

ANEXO 4 – Pavimentação

Pré Dimensionamento

Considerando que o projeto foi desenvolvido em nível conceitual/anteprojeto, foi realizado um pré-dimensionamento dos pavimentos previstos de serem implantados, para efeito de estimativa de quantitativos, com as seguintes características:

Condições de fundação

As sondagens efetuadas revelam nos primeiros metros um aterro composto essencialmente por siltes areno-argilosos, tendo o solo subjacente ao aterro a mesma composição granulométrica. Da classificação de solos para fins rodoviários, preconizada pela AASHO (*American Association of State Highways Officials*), resultam solos A-2-6 e A-2-7. Note-se que esta classificação é uma estimativa conservadora dada à ausência de resultados dos ensaios laboratoriais necessários para a realização desta classificação, nomeadamente ensaios relativos à análise granulométrica e limites de *Atterberg*. Do mesmo modo, de forma conservadora, considera-se uma classe para o solo de fundação S2 com os valores de CBR (*California Bearing Ratio*) compreendidos entre os 5% e os 10%, pelo que se adotou de forma conservativa o valor de 6%, que se situa no limite inferior, a que corresponde um módulo de deformabilidade para a fundação de pavimento de 60 MPa.

Todavia, de forma a validar os pressupostos apresentados anteriormente, recomenda-se a realização de uma campanha de prospecção complementar que deverá incluir, ao longo do traçado em estudo, a execução de sondagens por poço com a coleta de amostras para a realização dos seguintes ensaios laboratoriais:

- Análise Granulométrica;
- Limites de consistência (Atterberg) – liquidez e plasticidade;
- Compactação Proctor Modificado;
- Determinação do índice CBR;
- Umidade natural;
- Expansão livre;
- Densidade in situ;

Tráfego

Com base no estudo de tráfego realizado apresenta-se nos quadros seguintes o N^o de veículos e os números "N" – Equivalente de Operações do Eixo Padrão (8,2 toneladas), calculados de acordo com as metodologias AASHTO e USACE, para o período de projeto de 10 anos, para os pavimentos flexíveis, e de 20 anos para os pavimentos rígidos (corredores BRT), considerando-se 2015 como o ano de abertura ao tráfego.

ANEXO 4 – Pavimentação

Tráf. hp / sentido	Metodologia AASHTO		Metodologia USACE	
	N (2015)	N 12 anos (2015-2026)	N (2015)	N 12 anos (2015-2026)
25	3.06E+05	3.87E+06	5.71E+05	7.22E+06
50	6.12E+05	7.73E+06	1.14E+06	1.44E+07
75	9.18E+05	1.16E+07	1.71E+06	2.16E+07
1000	1.22E+06	1.55E+07	2.29E+06	2.89E+07
1250	1.53E+06	1.93E+07	2.86E+06	3.61E+07
1500	1.84E+06	2.32E+07	3.43E+06	4.33E+07
1750	2.14E+06	2.71E+07	4.00E+06	5.05E+07
2000	2.45E+06	3.09E+07	4.57E+06	5.77E+07
2250	2.76E+06	3.48E+07	5.14E+06	6.49E+07
2500	3.06E+06	3.87E+07	5.71E+06	7.22E+07
2750	3.37E+06	4.25E+07	6.28E+06	7.94E+07
3000	3.67E+06	4.64E+07	6.86E+06	8.66E+07
3250	3.98E+06	5.03E+07	7.43E+06	9.38E+07
3500	4.29E+06	5.41E+07	8.00E+06	1.01E+08
3750	4.59E+06	5.80E+07	8.57E+06	1.08E+08

Quadro 1 – Quadro resumo dos números “N”, calculados de acordo com as metodologias AASHTO e USACE, do pavimento flexível e para um período de projeto de 10 anos.

Trecho	Nº veículos Ano (2015)	Nº veículos 20 anos (2015-2034)	Metodologia AASHTO		Metodologia USACE	
			N (2015)	N 20 anos (2015-2034)	N (2015)	N 20 anos (2015-2034)
ACM - Lapa	270214	6.07E+06	1.91E+06	4.30E+07	3.91E+06	8.79E+07
ACM - Pituba	405320	9.11E+06	2.86E+06	6.42E+07	5.87E+06	1.32E+08
Iguatemi - ACM	405320	9.11E+06	2.86E+06	6.42E+07	5.87E+06	1.32E+08

Quadro 2 – Quadro resumo do Nº de veículos e dos números “N”, calculados de acordo com as metodologias AASHTO e USACE, do pavimento rígido e para um período de projeto de 20 anos.

Pavimento Flexível

Para o dimensionamento das estruturas dos novos pavimentos flexíveis a serem implementados foi utilizado o **Método Empírico do DNIT** ou **Método do DNER**, apresentado no Manual de Pavimentação do DNIT, IPR-719 de 2006.

De acordo com o método de dimensionamento do DNER, os tipos e espessuras mínimas recomendadas para o revestimento betuminoso (R), em função do número equivalente “N” de operações do eixo simples padrão de 8,2 ton. (80 kN), calculado para um período de projeto (P) igual a 10 anos, são os apresentados no Quadro seguinte:

ANEXO 4 – Pavimentação

Espessura Mínima do Revestimento Betuminoso - Método de DNIT (DNER)	
N	Revestimento / Espessura Mínima
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5.10^6$	Revestimentos betuminosos com 5 cm de espessura
$5.10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5.10^7$	Concreto betuminoso com 10 cm de espessura
Mais de 5.10^7	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Quadro 3 – Quadro resumo da espessura mínima do revestimento betuminoso – Método do DNER.

Com base no **Método do DNER** e no valor de tráfego “N” calculado pelo método da USACE (mais conservativo) as estruturas de pavimento flexível a implementar nos pavimentos novos, para um período de projeto de 10 anos, são as que constam no quadro seguinte:

Pavimento	Tráfego hp / sentido	Revestimento R (cm)	Base B (cm)	Sub-base SB (cm)	Reforço REF (cm)
PAV 1	250 - 500	8 (4+4)	15	15	20
PAV 2	501 - 1500	10 (5+5)	15	15	20
PAV 3	1501 - 3750	13 (5+8)	15	15	20

Quadro 4 – Estruturas de pavimento flexível – Período Projeto 10 anos.

Sendo que os materiais a serem utilizados nas várias camadas são os seguintes:

- **Revestimento (R):** CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente;
- **Base (B):** Brita Graduada Simples;
- **Sub-base (SB):** Solo estabilizado granulometricamente;
- **Reforço (REF):** Solo de Empréstimo com CBR > 10 %;
- **Pintura de Ligação:** Emulsão RR-1C;
- **Imprimação:** Asfalto Diluído CM-30.

No dimensionamento das estruturas dos novos pavimentos rígidos a implementar nos corredores BRT - Bus Rapid Transit, em concreto simples com barras de transferência, foi utilizado o **Método de Portland Cement Association – PCA - 1984**, apresentado no Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, IPR-714 de 2005.

Este método tem como dados de entrada as características da fundação da via, expresso pelo valor do CBR do material subjacente, os números “N” obtidos através do estudo do tráfego e as propriedades do concreto.

ANEXO 4 – Pavimentação

Pavimento	Trecho	Método AASHTO		Método USACE	
		Placa (cm)	Sub-base SB (cm)	Placa (cm)	Sub-base SB (cm)
PAV 1	ACM - Lapa	24	20	24	20
PAV 2	ACM - Iguatemi	24	20	25	20

Quadro 5 – Estruturas de pavimento rígido com base nos valores de “N” calculado pelos métodos AASHTO e USACE – Período Projeto 20 anos.

Os materiais a serem utilizados na execução dos pavimentos rígidos a implementar nos corredores BRT são os seguintes:

- **Sub-base:** Brita graduada simples;
- **Filme de separação / impermeabilização:** Filme plástico de polietileno com 1,5 mm de espessura;
- **Placa:** em concreto simples com resistência à tração na flexão de 4,5 MPa e com barras de transferência e de ligação (transversais e longitudinais).

As placas a construir deverão ter um comprimento de 10 m e uma largura de uma faixa.

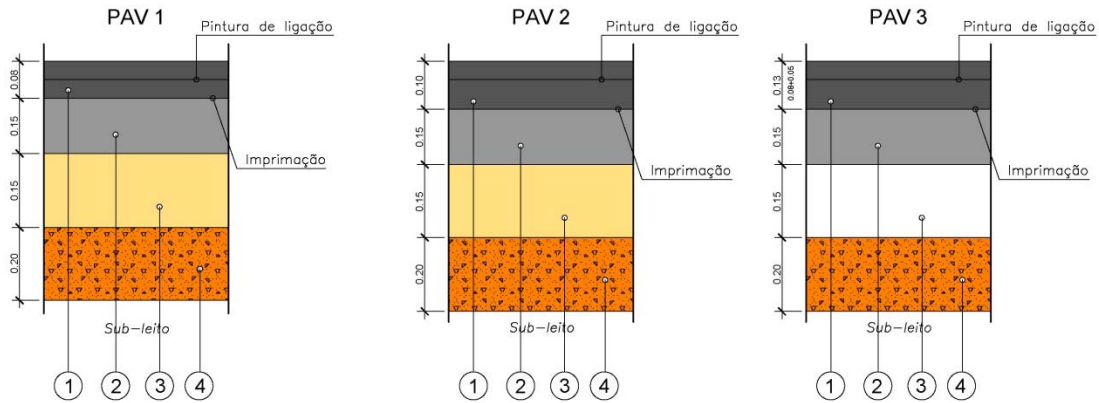
Pavimentos nas Obras de Arte

Nos tabuleiros das obras de arte previu-se a aplicação das seguintes estruturas:

- Trechos com pavimento flexível – 5 cm CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente.
- Trechos com pavimento rígido - Placa em concreto simples com barras de transferência: 10 cm.

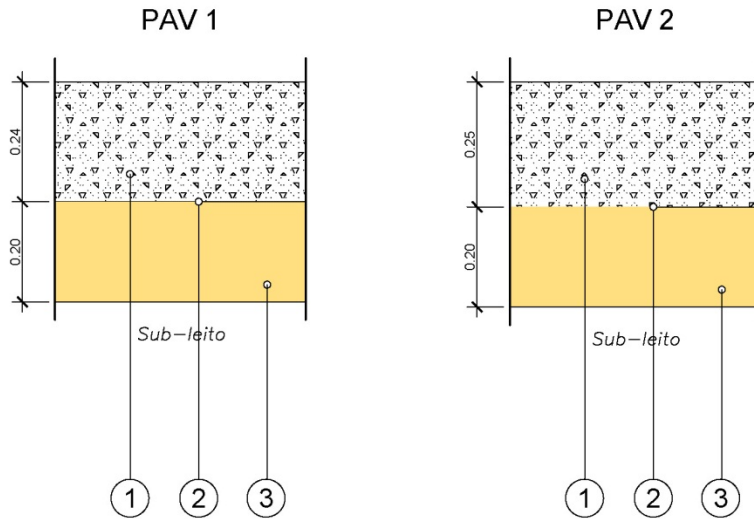
ANEXO 4 – Pavimentação

DIAGRAMAS LINEARES DE ESTRUTURAS DE PAVIMENTO FLEXÍVEL ESCALA 1:10



- ① – Revestimento (R) : CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente
- ② – Base (B) : Brita Graduada Simples – CBR 80%
- ③ – Sub-base (SB) : Brita Graduada Simples – CBR 60%
- ④ – Reforço (REF) : Solo de Empréstimo com CBR > 40%

DIAGRAMAS LINEARES DE ESTRUTURAS DE PAVIMENTO RÍGIDO ESCALA 1:10



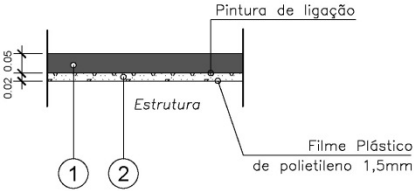
- ① – Placa em concreto simples com barras de transferência e de ligação
- ② – Filme de Separação/Impermeabilização de polietileno 1,5mm
- ③ – Sub-Base : Brita Graduada Simples – CBR 80%

ANEXO 4 – Pavimentação

DIAGRAMAS LINEARES DE ESTRUTURAS DE PAVIMENTO NAS OBRAS DE ARTE

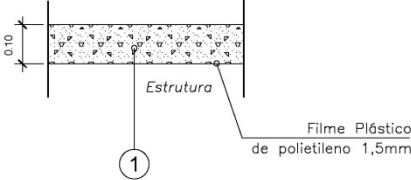
ESCALA 1:10

PAVIMENTO FLEXÍVEL



- ① - CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente
- ② - Argamassa Betuminosa

PAVIMENTO RÍGIDO



- ① - Placa em concreto simples com barras de transferência