



MUNICIPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia e Obras
Rua Caramuru, 271 – Centro
85501-060 – Pato Branco – PR
Fone (46) 3223-2509
e-mail: engenharia@patobranco.pr.gov.br

ESTUDO PRELIMINAR ENTORNO DO TERMINAL URBANO

- PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO
- DRENAGEM PLUVIAL
- MURO DE ARRIMO

PATO BRANCO - PR

SOLUÇÕES PARA A PAVIMENTAÇÃO

A implantação de um corredor de ônibus exige elementos que potencializam a malha urbana. A melhoria da operação dos transportes coletivos, e conseqüentemente uma maior mobilidade, se dá a partir da implantação de um sistema viário com segregação de faixas de tráfego, estações de embarque e desembarque com tratamentos diferenciados e acessíveis e terminais de integração para conexão entre linhas (CONFEA, 2005).

Alguns dos benefícios esperados com a implantação de corredores de ônibus são: eficiência, qualidade, segurança, maior velocidade operacional, ampliação da acessibilidade e mobilidade, requalificação urbana das áreas do entorno e conseqüente redução dos tempos das viagens.

Tipos de Pavimento

Os principais tipos de pavimentos utilizados nas vias das cidades são do tipo "flexível", construídos na maioria das ruas e avenidas; e do tipo "rígido", eventualmente encontrado em corredores de ônibus, vias de circulação rápida com tráfego intenso, pesado e repetitivo. Especialistas apontam que o tempo mínimo para manutenção corretiva em um pavimento de concreto é em torno de 20 anos comparados aos seis anos de vida útil do pavimento flexível.

O pavimento flexível é caracterizado como aquele que possui uma camada de rolamento asfáltica e de base, podendo possuir mais camadas, que são apoiadas sobre a estrada quando a camada de rolamento se adapta na formação da base (DNIT, 2006). O tipo de nomenclatura usada nos pavimentos flexíveis pode ser denominado de pavimentos asfálticos, pois suas deformações até um certo momento não se rompem. O dimensionamento é por tração e flexão, devido aos esforços que os veículos provocam, levando a deformações permanentes. O material usado neste tipo de pavimento é basicamente composto por concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) (BERNUCCI, 2010).

Os pavimentos rígidos podem possuir também a nomenclatura de concreto de cimento Portland ou simplesmente concreto-cimento, devido a sua



composição ser constituída por placas de concreto de cimento Portland. Sua formação é gerada através de uma mistura de agregados, areia, cimento e água, que é capaz de ser armada com barras metálicas. Esse tipo de pavimento, pode se romper sob os esforços de tração e flexão quando estão sujeitos a deformações (BERNUCCI, 2010).

Os pavimentos flexíveis necessitam de base e sub-base de maior espessura para transferência de carga, devido à menor capacidade estrutural do pavimento flexível às cargas pontuais. Os pavimentos rígidos, por possuir a capacidade estrutural do concreto, fazem uma distribuição maior das cargas, eliminando subcamadas, segundo a *American Concrete Pavement Association*, a ACPA. O esquema de distribuição de cargas pode ser melhor visualizado na figura 01 abaixo.

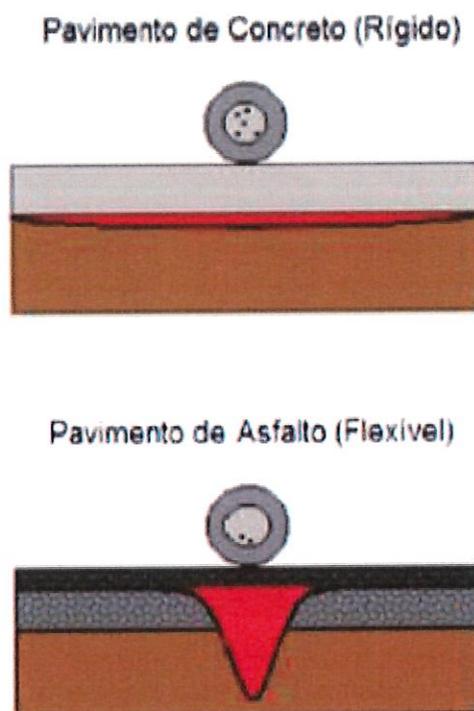


Figura 01: Distribuição de cargas nos tipos de pavimento.

Vantagens do Pavimento Rígido

Algumas das principais vantagens do pavimento rígido sobre o flexível são relacionadas abaixo:

- 1) Não promove aquaplanagem, mantendo a superfície seca e drenada.

8.

Ufm

2) Melhor visibilidade por reflexão, economizando 30% nos gastos de iluminação pública.

3) Menor custo operacional dos veículos (suspensão, freios e pneumáticos).

4) Maior durabilidade com pouca manutenção.

5) Não sofre deformação plástica, buracos e trilhas de rodas.

6) Não sofre deformação na frenagem e aceleração.

7) Não sofre ataque de substâncias derivadas do petróleo.

8) Economia de combustível na ordem de 20% em ônibus e caminhões carregados.

9) Redução de até 14°C na temperatura de superfície do pavimento.

10) Conforto de rolamento.

11) Custo de construção competitivo comparado ao sistema flexível ao longo de sua vida útil.

12) Vantagens ambientais do concreto como redução do consumo de pneus.

A competitividade do pavimento rígido nas vias urbanas de tráfego canalizado

Em condições de tráfego canalizado, como os corredores de ônibus urbanos, o pavimento rígido se apresenta bastante competitivo, ficando em certas situações com um custo abaixo das alternativas, mesmo considerando-se apenas o investimento inicial de implantação.

Verificando o gráfico, elaborado pelo CONFEA (2005), mostrado na Figura 02, demonstrando os custos comparativos entre os tipos de pavimentação, observa-se que os custos de implantação no sistema de pavimento rígido mostram-se competitivos em relação ao sistema convencional (flexível) quando submetido a tráfegos mais intensos, casos dos corredores de ônibus.

Percebe-se que o pavimento asfáltico tem menor custo de construção nas situações de menor tráfego comercial, e que à medida que os volumes de tráfego aumentam essa situação se inverte e o pavimento de concreto torna-se então a melhor alternativa.

utm

Custo Comparativo de Pavimentação

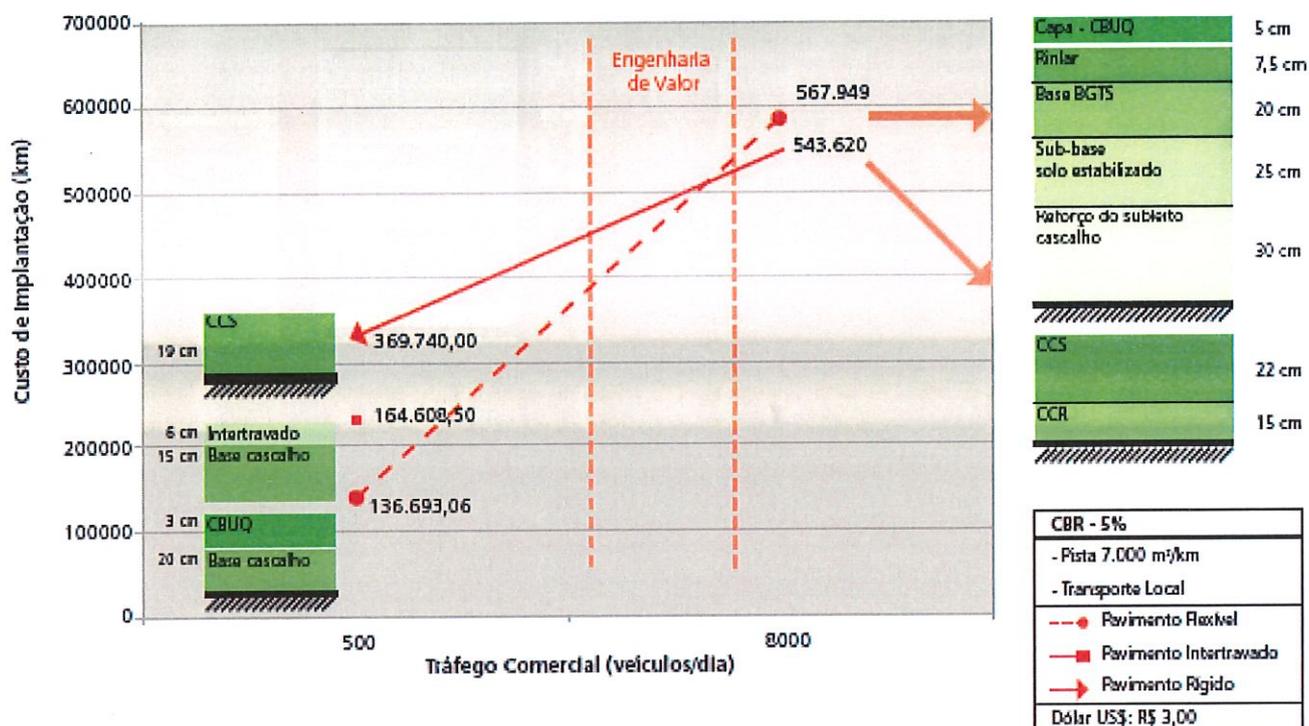


Figura 02: Comparativo Custo X Volume de Tráfego.

É muito importante ressaltar que o custo total de um pavimento se compõe de três parcelas:

Custo de Implantação: É o custo gerado para a construção da via de acordo com métodos de dimensionamentos normatizados.

Custo de Manutenção: É o custo gerado para manter o pavimento ao longo de sua vida útil em boas condições de utilização.

Custo de Operação: É o custo gerado por acidentes e paralisações de tráfego, advindas das condições de manutenção das vias e causando aumento do tempo de viagens, aumento do consumo de combustíveis e da manutenção dos veículos, além de despesas hospitalares e indenizatórias.

Quando se fala de tráfego pesado, fica evidente a vantagem de se utilizar o pavimento rígido se avaliarmos num estudo econômico financeiro a influência destas três parcelas no custo total desse pavimento.

Dessa forma, para o corredor de ônibus do Terminal Urbano e a pista de carros, faremos uma avaliação de custos comparativa entre o pavimento flexível (CBUQ) e o pavimento rígido (concreto), tendo como premissa inicial de

Estm

que para ambas as soluções será realizada a execução de base sob a camada de tráfego.

Comparativo de Custos Pavimento Rígido X Pavimento Flexível

Para o dimensionamento dos reforços, em termos de CBUQ, da pavimentação existente foi utilizado o Método DNER-PRO 011/79 do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Já o dimensionamento do pavimento em concreto simples foi utilizado o Método da Portland Cement – PCA – Versão de 1984. Ambos são amplamente difundidos e aceitos no meio técnico e em comum requerem análises deflectométricas para realizar a associação das condições do pavimento e parâmetro inicial de cálculo.

PARA O CORREDOR DE ÔNIBUS

Cálculo da camada em termos de CBUQ – Método DNER-PRO 011/79

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS								
DNER-PRO 011/79								
Local	Dc	Fs	Dp	Dp média	N	D _{adm}	h _{cb}	Espessura Adotada (cm)
Entorno do Terminal - Pista Carros	91,11	1,2	109,33	109,33	3,30E+06	74,02	6,78	7,00
Entorno do Terminal - Pista Ônibus	87,18	1,2	104,62	104,62	1,69E+07	55,60	10,98	11,00
Dc: Deflexão Característica								
Fs: Fator de Correção Sazonal (Tabela II)								
Dp: Deflexão de Projeto (em 0,01mm)								
N: Número de Solicitações								
D _{adm} : Deflexão Admissível								
h _{cb} : Espessura do Reforço do Pavimento em concreto betuminoso								

Cálculo da camada em concreto simples – Método PCA

CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO

CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO									
Projeto: Entorno Terminal Urbano - Canaleta Ônibus									
Espessura- tentativa: 20 cm									
D ₀ 0,872 mm			Juntas com BT:			sim		x não	
K _{SB} 116 Mpa/m			Acostamento de concreto:			sim		não x	
Resistência característica à tração na flexão 4,5 Mpa			Período de projeto: 20 anos						
Fator de segurança de cargas, Fsc 1,5									

CÁLCULO DE EIXOS TOTAIS POR CLASSE DE CARGA

Cargas por eixo (tf)	Cargas por eixo x Fsc (tf)	Nº de repetições previstas	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSIÃO	
			nº de repetições admissíveis	Consumo de Fadiga (%)	nº de repetições admissíveis	Consumo de Fadiga (%)
			(4)	(5)	(6)	(7)
(1)	(2)	(3)	(8) Tensão equivalente	1,52	(10) Fator de erosão	2,99
Eixos Simples			(9) Fator de fadiga	0,338		
< 5	6	941.388	ilimitado	0	ilimitado	0
5-6	7,2					
6-7	8,4					
7-8	9,6	4.525.902	ilimitado	0	8.000.000	56,57
8-9	10,8					
9-10	12					
10-11	13,2					
11-12	14,4					
12-13	15,6					
13-14	16,8					
14-15	18					
15-16	19,2					

Observa-se que, para um período de projeto de 20 anos, a espessura da camada pelo pavimento flexível seria de 11,0cm, já para o pavimento rígido de 20,0cm. Em termos de custos temos:

Método Executivo	Espessura da Camada (cm)	Custo (R\$/m ²)
Pavimento em CBUQ (contempla pintura de ligação, carga, descarga e transporte)	11	155,49
Pavimento em Concreto Simples	20	152,97

Verifica-se que devido ao tráfego exclusivo de ônibus no corredor do Terminal Urbano, a opção pelo pavimento rígido (em concreto simples) mostra-se mais viável economicamente, visto que a diferença entre custos é na ordem de 1,65% na implantação. A escolha pelo pavimento rígido não se dá apenas por esse quesito e sim pelo somatório de vantagens já elencadas e principalmente pelo baixo custo de manutenção.

PARA A PISTA DE CARROS

Cálculo da camada em termos de CBUQ – Método DNER-PRO 011/79

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS								
DNER-PRO 011/79								
Local	Dc	Fs	Dp	Dp média	N	D _{adm}	h _{cb}	Espessura Adotada (cm)
Entorno do Terminal - Pista Carros	91,11	1,2	109,33	109,33	3,30E+06	74,02	6,78	7,00
Entorno do Terminal - Pista Ônibus	87,18	1,2	104,62	104,62	1,69E+07	55,60	10,98	11,00
Dc: Deflexão Característica Fs: Fator de Correção Sazonal (Tabela II) Dp: Deflexão de Projeto (em 0,01mm) N: Número de Solicitações D _{adm} : Deflexão Admissível h _{cb} : Espessura do Reforço do Pavimento em concreto betuminoso								

Cálculo da camada em concreto simples – Método PCA

CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO										
Projeto: Entorno Terminal Urbano - Pista Carros										
Espessura- tentativa: 20 cm										
D ₀	0,9111	mm	Juntas com BT:				sim	x	não	
K _{SB}	111	Mpa/m	Acostamento de concreto:				sim	não	x	
Resistência característica à tração na flexão		4,5	Mpa	Período de projeto:		5	anos			
Fator de segurança de cargas, Fsc		1,5								

CÁLCULO DE EIXOS TOTAIS POR CLASSE DE CARGA						
Cargas por eixo (tf)	Cargas por eixo x Fsc (tf)	Nº de repetições previstas	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSÃO	
			nº de repetições admissíveis	Consumo de Fadiga (%)	nº de repetições admissíveis	Consumo de Fadiga (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Eixos Simples			(8) Tensão equivalente	1,54	(10) Fator de erosão	3
			(9) Fator de fadiga	0,34		
< 5	6	6.760.499	ilimitado	0	60.000.000	11,27
5-6	7,2					
6-7	8,4					
7-8	9,6	653.461	ilimitado	0	1.900.000	34,39
8-9	10,8					
9-10	12					
10-11	13,2					
11-12	14,4					
12-13	15,6					
13-14	16,8					
14-15	18					
15-16	19,2					

Observa-se que, para um período de projeto de 5 anos, a espessura da camada pelo pavimento flexível seria de 7,0cm, já para o pavimento rígido de 20,0cm. Em termos de custos temos:

Método Executivo	Espessura da Camada (cm)	Custo (R\$/m²)
Pavimento em CBUQ (contempla pintura de ligação, carga, descarga e transporte)	7	99,99
Pavimento em Concreto Simples	20	152,97

Verifica-se que devido ao tráfego leve a opção pelo pavimento flexível (em CBUQ) mostra-se mais viável economicamente, visto que a diferença entre custos é na ordem de 52,98% na implantação. A diferença significativa nos custos de implantação do pavimento flexível absorveria os custos de manutenção mais frequentes, e a expectativa é de que, como a pista será utilizada em quase sua totalidade por veículos leves o pavimento tenha uma vida útil superior ao período de projeto. Dessa forma, na pista de veículos, a utilização do pavimento em CBUQ mostra-se mais vantajoso.

Além disso, a opção pelo pavimento flexível na pista de carros se dá também pela limitação na espessura do pavimento, visto que na face lindeira da pista existem inúmeros comércios, sendo que o nível da calçada não pode sofrer grandes alterações para não prejudicar os acessos a esses estabelecimentos.

SOLUÇÕES PARA A DRENAGEM

Devido as intervenções que serão realizadas na pista, havendo a separação para uma pista exclusiva de ônibus e uma pista os demais veículos bem como alterações nas larguras das calçadas e deslocamentos dos meios-fios, existe a necessidade de execução de novas soluções para a drenagem pluvial, sendo indispensável refazer a rede de drenagem.

Na Rua Araribóia, a rede de drenagem na pista de carros poderá ser reaproveitada, sendo feito apenas o deslocamento das bocas de lobo.

Na pista exclusiva de ônibus indica-se a execução de bocas de lobo simples embutida na calçada (de sarjeta), para reduzir os custos com

manutenção, tendo em vista que o fluxo intenso de ônibus pode danificar as grelhas localizadas sobre a pista.

Importante frisar que não haverá aumento significativo da área impermeável, e tendo em vista que a capacidade de engolimento das bocas de lobo (BL's) antigas supriam toda a demanda da região (nunca houve problemas de acúmulos, enchentes, etc.) é inerente avaliar que devido a separação das pistas possivelmente serão executadas ainda mais BL's do que as existentes e que a área de contribuição que cada uma irá atender é menor do que na situação atual, e, portanto, tal solução se mostra adequada.

SOLUÇÕES ESTRUTURAIS

Muros de Arrimo

Será necessário realizar a compatibilização de níveis entre o Terminal Urbano, o corredor de ônibus, a pista de carros e demais veículos e a calçada na outra extremidade da rua. Tal medida se dá pela necessidade do Terminal e do corredor estarem no mesmo nível visando a segurança no embarque e desembarque de passageiros, e ainda, no lado oposto, a calçada não pode sofrer grandes alterações no nível devido ao acesso aos empreendimentos lindeiros, dessa forma, uma solução a essa questão é a divisão da pista e corredor de ônibus em dois níveis e para isso é necessário um muro de arrimo.

Existem diversas alternativas e métodos executivos para a execução do muro de arrimo, porém existem algumas restrições: limitação da espessura do muro de no máximo 30,0cm (devido a largura da pista e do corredor), altura variável (devido ao desnível longitudinal existente). Dessa forma, a solução por muro de arrimo em concreto armado mostra-se adequada, visto que permite espessuras mais compactas, a técnica executiva é amplamente difundida, possibilita maior controle tecnológico (se comparado a um muro de pedra por exemplo) entre outros.

Analisando a sondagem do terreno, a resistência do solo e o nível de água, a fundação indicada é a fundação profunda.

DOCUMENTAÇÃO DE APOIO (em anexo)

- 1) Estimativa do fluxo de ônibus na pista exclusiva;
- 2) Ensaio Deflectométrico com a Viga Benkelman;
- 3) Sondagem do Terreno.

REFERÊNCIAS

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. Pavimentação Urbana: Orçamento e Custos. Brasília, 2005.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, 2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. DNER-PRO 011/79: Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis. Brasília: DNER, 1979.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Manual de Pavimentos Rígidos. Rio de Janeiro: DNER, 2005.

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS


Alana Paula Mühlmann
Engenheira Civil – CREA/PR 124.497/D


Jorge Eduardo Chioqueta
Engenheiro Civil – CREA/PR 125.426/D

ANEXOS