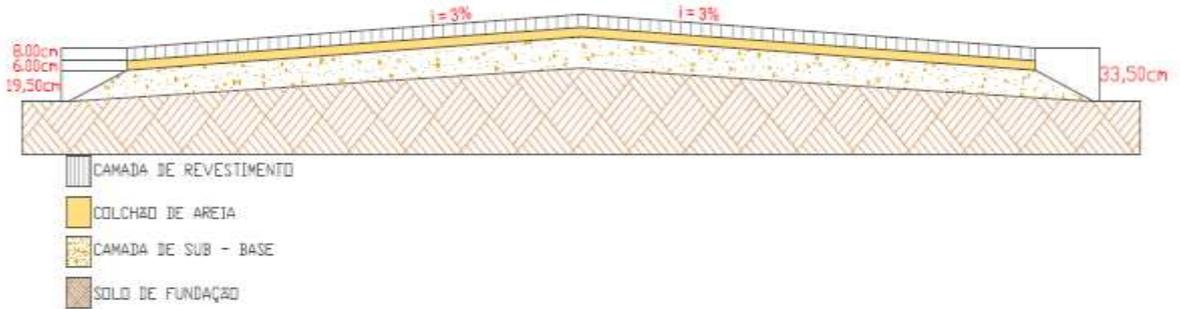
Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 8: Seção Tipo do Pavimento - Solo A2-4



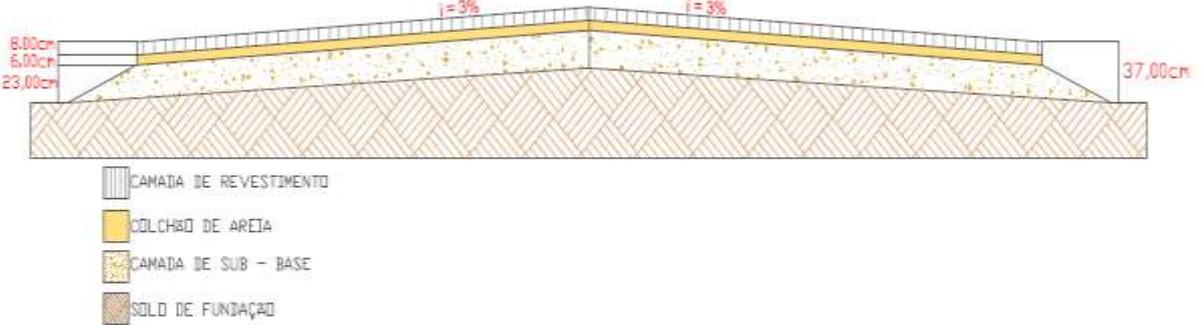
Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 9: Seção Tipo do Pavimento - Solo A4



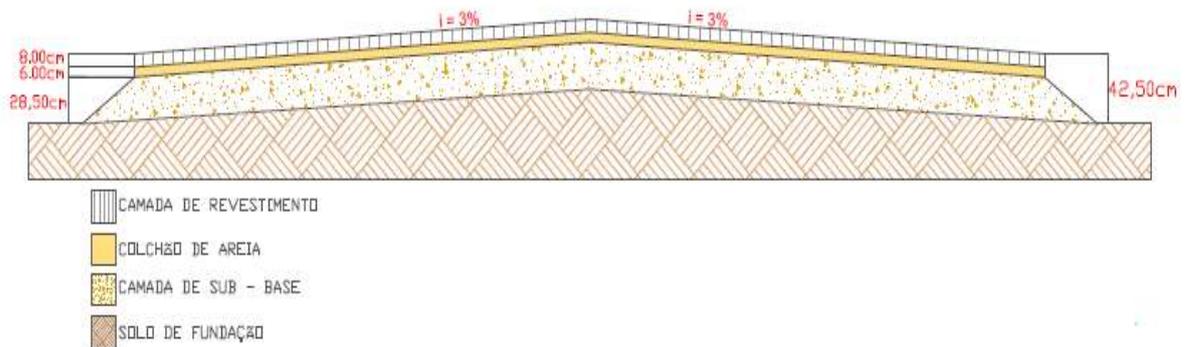
Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 10: Seção Tipo do Pavimento - Solo A6



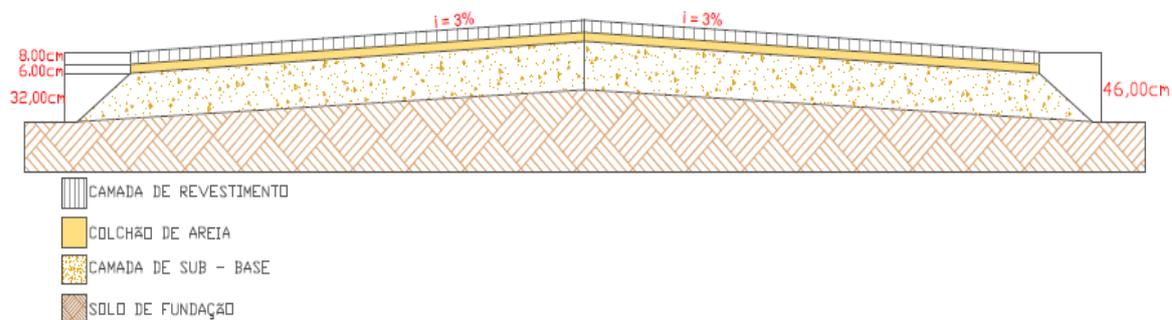
Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 11: Seção Tipo do Pavimento - Solo A7-5



Fonte: Cláudia B. Fenali

Figura 12: Seção Tipo do Pavimento - Solo A7-6



Fonte: Cláudia B. Fenali

3.5. DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS PARA EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS DOS PAVIMENTOS

Para levantamento dos custos, a quantidade de planilhas orçamentárias analisadas foi de, (18 dezoito) referentes aos pavimentos em CBUQ, (18 dezoito) aos em Blocos de Concreto Sextavados e 18 (dezoito) aos em Blocos de Concreto Briquete, perfazendo um total de 54 (cinquenta e quatro).

3.5.1. Determinação do custo/km para pavimentos com revestimento em CBUQ

Os custos dos pavimentos em CBUQ, foram determinados com base em valores unitários da Tabela de Preços do Departamento Estadual de Infraestrutura - DEINFRA.

A tabela 5, apresenta um resumo dos custos obtidos para cada estrutura dos pavimentos, dimensionados a partir dos valores de ISC_{GC90} , obtidos para cada classificação TRB.



Tabela 5: Custo/km.

Classe	ISC _{GC90} (%)	Custo/km (R\$)
A1	6,36	493395,13
A2-4	7,00	480453,88
A4	7,08	477865,63
A6	6,00	503748,13
A7-5	4,54	550336,63
A7-6	3,82	586572,13

Fonte: Cláudia B. Fenali

Os resultados da Tabela 5 demonstram que, para as classes de solo definidas pela TRB na Formação Palermo do Município de Criciúma/SC, o solo A4 foi o que apresentou o menor custo/km e, o solo A7-6 o maior. Os pavimentos implantados sobre subleitos da Formação Palermo podem apresentar uma variação percentual máxima no seu custo de implantação de 18,53%.

3.5.2. Determinação do custo/km para pavimentos com revestimento em blocos intertravados de concreto (bloco sextavado)

Os custos para os pavimentos em blocos intertravados de concreto (sextavados), foram obtidos com base nos valores unitários da Tabela de Preços do DEINFRA, com exceção do item revestimento em blocos intertravados de concreto (sextavados), o qual foi determinado com base no valor unitário apresentado pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAP.

A tabela 6 apresenta um resumo dos custos obtidos, para cada estrutura dos pavimentos, dimensionados a partir dos valores de ISC_{GC90}, para cada classificação TRB.



Tabela 6: Custo/km.

Classe	ISC _{GC90} (%)	Custo/km (R\$)
A1	6,36	549576,20
A2-4	7,00	539223,20
A4	7,08	536634,95
A6	6,00	554752,70
A7-5	4,54	583223,45
A7-6	3,82	601341,20

Fonte: Cláudia B. Fenali

Os resultados da Tabela 6 demonstram que, para as classes de solo definidas pela TRB na Formação Palermo do Município de Criciúma/SC, os solos A4 e A7-6 apresentaram o menor e o maior custo/km, respectivamente. Os pavimentos implantados sobre subleitos da Formação Palermo podem apresentar uma variação percentual máxima no seu custo de implantação de 10,76%.

3.5.3. Determinação do custo/km para pavimentos com revestimento em blocos intertravados de concreto (bloco briquete)

Os custos para os pavimentos em blocos intertravados de concreto (briquete), foram determinados com base nos valores unitários da Tabela de Preços do DEINFRA. A Tabela 7, apresenta um resumo dos custos obtidos para cada estrutura dos pavimentos, dimensionados a partir dos valores de ISC_{GC90}, para cada classificação TRB.

Tabela 7: Custo/km.

Classe	ISC _{GC90} (%)	Custo/km (R\$)
A1	6,36	668646,20
A2-4	7,00	658293,20
A4	7,08	655704,95
A6	6,00	673822,70
A7-5	4,54	702293,45
A7-6	3,82	720411,20

Fonte: Cláudia B. Fenali



Os resultados da Tabela 7, demonstram que para os solos da Formação Palermo, estudados, os que apresentaram menor e maior custo/km foram o A4 e o A7-6, respectivamente. Os pavimentos implantados sobre subleitos da Formação Palermo podem apresentar uma variação percentual máxima no seu custo de implantação de 8,98%.

3.6. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE OS PAVIMENTOS ESTUDADOS

Os valores de custo/km, determinados anteriormente, para pavimentos flexíveis em CBUQ, blocos intertravados de concreto sextavados e blocos intertravados de concreto briquete, estão apresentados na Tabela 8, em forma de variação percentual entre os mesmos.

..Tabela 8: Comparação de custos para as diferentes estruturas.

Classe	CBUQ X Blocos Sextavados	CBUQ X Blocos Briquete	Blocos Sextavados X Blocos Briquete
A1	-10,22%	-26,21%	-17,81%
A2-4	-10,90%	-27,02%	-18,09%
A4	-10,95%	-27,12%	-18,16%
A6	-9,19%	-25,24%	-17,67%
A7-5	-5,64%	-21,64%	-16,95%
A7-6	-2,46%	-18,58%	-16,53%

..Fonte: Cláudia B. Fenali

Os resultados da Tabela 8, demonstram que para os pavimentos flexíveis analisados no presente trabalho, quando implantados sobre os solos da Formação Palermo do Município de Criciúma/SC, os em CBUQ apresentam-se mais econômicos.

Já em relação aos intertravados, pode se afirmar que o mais econômico é o sextavado.

4. CONCLUSÕES

As Tabelas 9 a 11 apresentam as estruturas de pavimentos flexíveis, a nível de anteprojeto, para solos da Formação Palermo, estudados no presente trabalho, bem como seus custos de implantação por quilômetro para cada tipo de revestimento.

Tabela 9: Estruturas a nível de antiprojeto para pavimentos em CBUQ.

Classe	ISC _{GC90} (%)	CBUQ (cm)	BGS (cm)	Macadame (cm)	Camada Final (cm)	Custo/km (R\$)
A1	6,36			25,0	45,5	493395,13
A2-4	7,00			22,5	43,0	480453,88
A4	7,08	5,0	15,5	22,0	42,5	477865,63
A6	6,00			27,0	47,5	503748,13
A7-5	4,54			36,0	56,5	550336,63
A7-6	3,82			43,0	63,5	586572,13

Fonte: Cláudia B. Fenali.

As análises da Tabela 9 demonstram que, os pavimentos flexíveis em CBUQ implantados sobre subleitos da Formação Palermo podem apresentar uma variação percentual máxima no seu custo/km de implantação de 18,53%.

Tabela 10: Estruturas a nível de antiprojeto para pavimentos em Blocos Sextavados.

Classe	ISC _{GC90} (%)	Blocos Sextavados (cm)	Colchão de Areia (cm)	Macadame (cm)	Camada Final (cm)	Custo/km (R\$)
A1	6,36			22,0	36,0	549576,20
A2-4	7,00			20,0	34,0	539223,20
A4	7,08	8,0	6,0	19,5	33,5	536634,95
A6	6,00			23,0	37,0	554752,70
A7-5	4,54			28,5	42,50	583223,45
A7-6	3,82			32,0	46,0	601341,20

Fonte: Cláudia B. Fenali.

As análises da Tabela 10 demonstram que, os pavimentos em blocos sextavados implantados sobre subleitos da Formação Palermo podem apresentar uma variação percentual máxima no seu custo de implantação por quilometro de 10,76%.

Tabela 11: Estruturas a nível de antiprojeto para pavimentos em Blocos Briquete.

Classe	ISC _{GC90} (%)	Blocos Briquete (cm)	Colchão de Areia (cm)	Macadame (cm)	Camada Final (cm)	Custo/km (R\$)
A1	6,36			22,0	36,0	668646,20
A2-4	7,00			20,0	34,0	658293,20
A4	7,08	8,0	6,0	19,5	33,5	655704,95
A6	6,00			23,0	37,0	673822,70
A7-5	4,54			28,5	42,50	702293,45
A7-6	3,82			32,0	46,0	720411,20

Fonte: Cláudia B. Fenali.

Os resultados da Tabela 11 demonstram que, os pavimentos blocos briquete implantados sobre subleitos da Formação Palermo podem apresentar uma variação percentual máxima no seu custo/km de implantação de 8,98%.

O presente estudo, demonstra com grau de confiança de 90% que, entre os pavimentos flexíveis estudados, o em CBUQ, apresenta - se como melhor alternativa técnica e econômica, a nível de anteprojeto, para o Município de Criciúma/SC.

5. REFERÊNCIAS

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**, 3 ed. - Rio de Janeiro, 2006a.

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 Pavimentos Rígidos**, Rio de Janeiro, 2005.

PINTO, S.; PREUSSLER, E.S. Pavimentação Rodoviária. Conceitos Fundamentais sobre pavimentos Flexíveis. Rio de Janeiro: Copiadora e Artes Gráficas Ltda, 2002, 2ªed., 259p.

PROSUL - Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda. Projeto Básico Executivo de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Criciúma. Projeto de Implantação de o Canal Auxiliar - Rio Criciúma. **Memorial de Projeto-Meta 1 Reo:F**. Vol. 1.1, 2006, 99p.



ROSTIROLLA, Rafael C. **Determinação dos Parâmetros Físicos e Mecânicos dos Solos da Formação Palermo e Rio Bonito do Município de Criciúma.** 2012. 19p. Artigo Científico Curso de Engenharia Civil, UNESC, Santa Catarina.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** Vol 1. São Paulo: Pini, 2001, 1ed., 746p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** Vol 2. São Paulo: Pini, 2001, 1ed., 671p.