

PAULO SERGIO PETERLINI

**REABILITAÇÃO DE
MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS
EM PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS**



São Paulo – SP
2023

Sumário

PARTE UM

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. CONCEITOS E TERMINOLOGIA.....	12
2.1 Processo de reabilitação.....	16
2.2 Definição do problema.....	17
2.3 Desenvolvimento de soluções	18
2.4 Definição da solução adequada.....	18
2.5 Deterioração dos pavimentos.....	19
2.6 Desempenho funcional.....	20
2.7 Desempenho estrutural.....	20
2.8 Mecanismos de trincamento.....	22
2.9 Mecanismos das deformações.....	23
2.10 Mecanismos da desagregação	25
2.11 Adequação estrutural.....	26
2.12 Desempenho quanto à segurança.....	26
2.13 Gatilhos para a reabilitação	27
2.14 Interações entre os defeitos.....	28
2.15 Evolução da deterioração	29
3. DEFEITOS PATOLÓGICOS DOS PAVIMENTOS	31
3.1 Defeitos de superfície.....	31
3.1.1 Tipos de trincas.....	34
3.1.2 Classe das trincas	43
3.1.3 Afundamentos.....	44
3.1.4 Ondulação/corrugação.....	48
3.1.5 Escorregamento.....	49
3.1.6 Exsudação	51
3.1.7 Desgaste.....	52

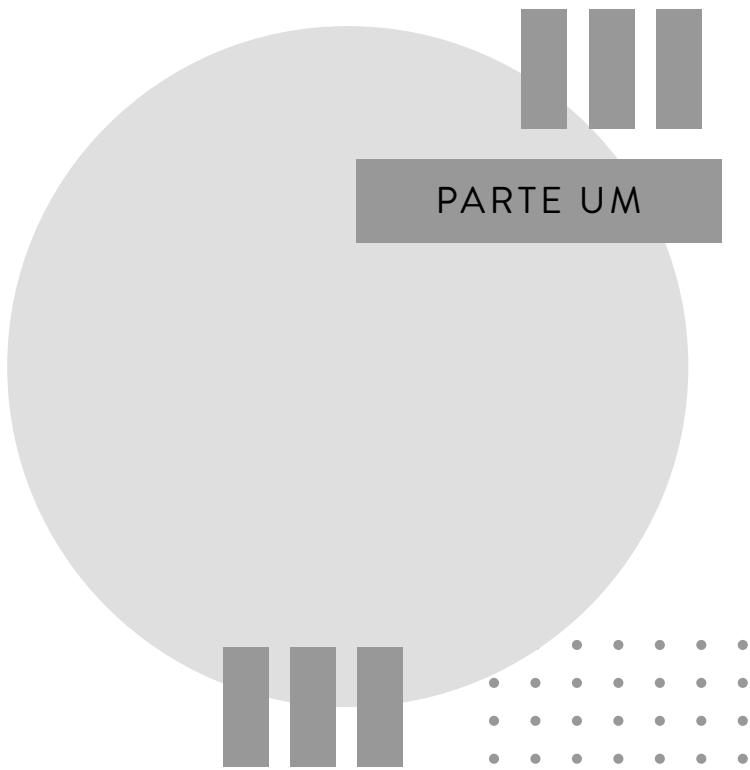
3.1.8	Panelas	53
3.1.9	Remendos (deterioração dos remendos).....	55
3.1.10	Outros tipos de defeitos	56
4.	AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS.....	60
4.1	Avaliação estrutural não-destrutiva.....	60
4.1.1	Noções de deformabilidade de pavimentos	61
4.1.2	Deformadas e parâmetros característicos.....	61
4.1.3	Medição das deflexões	64
4.1.4	Aplicações de parâmetros deflectométricos	74
4.2	Definição de segmento homogêneo	75
4.3	Métodos de inventários	79
4.4	Avaliações das condições de superfície	81
4.4.1	DNIT 005/2003 – TER	82
4.4.2	DNIT 006/2003 – PRO.....	82
4.4.3	DNIT 007/2003 – PRO	86
4.4.4	DNIT 008/2003 – PRO	90
4.4.5	DNIT 009/2003 – PRO	93
4.5	Avaliação estrutural destrutiva	93
4.6	Avaliação funcional.....	98
4.6.1	Serventia do pavimento	98
4.7	Irregularidade longitudinal	100
4.7.1	Equipamentos para medições	102
4.7.2	Escalas de medição.....	107
4.8	Avaliação de segurança.....	111
4.8.1	Avaliação da aderência/resistência à derrapagem	111
4.8.2	Coeficientes de atrito	111
4.8.3	Espessura da lâmina d'água.....	112
4.8.4	Pneumático	113
4.8.5	Revestimento asfáltico.....	113
4.8.6	Velocidade	114
4.8.7	Deslizamento da roda	114
4.8.8	Fatores externos	115
4.8.9	Macro e microtextura	116
4.8.10	Utilização dos dados da aderência	123
4.9	Avaliação do tráfego.....	124
4.9.1	Tráfego médio diário anual.....	124
4.9.2	Classificação da frota circulante	125
4.9.3	Levantamentos em campo	126
4.9.4	Configuração dos veículos de transporte de cargas e de passageiros.....	129

4.9.5 Carregamento da frota	130
4.9.6 Parâmetros de tráfego	130
4.9.7 Equivalência entre cargas.....	131
4.9.8 Fator de equivalência de cargas	131
4.9.10 Fator de veículos.....	135
4.9.11 Número N	137
5. REFORÇO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS	140
5.1 Abordagens de projeto	140
5.2 Classificação dos métodos	141
5.3 Abordagem empírica.....	142
5.3.1 Análise defletoométrica	142
5.3.2 Análise da deficiência estrutural	144
5.4 Abordagem mecanístico-empírica	145
5.5 Métodos de dimensionamento empíricos	148
5.5.1 DNER PRO 10/79	148
5.5.2 DNER PRO 11/79	157
5.6 Método de dimensionamento empírico-mecanístico	162
5.6.1 Método DNER PRO – 269/94.....	162
5.6.2 Procedimentos preliminares	163
5.6.3 Dimensionamento do reforço com mistura nova	164
5.6.4 Dimensionamento do reforço contemplando a reciclagem	167
5.7 Método de dimensionamento por desempenho.....	170
5.7.1 DNER PRO 159/85.....	170

PARTE DOIS

1. INTRODUÇÃO.....	180
2. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL NÃO-DESTRUTIVA	182
2.1 Cálculos das deflexões utilizando-se a viga Benkelman.....	182
2.2 Cálculos utilizando o método AASHTO/86 para divisão dos segmentos homogêneos.....	188
2.2.2 Gráficos para divisão dos segmentos homogêneos.....	192
2.3 Cálculos das deflexões características dos segmentos homogêneos	196
2.4 Cálculos dos raios de curvaturas	197
2.5 Cálculos dos raios de curvaturas dos segmentos homogêneos	201
2.6 Levantamentos pelo método DNIT 006/2003 – PRO.....	202
2.7 Cálculos pelo DNIT 007/2003 – PRO.....	221
2.8 Avaliação funcional.....	243
2.8.1 Cálculos das irregularidades longitudinais	243

2.8.2 Cálculos das irregularidades dos segmentos homogêneos	244
3. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DESTRUTIVA	245
3.1 Furos de sondagens do pavimento existente	245
4. ENSAIOS LABORATORIAIS DO SOLO DE SUBLEITO	246
4.1 Ensaios de caracterização e ISC/CBR	246
4.2 Ensaios de sedimentação	247
4.3 Classificação dos tipos de solos em função da resiliência	247
5. TRÁFEGO	248
5.1 Contagens classificatórias/volumétricas	248
5.2 Depuração das contagens classificatórias/volumétricas.....	263
5.3 Cálculo do tráfego médio diário anual	264
5.4 Análise da frota circulante	266
5.5 Cálculos dos fatores de correção sazonais	268
5.5.1 Considerações sobre os fatores de correção.....	269
5.6 Fator de veículo.....	274
5.6.1 Cálculos do FV	274
5.7 Número N	276
6. RESUMO DAS AVALIAÇÕES ESTRUTURAL, FUNCIONAL E DE TRÁFEGO	278
7. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE REFORÇOS ESTRUTURAIS.....	279
7.1 Dimensionamento pelo método empírico DNER – PRO 10/79	279
7.1.1 Viabilização em camada única	279
7.1.2 Viabilização em camadas integradas	280
7.2 Dimensionamento pelo método empírico DNER – PRO 11/79	280
7.3 Dimensionamento pelo método empírico-mecanístico DNER PRO 269/94	281
7.3.1 Recapeamento normal	281
7.3.2 Contemplando a reciclagem.....	281
7.4 Dimensionamento pelo método de desempenho DNER PRO-159/85....	282
7.5 Resumo das espessuras dos dimensionamentos.....	315
REFERÊNCIAS	316



PARTE UM

Introdução

As rodovias são economicamente vitais para a economia do Brasil, pois permitem a movimentação de grande parte das cargas e de passageiros, representando um percentual expressivo comparado a outros modais de transporte. O patrimônio viário brasileiro está avaliado em mais de 300 bilhões de dólares, considerando-se as redes federal, estaduais e municipais, tanto as pavimentadas, que representam aproximadamente 210.000 km como as não pavimentadas cerca de 1.700.000 km, somente 12%, constituindo-se no maior investimento individual realizado pelo Estado. A conservação e restauração dessas rodovias consistem atualmente em preocupações cada vez mais relevantes, principalmente com o agravamento da crise econômico-financeira que vem assolando o país desde algum tempo. Não se pode pensar em aumento da malha tão crucial hoje em algumas regiões do país, sem antes recuperar uma grande extensão de rodovias existentes, levando-se em consideração aquelas que não foram concedidas à iniciativa privada e que continuam sob administração dos governos com recursos oriundos dos seus respectivos orçamentos públicos.

O objetivo primordial da presente publicação na sua Parte 1 é o de reconhecer as patologias mais frequentes nos pavimentos asfálticos, verificar suas causas e propor soluções de como reabilitá-los no sentido de se manter um pavimento de qualidade aceitável e desejável, visando assim à diminuição de custos relativos ao transporte de uma maneira geral, bem como propiciando mais conforto e segurança aos usuários contribuintes. É objeto também fornecer elementos teóricos para que se possa elaborar o diagnóstico estrutural e funcional do

pavimento, detectando as diversas patologias, suas prováveis causas, mecanismos de ocorrência, níveis de severidade, como medir e como reabilitá-lo adequadamente.

À medida que os pavimentos envelhecem sujeito às intempéries e intensas solicitações do tráfego, inevitavelmente deterioram-se física e funcionalmente, e algum tipo de intervenção torna-se necessária para manter e proporcionar segurança e conforto ao usuário, já que a rodovia não é um bem que se abandone uma vez atingido o período previsto inicialmente para a sua utilização. É necessário e recomendável programar uma série de ações que impeçam sua deterioração acelerada, possibilitando sua manutenção nas condições iniciais de trafegabilidade, ou talvez, porque não, em condições até melhores.

A presente publicação oferecida a engenheiros e técnicos envolvidos nas atividades de manutenção rodoviária dedica praticamente todos seus tópicos à reabilitação de pavimentos asfálticos. Além disso, procura revisar de uma maneira geral, com a maior praticidade possível, avaliações objetivas e subjetivas dos defeitos mais recorrentes nos mesmos, tanto estruturais bem como funcional, além do tráfego solicitante. Também procura dar ênfase especial às atividades de reabilitação das patologias mais recorrentes nesse tipo de pavimento e proporcionar métodos de recuperação que envolve desde simples reparos, passando pelo reforço estrutural podendo chegar até mesmo à reconstrução.

Por fim, vai abordar os métodos de dimensionamentos de reforços estruturais de pavimentos mais comumente usados no Brasil, tanto aqueles de abordagens empíricas como aqueles de abordagens empíricas-mecanísticas, ou seja, os mais utilizados atualmente pelos projetistas, tanto os que militam no serviço público bem como os que trabalham no setor privado. Na Parte 2 serão apresentadas planilhas práticas em linguagens totalmente informatizadas com exemplos práticos no sentido de facilitar o pleno entendimento em suas aplicações.

Conceitos e Terminologia

Patologia, termo usado na engenharia das construções, tem como objetivo fundamental encontrar explicações técnicas e científicas para as anomalias encontradas no comportamento das estruturas seja durante a sua concepção e construção, seja em sua fase de utilização e serviço, para que se possam determinar as origens das manifestações patológicas.

O processo de construção e sua devida utilização podem ser divididos em cinco etapas:

1. planejamento (4%);
2. projeto (40%);
3. fabricação dos materiais;
4. componentes fora do canteiro (18%), execução (28%); e
5. uso (10%) envolve a operação e manutenção das obras civis.

Os agentes causadores dos problemas patológicos podem ser vários, dentre eles podem ser descritos os seguintes:

- a) cargas atuantes na estrutura;
- b) variação da umidade;
- c) variações térmicas intrínsecas e extrínsecas;
- d) agentes biológicos;
- e) incompatibilidade dos materiais;

- f) agentes atmosféricos; e
- g) outros.

A reabilitação propriamente dita de um pavimento asfáltico pode ser definida como sendo um conjunto de medidas destinadas a recompor a sua serventia e a adaptação de um segmento de rodovia qualquer às condições de tráfego atual e futuro, prolongando assim seu período de vida útil sempre objetivando a segurança do tráfego. As intervenções de reabilitação podem proporcionar os seguintes benefícios:

- a) acrescer a capacidade estrutural dos pavimentos existentes;
- b) reduzir os custos de operação;
- c) aumentar a vida de serviço do pavimento; e
- d) reduzir os riscos quanto à segurança viária através da melhoria da aderência.

As atividades de reabilitação, em conjunto com os melhoramentos necessários, podem ser utilizadas para aumentar a capacidade da trafegabilidade e o nível de segurança da rodovia. Também podem proporcionar importantes vantagens econômicas, tanto para os usuários bem como para as instituições rodoviárias aí envolvendo órgãos públicos e empresas concessionárias.

Um adequado programa governamental poderia garantir o fornecimento de uma maior extensão de rodovias em melhores condições para a sociedade. Elas poderiam continuar sendo utilizadas enquanto são efetuados reparos localizados ou incorporadas novas camadas asfálticas. As existentes são restauradas e colocadas em serviço por um custo menor e em menos tempo, do que novas rodovias a serem construídas.

Terminologias mais comuns difundidas entre os técnicos envolvidos nas atividades de manutenção rodoviária podem ser descritas da seguinte maneira:

As trincas abertas na superfície permitem a entrada de água no interior do pavimento e, desta forma aceleram o processo de deterioração, reduzindo-se a resistência ao cisalhamento dos materiais não tratados aumentando-se a velocidade de deformação gerada pelas tensões provenientes dos carregamentos induzidos pelo tráfego.

O somatório das deformações ocorrentes em toda a estrutura do pavimento manifesta-se através dos afundamentos nas trilhas de roda e das distorções do perfil longitudinal do pavimento. Estes defeitos no pavimento promovem a irregularidade longitudinal que é, portanto, o resultado de uma cadeia de mecanismos de deterioração e combina os efeitos de vários tipos de defeitos e, como tal, não pode ser considerada como um efeito isolado.

2.15 Evolução da deterioração

A velocidade da deterioração pode variar em função de fatores, tais como: condições ambientais, capacidade de suporte do pavimento e do subleito, volume de tráfego e a carga por eixo.

As estradas não pavimentadas, se não forem conservadas adequadamente, deterioram-se rapidamente e atingem níveis muito altos de irregularidade, cujas consequências da conservação deficiente são sentidas imediatamente, portanto, são muito sensíveis ao nível e frequência de reconformação da plataforma de pista. Quanto às estradas pavimentadas, a progressão da deterioração segue uma trajetória de certa forma linear, que possibilita um maior número de opções na escolha e programação de conservação tanto corretiva como preventiva. Durante um longo período inicial, que pode durar até a terça parte da vida útil, as rodovias pavimentadas sofrem uma deterioração pouco visível.

Depois desse período inicial, a deterioração da rodovia é crescente, lenta a princípio, mas acelerando rapidamente quando atinge o estado regular. Se nessa fase não forem realizadas medidas importantes

de conservação, em poucos anos vai resultar numa falha estrutural extrema ao atingir o mau estado, mas se ela for mantida em bom estado mediante conservação rotineira, o custo torna-se baixo. Na etapa seguinte, com o aumento da deterioração, o pavimento deve ser recuperado de maneira a permanecer em bom estado, por meio de selagem, recapeamento ou reforço do revestimento. O reforço estabelece a qualidade de rolamento da rodovia e a capacidade estrutural necessária para suportar o tráfego durante vários anos, começando assim um novo ciclo do pavimento.

Com a conservação rotineira adequada, mais a conservação periódica oportuna do pavimento, uma rodovia pavimentada pode prolongar a sua vida útil até chegar ao mau estado, por exemplo, quando daí será necessário reabilitá-la iniciando uma nova vida útil. Desta forma, a evolução não linear da deterioração, influi decididamente na escolha da política de conservação ótima e, quando os tomadores de decisão não estão conscientes sobre esta evolução, verifica-se que, geralmente, são menosprezadas as necessidades de conservação das redes relativamente novas.

Esse é um problema cultural brasileiro de que quando se constrói uma nova rodovia ou mesmo quando a mesma é restaurada, é comum o relaxamento com a conservação. Comete-se assim um erro, já que a partir do momento que se libera ao tráfego um pavimento, o mesmo está sujeito aos serviços de conserva, por mínimo que seja. Uma trinca por menor que seja tem que ser selada o mais breve possível, pois que o custo dessa tarefa pode ser baixo e com o tempo ir se agravando, tornando-se um problema de alto custo.

Defeitos Patológicos dos Pavimentos

O perfeito conhecimento dos tipos de falhas ocorrentes e de suas prováveis causas é essencial para se tomar decisões quanto às medidas de reabilitação requeridas por um pavimento asfáltico. A classificação dos tipos de falhas mais comuns preconizadas pelos órgãos rodoviários com suas metodologias próprias vai ser devidamente abordada no decorrer da presente publicação. Pretende-se ser abrangente o que vai permitir uma visão global dos principais problemas inerentes aos pavimentos asfálticos.

3.1 Defeitos de superfície

A informação mais importante para a definição da condição de um pavimento é a avaliação dos defeitos presentes na superfície, pois estes exteriorizam a situação atual da estrutura.

Para o desempenho dessa tarefa é necessário que se ande a pé pelo bordo da pista, anotando e observando os defeitos ou utilizando-se de tecnologias de filmagens para posterior materialização em escritório, mas em ambos os casos, o trabalho é sempre árduo e requer pessoal técnico especializado e experiente.

Os defeitos podem ser diferenciados entre classe estrutural quando associado à perda de habilidade do pavimento em suportar as

cargas que o solicitam e de classe funcional quando associados à qualidade de rolamento e a segurança do pavimento.

De maneira geral, cada defeito pode ser resultado de uma ou várias causas, tais como: umidade, drenagem, temperatura de compactação, carregamento, entre outras, que uma vez identificadas, podem proporcionar indícios importantes para a compreensão da deterioração. Portanto, os inventários das patologias devem fornecer informações sobre o tipo, severidade e a intensidade de cada uma delas.

As coletas dos dados são fundamentais para a determinação das possíveis causas da deterioração e da escolha da alternativa adequada de reabilitação e é isto que vai ser tratado daqui para frente onde vão ser abordados os principais tipos de defeitos com definições, origens e causas prováveis.

De acordo com normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) que substituíram as do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) podem ser definidos os termos técnicos empregados nos defeitos patológicos que ocorrem nos pavimentos asfálticos e serve para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

O Quadro 2 mostra o resumo dos defeitos com suas respectivas codificações e classificações, que ocorrem mais frequentemente nos pavimentos asfálticos de acordo com a norma DNIT 005/2003 – TER (BRASIL, 2003a) servindo como importante documento base na utilização de termos técnicos rodoviários referentes aos defeitos recorrentes nos mesmos.

Quadro 2 – Resumo dos defeitos.

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação							
FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO		
	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ALP		
Afundamento		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ATP		
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ALC		
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ATC		
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E		
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D		
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos				Remendo Superficial	RS		
				Remendo Profundo	RP		
<p>NOTA 1: Classe das trincas isoladas</p> <p>FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.</p> <p>FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.</p> <p>FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.</p> <p>NOTA 2: Classe das trincas interligadas</p> <p>As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.</p>							

Fonte: BRASIL (2003a).

3.1.10.3 Estrias longitudinais

As estrias longitudinais são falhas decorrentes de superposição dos leques formados quando do espargimento do ligante através do veículo espargidor. Logicamente que é um defeito inerente aos serviços de penetração, caso dos tratamentos superficiais desde o simples, passando pelo duplo e indo até o triplo.

As estrias longitudinais são causadas por deficiências na superposição dos leques formados quando do espargimento do ligante, principalmente se for manual, ou seja, aplicadas pelas canetas dos caminhões espargidores.

Esses defeitos podem aparecer em qualquer lugar na pista devido às falhas dos bicos dos caminhões espargidores. A Foto 23 mostra esse tipo de defeito.

Foto 23 – Estrias do tipo falhas de bico



Fonte: O próprio autor

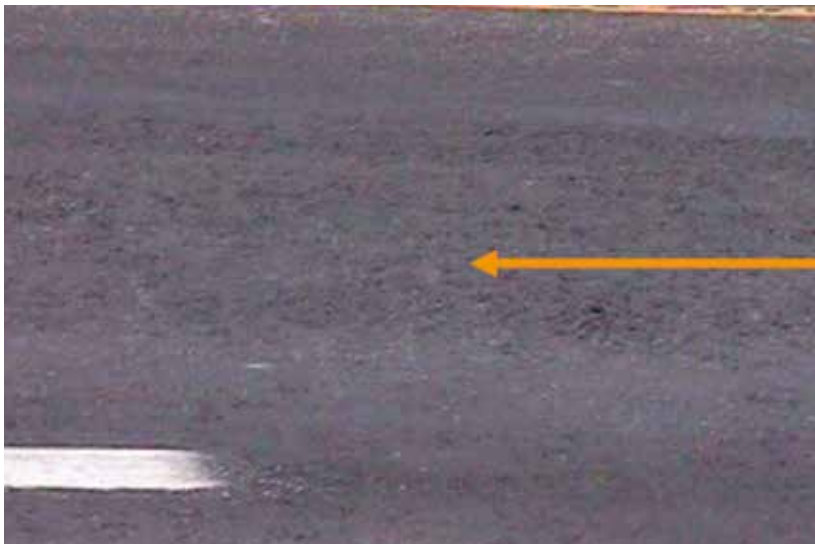
3.1.10.4 Segregação

Segregação é a separação das partículas em grupos de diferentes tamanhos ou diâmetros, resultando em uma distribuição não uniforme do agregado cujas partículas maiores tendem a ocupar a parte inferior.

Tem como causas a concentração de agregados graúdos decorrente de separação dos mesmos do mástique asfáltico, principalmente devido a problemas de graduação, usinagem ou temperatura heterogênea na aplicação.

Esses defeitos podem aparecer em qualquer lugar na pista de rolamento concentrando-se mais nas trilhas de roda. Na Foto 24 pode-se observar esse tipo de defeito.

Foto 24 – Segregação



Fonte: Adada, L.B. (2017)

Avaliação dos Pavimentos

A condição de um pavimento representa o nível de degradação resultante dos processos associados ao meio ambiente e à solicitação do tráfego. A avaliação desta situação é possível por meio do conhecimento dos seguintes fatores:

- a) deflexões recuperáveis;
- b) condições de superfície;
- c) condições de segurança; e
- d) solicitação do tráfego.

4.1 Avaliação estrutural não-destrutiva

O levantamento da condição estrutural do pavimento fornece informações valiosas ao projetista quanto a sua adequação de estrutura e o nível de deterioração permitindo assim a seleção e dimensionamento da mais adequada alternativa de reabilitação.

A avaliação estrutural como ferramenta indispensável introduz os conceitos e os procedimentos utilizados para a condução dos levantamentos visando com isto dar subsídios quanto à atual condição estrutural do pavimento. Vão ser abordadas noções básicas sobre o processo da deformabilidade de pavimentos, conceituando deformações permanentes e aquelas ditas recuperáveis considerando-se os parâmetros deflectométricos em questão, com o emprego da deflexão máxima e raio de curvatura.

A avaliação estrutural pode ser feita através dos elementos obtidos nos levantamentos dos defeitos de superfície, em ensaios não-destrutivos e também nos destrutivos. Os defeitos existentes fornecem informações sobre o efeito do tráfego na estrutura, por exemplo, nos indicativos trincamento por fadiga classe 3 maior que 30% da área levantada e afundamento nas trilhas de roda maior que 15,0 mm.

4.1.1 Noções de deformabilidade de pavimentos

A ação das cargas de tráfego sobre os pavimentos asfálticos provoca deformações de dois tipos:

- a) permanentes: aquelas que permanecem mesmo após cessar o efeito da atuação da carga, ou seja, têm caráter residual, como exemplo aquelas geradas nas trilhas de roda pela consolidação adicional do tráfego, bem como as rupturas de natureza plástica; e
- b) recuperáveis: aquelas que representam um indicativo de comportamento elástico da estrutura, deixando de existir alguns momentos após a retirada da carga além do que provocam o arqueamento das camadas do pavimento, sua repetição é a responsável pelo fenômeno da fadiga.

O estudo das deflexões ou das condições de deformabilidade dos pavimentos asfálticos é fundamental à compreensão de seu comportamento, já que estas refletem, em última análise, as condições estruturais das diversas camadas e do próprio subleito.

4.1.2 Deformadas e parâmetros característicos

A atuação de uma carga de tráfego produz em um pavimento, deformações de caráter transitório. A magnitude dessas deformações é variável e depende não só da geometria do carregamento, do valor

dela e da pressão dos pneus, como também da posição do ponto de medida em relação à posição da mesma. Considerando-se a aplicação de um carregamento de roda dupla estática, a área anexa a ela que vai sofrer deformação recuperável assume a forma aproximada de uma elipse, cujo eixo maior coincide com a direção do tráfego. À superfície assim formada dá-se o nome de bacia de deformação.

Uma seção longitudinal à bacia de deformação mostra que a máxima deflexão ocorre sobre o centro de carga e que seus raios horizontais são iguais. A linha correspondente a esta seção longitudinal dá-se o nome de deformada.

Uma seção transversal à bacia de deformação permite visualizar que seus raios horizontais são também simétricos, porém de valor inferior ao dos raios horizontais verificados na seção longitudinal. Nota-se também que a severidade do arqueamento transversal é maior. Isto explica o porquê das trincas de fadiga ser inicialmente longitudinais.

No caso de uma carga transiente verifica-se que a bacia de deformação é assimétrica, com o menor raio horizontal posicionado à vante da carga. A prática rodoviária e os equipamentos de medição desenvolvidos subentendem a determinação da deformada segundo o sentido longitudinal, ou seja, o sentido de atuação do tráfego.

A deflexão recuperável máxima (d) é um parâmetro bastante importante para tentar se compreender o comportamento da estrutura. Quanto maior o seu valor, mais elástica ou resiliente é a estrutura, e maior o seu comprometimento estrutural. No entanto, a análise isolada de seu valor pode não esclarecer completamente a questão, já que estruturas de pavimentos distintas podem apresentar a mesma deflexão máxima, porém com arqueamentos diferenciados na deformada. Conclui-se que a forma da deformada é um fator a ser levado em consideração quando se avalia a estrutura do pavimento.

Diversas tentativas foram efetuadas no sentido de identificar parâmetros ligados à forma das deformadas que auxiliassem na avaliação estrutural. O mais difundido é o chamado raio de curvatura (R),

$$N = V_t \times FE \times FC$$

onde:

V_t – volume total de tráfego durante o período de projeto, em um sentido;

FE – fator de eixos, que é a média ponderada das quantidades percentuais dos diversos tipos de eixos que atuam no pavimento; e

FC – fator de equivalência de carga para eixo-padrão de 8,2 tf

O produto $FE \times FC$ corresponde ao FV .

Por sua vez volume total de tráfego é o resultado da equação:

$$V_t = 365 \times V_m \times p$$

onde:

V_m – volume diário médio em um sentido; e

p – número de anos previsto para o projeto.

O número N para um ano qualquer é resultante da equação final:

$$N = 365 \times TMDA \times FV \times K \times F_R$$

onde:

365 – dias do ano;

$TMDA$ – o tráfego médio diário anual que é o volume diário médio corrigido pelo fator de correção;

FV – fator de veículo ponderado da frota pesquisada;

K – fator direcional, onde se considera o valor de 0,5 para pistas simples e 0,7 para pistas duplas; e

F_R – fator climático regional

Nesse fator deve se levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano (o que traduz em variações de capacidade de suporte dos materiais) o número N deve ser multiplicado por esse que na pista experimental da AASHO (*American Association...* 1986), variou de 0,2 (ocasião em que prevaleciam baixos teores de umidade) a 5,0 (ocasiões em que os materiais estavam praticamente saturados). É possível que estes coeficientes sejam diferentes, em função da diferença de sensibilidade à variação do número N . É possível ainda, pensar-se num fator climático que afetaria a espessura do pavimento em vez desse número, e que seria, ao mesmo tempo, função dessa espessura. O coeficiente final a adotar poderia ser então uma média ponderada dos diferentes coeficientes sazonais, levando-se em conta o espaço de tempo em que ocorrem. Parece mais apropriada a adoção do mesmo, quando se toma para projeto, um valor do ISC/CBR compreendido entre o que se obtém antes e o que se obtém depois da embebecação, isto é, um valor correspondente à umidade de equilíbrio. Em função disso tem-se adotado $R = 1$ face aos resultados de pesquisas desenvolvidas por instituições envolvidas, como por exemplo, o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) do DNIT.

Reforço Estrutural de Pavimentos

O reforço estrutural é o procedimento mais utilizado na reabilitação dos pavimentos. Na presente publicação serão apresentados os critérios para dimensionamentos baseados nos procedimentos preconizados pelo DNIT que são os mais utilizados hoje em dia pelos projetistas.

5.1 Abordagens de projeto

Nos últimos anos uma grande variedade de métodos e procedimentos para projeto de reforços foi desenvolvida não existindo assim um método universalmente aceito. Seja qual for a metodologia utilizada, é importante avaliar as condições do pavimento existente e subdividi-lo em segmentos homogêneos de análise, baseadas na idade, avaliações estrutural e funcional e do tráfego. Se mais de um segmento de análise for identificado, deve-se considerar a técnica construtiva e o custo para decidir pelo desenvolvimento de projetos distintos para cada uma deles, ou pela combinação dos mesmos.

A abordagem para dimensionamento do reforço de um pavimento até o início dos anos 1960 era baseada na experiência regional e no critério da resistência. Alguns órgãos rodoviários, por exemplo, o antigo DNER utilizava-se da sensibilidade de engenheiros experientes

para determinar o tipo e espessura do reforço de um pavimento. A partir do final desses anos, os métodos baseados em ensaios defleto-métricos foram ganhando aceitação generalizada e tem sido gradualmente desenvolvidos.

No final dos anos 1970, com o desenvolvimento de equipamentos e programas computacionais capazes de fornecer informações sobre as características elásticas dos materiais constituintes dos pavimentos, começaram a serem introduzidos os métodos mecanísticos que se fundamentaram na análise das tensões e deformações das camadas dos mesmos. Já a partir dos anos 1980, com o desenvolvimento dos SGP começaram a surgir metodologias de reforços estruturais de pavimentos que se fundamentavam em modelos de previsão de desempenho e que procuravam analisar diversas estratégias de intervenção, visando minimizar o custo total do ciclo de vida dos mesmos.

5.2 Classificação dos métodos

Os métodos de dimensionamento de reforço de pavimentos asfálticos são classificados em cinco grupos, na chamada “divisão clássica”, que tem perdido importância devido à dificuldade de enquadramento dos métodos desenvolvidos mais recentemente. São eles:

1. extensão dos métodos utilizados no dimensionamento de pavimentos novos;
2. métodos empíricos baseados em avaliação do comprometimento estrutural, geralmente avaliada em termos de deflexão recuperável máxima medida na superfície do pavimento;
3. métodos fundamentados na medição da deflexão recuperável máxima, e que utilizam procedimentos analíticos ou mecanísticos como parte do cálculo;
4. métodos baseados numa abordagem estrutural analítica mais completa, que permite levar em conta as tensões e deformações nas diversas camadas do pavimento; e

5. métodos apoiados em modelos de previsão de desempenho.

Como, porém, um método de dimensionamento pode ser simultaneamente incluído em mais de uma dessas cinco categorias, esta divisão não é adequada para fins práticos, visto não ser esclarecedora. A tendência mais recente é classificar os enfoques de dimensionamento de reforço na abordagem empírica (análise deflectométrica e da deficiência estrutural) e na abordagem mecanístico-empírica.

5.3 Abordagem empírica

5.3.1 Análise deflectométrica

Os procedimentos da análise deflectométrica baseiam-se no estabelecimento de uma relação entre a duração da vida do pavimento (ou número de solicitações do tráfego) e os valores de deflexão máxima que usualmente são obtidos sob carregamento. A espessura do reforço deve ser a necessária para reduzir a deflexão recuperável a um valor admissível, correspondente a um comportamento comprovadamente satisfatório, considerando o tráfego previsto. O conceito básico deste enfoque é que, quanto maior for o valor da deflexão recuperável, maior é o comprometimento elástico das camadas do pavimento e/ou do subleito. Desta maneira, uma camada asfáltica adicional deve ser utilizada para reforçar a estrutura do pavimento e obter uma adequada redução da deflexão.

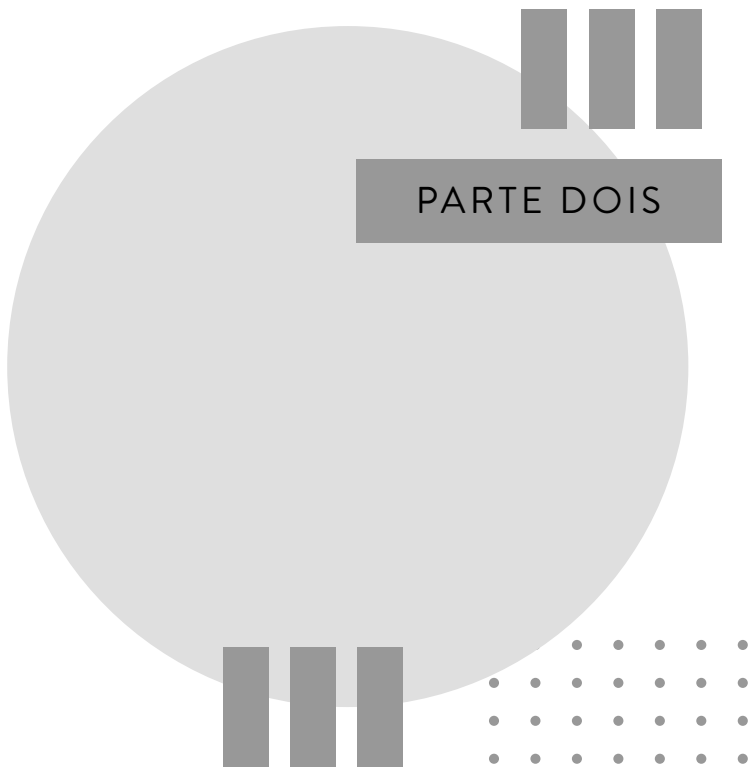
O procedimento não deve ser confundido com a estimativa das propriedades dos materiais “in situ” através de medidas deflectométricas, utilizadas tanto na análise da deficiência estrutural ou na abordagem mecanístico-empírica.

Na análise deflectométrica também deve ser efetuado o diagnóstico das condições do pavimento para estabelecer as necessidades de reabilitação, da identificação dos segmentos homogêneos e do

Cada uma das alternativas descritas tecnicamente viáveis deve ser objeto de análise da viabilidade econômica, através da adoção de qualquer método de comparação entre alternativas de investimento. Os valores assim obtidos devem ser cotejados com aqueles fornecidos pelas restrições econômicas, devendo ser consideradas viáveis todas as alternativas que apresentam custos iguais ou inferiores ao limite estabelecido. As alternativas viáveis definidas conforme indicado são relacionadas em ordem crescente de custos para a avaliação daquela julgada mais adequada.

Visando facilitar os cálculos, foi desenvolvido no ano de 1985 um programa de computador denominado Pesquisa de Avaliação Estrutural de Pavimentos (PAEP) realizada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) codificado em *Basic* e *Fortran*, mas que na presente publicação foi codificado em Excel face à longeuvidade dos primeiros não ser mais possível rodar em computadores modernos. A codificação em Excel permite a simulação de alternativas de restauração somente em concreto asfáltico. Os dados de entrada necessários à alimentação programa em Excel são os seguintes:

1. dados do pavimento existente
 - idade do pavimento;
 - tipo de revestimento;
 - deflexão pela VB;
 - % TR ;
 - QI ; e
 - SNC .
2. dados do tráfego
 - período de análise;
 - parâmetro de tráfego FEC_{AASHTO} no 1º ano; e
 - taxa anual de crescimento de tráfego.



PARTE DOIS

Introdução

Na Parte 1 foi abordada a parte teórica no que concerne à reabilitação de patologias num pavimento asfáltico, como por exemplo: conceitos e terminologias dos defeitos, processos de reabilitação, desenvolvimento e definições de soluções adequadas que frequentemente ocorrem devido ao envelhecimento do asfáltico e da solicitação do tráfego. Discorreu-se sobre os mecanismos dos trincamentos, das deformações e das desagregações ocorrentes.

Foram listados os principais tipos de defeitos tais como: trincas isoladas e interligadas, afundamentos, corrugações, ondulações, escorregamentos, esxudações, desgastes, panelas, remendos deteriorados, segregações e outros não menos relevantes. Mostradas também teorias de avaliações de pavimentos com ensaios não destrutivos instrumentais, tais como: levantamentos das deflexões recuperáveis, das irregularidades e da segurança e não instrumentais como análises visuais dos defeitos de superfície dos revestimentos asfálticos e também ensaios destrutivos também com a utilização de instrumentos em sondagens locais para coletas de materiais para melhor entendimento do comportamento dos mesmos. Por fim foram abordados os métodos de dimensionamentos de reforços estruturais mais utilizados no país como abordagem empírica, empírica-mecanística e de desempenho.

Do conhecimento teórico obtido da leitura da Parte 1 a intenção desta Parte 2 é apresentar exemplos de uso de planilhas especialmente desenvolvidas para os levantamentos dos defeitos, do tráfego solicitante e dos ensaios de campo e laboratório para conhecimento do

comportamento dos materiais que possam propiciar a realização de diagnósticos seguros dos exames elaborados objetivando dar adequadas soluções de reforços estruturais aplicando-se métodos de dimensionamentos em linguagens totalmente informatizadas para facilitar o entendimento. Para isso foi criado pelo autor da presente publicação um subtrecho de rodovia hipotético, PR-100, Cafezal – Pinheiral, segmento do km 2,000 ao km 11,940, extensão de 9,940 km, que propiciasse estudo de caso bem completo mas que não diferisse em nada do que ocorre numa rodovia na mesma condição. O objetivo principal é fazer com o que o leitor possa compreender da melhor maneira possível em aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos.



Avaliação Estrutural Não-Destrutiva

2.1 Cálculos das deflexões utilizando-se a viga Benkelman

RODOVIA: PR-100
 SUBTRECHO: Cafezal - Pi nhei ral
 SEGMENTO: Km 2+000 ao km 11+940

DATA: 12/09/2016 a 21/09/2016
 Cons. da vi ga: 1,980
 Operador: Equipe
 Di stânci a: Trilha de roda externa

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL - DEFLEXÕES PELA VIGA BENKELMAN

Estações	Lad o	Leituras			Deflexões	Estações	Lad o	Leituras			Deflexões
		0,01 mm			0,01 mm			0,01 mm			0,01 mm
		L ₀	L ₂₅	L _f	L ₀ - L _f x K			L ₀	L ₂₅	L _f	L ₀ - L _f x K
2+000	LD	500	484	478	43,6	2+020	LE	500	486	478	43,6
2+040	LD	500	489	483	33,7	2+060	LE	500	478	469	61,4
2+080	LD	500	481	470	59,4	2+100	LE	500	479	468	63,4
2+120	LD	500	490	484	31,7	2+140	LE	500	478	469	61,4
2+160	LD	500	493	478	43,6	2+180	LE	500	485	474	51,5
2+200	LD	500	489	476	47,5	2+220	LE	500	466	451	97,0
2+240	LD	500	495	487	25,7	2+260	LE	500	482	470	59,4
2+280	LD	500	483	478	43,6	2+300	LE	500	479	468	63,4
2+320	LD	500	490	481	37,6	2+340	LE	500	484	470	59,4
2+360	LD	500	488	479	41,6	2+380	LE	500	473	460	79,2
2+400	LD	500	485	477	45,5	2+420	LE	500	469	458	83,2
2+440	LD	500	483	476	47,5	2+460	LE	500	470	462	75,2
2+480	LD	500	498	490	19,8	2+500	LE	500	471	460	79,2
2+520	LD	500	483	476	47,5	2+540	LE	500	475	464	71,3
2+560	LD	500	481	475	49,5	2+580	LE	500	482	470	59,4
2+600	LD	500	490	480	39,6	2+620	LE	500	489	475	49,5
2+640	LD	500	485	479	41,6	2+660	LE	500	480	464	71,3
2+680	LD	500	490	483	33,7	2+700	LE	500	478	470	59,4
2+720	LD	500	481	476	47,5	2+740	LE	500	475	467	65,3
2+760	LD	500	484	471	57,4	2+780	LE	500	477	469	61,4
2+800	LD	500	482	474	51,5	2+820	LE	500	478	470	59,4
2+840	LD	500	480	472	55,4	2+860	LE	500	480	471	57,4
2+880	LD	500	498	490	19,8	2+900	LE	500	479	470	59,4
2+920	LD	500	485	477	45,5	2+940	LE	500	476	468	63,4
2+960	LD	500	491	486	27,7	2+980	LE	500	479	472	55,4
3+000	LD	500	481	476	47,5	3+020	LE	500	478	470	59,4
3+040	LD	500	479	468	63,4	3+060	LE	500	472	463	73,3
3+080	LD	500	480	473	53,5	3+100	LE	500	471	464	71,3
3+120	LD	500	485	471	57,4	3+140	LE	500	480	472	55,4
3+160	LD	500	480	476	47,5	3+180	LE	500	470	462	75,2
3+200	LD	500	478	463	73,3	3+220	LE	500	469	460	79,2
3+240	LD	500	488	477	45,5	3+260	LE	500	479	469	61,4
3+280	LD	500	484	478	43,6	3+300	LE	500	480	470	59,4
3+320	LD	500	480	475	49,5	3+340	LE	500	478	469	61,4
3+360	LD	500	491	483	33,7	3+380	LE	500	484	477	45,5
3+400	LD	500	490	485	29,7	3+420	LE	500	482	470	59,4
3+440	LD	500	490	483	33,7	3+460	LE	500	490	478	43,6
3+480	LD	500	478	468	63,4	3+500	LE	500	480	472	55,4
3+520	LD	500	496	474	51,5	3+540	LE	500	471	463	73,3
3+560	LD	500	493	488	23,8	3+580	LE	500	480	472	55,4
3+600	LD	500	496	489	21,8	3+620	LE	500	476	468	63,4
3+640	LD	500	491	478	43,6	3+660	LE	500	491	484	31,7
3+680	LD	500	487	480	39,6	3+700	LE	500	480	472	55,4
3+720	LD	500	494	480	39,6	3+740	LE	500	477	469	61,4
3+760	LD	500	480	468	63,4	3+780	LE	500	487	475	49,5
3+800	LD	500	497	462	75,2	3+820	LE	500	478	470	59,4
3+840	LD	500	483	477	45,5	3+860	LE	500	479	471	57,4
3+880	LD	500	489	476	47,5	3+900	LE	500	481	470	59,4
3+920	LD	500	483	472	55,4	3+940	LE	500	484	476	47,5
3+960	LD	500	488	479	41,6	3+980	LE	500	493	485	29,7

2.8 Avaliação funcional

2.8.1 Cálculos das irregularidades longitudinais

Rodovia: PR-100								Faixa: ambas	
Subtrecho: Cafezal - Pinheiral								Sentido: ambos	
Data: 16/09/16									
ESTAÇÕES/KM		IRI (m/km)			QI (cont/km)			OBSERVAÇÕES	
INÍCIO	FIM	IRI E	IRI D	MÉDIA	QI E	QI D	MÉDIA		
2,000	2,200	4,10	4,20	4,15	53,30	63,00	58,15	Equipamento utilizado o: tipo resposta	
2,200	2,400	4,60	4,30	4,45	59,80	64,50	62,15	"	
2,400	2,600	4,50	4,30	4,40	58,50	64,50	61,50	"	
2,600	2,800	4,20	4,00	4,10	54,60	60,00	57,30	"	
2,800	3,000	3,80	3,90	3,85	49,40	58,50	53,95	"	
3,000	3,200	3,90	3,80	3,85	50,70	57,00	53,85	"	
3,200	3,400	4,40	4,10	4,25	57,20	61,50	59,35	"	
3,400	3,600	4,50	4,00	4,25	58,50	60,00	59,25	"	
3,600	3,800	4,70	4,50	4,60	61,10	67,50	64,30	"	
3,800	4,000	4,70	4,40	4,55	61,10	66,00	63,55	"	
4,000	4,200	4,30	4,80	4,55	55,90	72,00	63,95	"	
4,200	4,400	4,90	4,50	4,70	63,70	67,50	65,60	"	
4,400	4,600	4,70	4,80	4,75	61,10	72,00	66,55	"	
4,600	4,800	4,80	4,50	4,65	62,40	67,50	64,95	"	
4,800	5,000	4,40	4,50	4,45	57,20	67,50	62,35	"	
5,000	5,200	4,80	4,80	4,80	62,40	72,00	67,20	"	
5,200	5,400	4,70	4,40	4,55	61,10	66,00	63,55	"	
5,400	5,600	4,50	4,30	4,40	58,50	64,50	61,50	"	
5,600	5,800	4,40	4,40	4,40	57,20	66,00	61,60	"	
5,800	6,000	4,80	4,10	4,45	62,40	61,50	61,95	"	
6,000	6,200	4,70	3,80	4,25	61,10	57,00	59,05	"	
6,200	6,400	4,70	4,50	4,60	61,10	67,50	64,30	"	
6,400	6,600	4,80	4,90	4,85	62,40	73,50	67,95	"	
6,600	6,800	4,30	4,50	4,40	55,90	67,50	61,70	"	
6,800	7,000	4,60	4,70	4,65	59,80	70,50	65,15	"	
7,000	7,200	4,50	4,40	4,45	58,50	66,00	62,25	"	
7,200	7,400	4,30	4,10	4,20	55,90	61,50	58,70	"	
7,400	7,600	3,90	4,20	4,05	50,70	63,00	56,85	"	
7,600	7,800	4,10	4,00	4,05	53,30	60,00	56,65	"	
7,800	8,000	3,80	3,70	3,75	49,40	55,50	52,45	"	
8,000	8,200	3,90	3,80	3,85	50,70	57,00	53,85	"	
8,200	8,400	4,20	4,60	4,40	54,60	69,00	61,80	"	
8,400	8,600	4,70	4,90	4,80	61,10	73,50	67,30	"	
8,600	8,800	4,40	4,50	4,45	57,20	67,50	62,35	"	
8,800	9,000	4,10	3,90	4,00	53,30	58,50	55,90	"	
9,000	9,200	4,80	4,50	4,65	62,40	67,50	64,95	"	
9,200	9,400	4,10	4,20	4,15	53,30	63,00	58,15	"	
9,400	9,600	4,30	4,10	4,20	55,90	61,50	58,70	"	
9,600	9,800	4,10	4,80	4,45	53,30	72,00	62,65	"	
9,800	10,000	4,60	4,40	4,50	59,80	66,00	62,90	"	
10,000	10,200	4,40	3,80	4,10	57,20	57,00	57,10	"	
10,200	10,400	4,50	4,80	4,65	58,50	72,00	65,25	"	
10,400	10,600	4,50	4,30	4,40	58,50	64,50	61,50	"	
10,600	10,800	4,80	4,10	4,30	62,40	61,50	61,95	"	
10,800	11,000	4,90	4,10	4,40	63,70	61,50	62,60	"	
11,000	11,200	4,70	4,30	4,70	61,10	64,50	62,80	"	
11,200	11,400	4,60	4,00	4,30	59,80	60,00	59,90	"	
11,400	11,600	4,50	4,20	4,50	58,50	63,00	60,75	"	
11,600	11,800	4,40	4,30	4,10	57,20	64,50	60,85	"	
11,800	11,940	4,70	4,50	4,60	61,10	67,50	64,30	"	

2.8.2 Cálculos das irregularidades dos segmentos homogêneos

SEGMENTO HOMOGENEO 01	ESTAÇÃO:	2,000	3,260	1260,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,15
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				53,95
SEGMENTO HOMOGENEO 02	ESTAÇÃO:	3,260	4,100	840,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,49
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				58,34
SEGMENTO HOMOGENEO 03	ESTAÇÃO:	4,100	4,500	R\$ 400,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,73
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				61,43
SEGMENTO HOMOGENEO 04	ESTAÇÃO:	4,500	5,820	1320,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,53
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				58,87
SEGMENTO HOMOGENEO 05	ESTAÇÃO:	5,820	6,860	1040,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,55
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				59,15
SEGMENTO HOMOGENEO 06	ESTAÇÃO:	6,860	7,540	680,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,23
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				55,03
SEGMENTO HOMOGENEO 07	ESTAÇÃO:	7,540	8,580	1040,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,55
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				59,15
SEGMENTO HOMOGENEO 08	ESTAÇÃO:	8,580	9,500	920,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,25
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				55,25
SEGMENTO HOMOGENEO 09	ESTAÇÃO:	9,500	10,380	880,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,42
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km)				57,46
SEGMENTO HOMOGENEO 10	ESTAÇÃO:	10,380	11,540	1160,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,44
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				57,72
SEGMENTO HOMOGENEO 11	ESTAÇÃO:	11,540	11,940	400,0
INDICE DE RUGOSIDADE INTERNACIONAL MÉDIO (m/km).....				4,35
QUOEFICIENTE DE IRREGULARIDADE MÉDIO (cont/km).....				56,55

Avaliação Estrutural Destrutiva

3.1 Furos de sondagens do pavimento existente

SH N°	ESPESSURA DO REVESTIMENTO (h_e)	ESPESSURA DA CAMADA GRANULAR (h_{cg})
01	5,0	30,0
02	5,0	30,0
03	5,0	30,0
04	5,0	30,0
05	5,0	30,0
06	5,0	30,0
07	5,0	30,0
08	5,0	30,0
09	5,0	30,0
10	5,0	30,0
11	6,0	30,0

Ensaio Laboratoriais do Solo de Subleito

4.1 Ensaio de caracterização e ISC/CBR

RESUMO DOS ENSAIOS DE AMOSTRAS COLETADAS AO LONGO DO SUBTRECHO PR-100 CAFEZAL-PINHEIRAL										
AMOSTRAGEM		GRANULOMETRIA %			INDICES FÍSICOS (%)			CLASSIF.	RESISTÊNCIA	
NÚMERO	KM	n° 10	n° 40	n° 200	LL	LP	IP	TRB	ISC/CBR%	Expansão
1	1,000	99,90	97,96	96,59	51,66	24,38	27,28	A7-6	14,20	0,10
2	2,000	98,95	92,97	83,61	55,33	39,00	16,33	A7-5	15,89	0,30
3	3,000	99,62	96,03	95,49	68,80	46,19	22,61	A7-5	12,47	0,40
4	4,000	99,78	94,55	89,48	56,40	35,73	20,67	A7-5	11,78	0,20
5	5,000	99,97	99,56	97,57	51,20	35,05	16,15	A7-5	11,70	0,25
6	6,000	99,64	98,10	97,20	50,30	34,10	16,20	A7-5	13,40	0,20
7	7,000	99,34	96,40	95,40	43,40	30,83	12,57	A7-5	12,70	0,60
8	8,000	99,05	92,53	89,22	55,03	28,86	26,17	A7-6	12,40	0,30
9	9,000	99,62	97,40	96,43	52,00	28,86	23,14	A7-5	10,10	0,30
10	10,000	97,80	94,50	94,00	48,50	27,50	21,00	A7-6	9,70	0,30
11	11,000	99,10	97,40	95,20	47,70	28,90	18,80	A7-6	10,10	0,30
MEDIA									12,22	0,30
DESVIO PADRAO									1,87	0,13
CBR _{MÍNIMO} e EXPANSÃO _{MAX}									10,22	0,43

4.2 Ensaio de sedimentação

RESUMO DOS ENSAIOS DE AMOSTRAS COLETADAS AO LONGO DO SUBTRECHO PR-100, CAFEZAL - PINHEIRAL		
AMOSTRAGEM - GRANULOMETRIA POR SEDIMENTAÇÃO		
NÚMERO	KM	PORCENTAGEM DE SILTE (S%)
1	1,000	41,4
2	2,000	44,8
3	3,000	50,7
4	4,000	47,3
5	5,000	43,4
6	6,000	50,7
7	7,000	42,7
8	8,000	52,4
9	9,000	48,7
10	10,000	46,5
11	11,000	47,5
MÉDIA		46,9
DESVIO PADRÃO		3,57
PORCENTAGEM DE SILTE MÁXIMA		50,74

4.3 Classificação dos tipos de solos em função da resiliência

TIPOS DE SOLOS			
ISC/CBR %	PORCENTUAL DE SILTE (S%)		
	≤ 35	35 a 65	> 65
≥ 10	I	II	III
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

Em função do ISC/CBR e porcentagem de silte o solo em questão foi classificado como sendo do Tipo II.

Tráfego

5.1 Contagens classificatórias/volumétricas

Foram realizadas durante sete dias com início no dia 17/10/2016 e finalizadas no dia 23/10/2016 com duração de 13 horas, ou seja, das 7:00 horas da manhã até às 20:00 horas da noite. Os Quadros 1 ao 7 mostram as contagens no sentido 1, do subtrecho de rodovia hipotética, PR-100, Cafezal – Pinheiral, segmento do km 2,000 ao km 11,940 e os Quadros 8 ao 14 no sentido inverso.

As contagens classificatórias/volumétricas foram realizadas no km 6,500 da mesma rodovia.

Quadro 1 – Sentido 1 – 17/10/2016

CONTAGEM CLASSICATORIA/VOLUMETRICA																		
RODOVIA: PR-100		SUBTRECHO: Cafezal - Pinheiral (km 2,000 ao km 11,940)																
DATA: 17/10/2016		Segunda-feira										LOCAL: km: 6.500						
SENTIDO 1		Cafezal - Pinheiral																
Categoria Veículos	Automóveis/táxis	Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques						Caminhões Reboques		TOTAL POR HORA			
		III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64		II-19	II-35	II-6
Faixa Horária																		
7:00 - 7:15	17	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	23
7:15 - 7:30	15	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	2	2	1	0	0	25
7:30 - 7:45	16	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	0	22
7:45 - 8:00	26	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	33
8:00 - 8:15	18	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	2	2	0	0	1	29
8:15 - 8:30	22	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	3	4	0	0	0	32
8:30 - 8:45	25	1	0	0	1	1	1	1	2	0	1	2	2	4	1	1	0	43
8:45 - 9:00	24	1	1	0	1	1	0	0	3	1	2	1	2	3	0	1	0	41
9:00 - 9:15	20	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0	1	32
9:15 - 9:30	16	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	4	3	1	0	0	30
9:30 - 9:45	25	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	1	2	2	0	1	1	36
9:45 - 10:00	20	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	2	4	0	0	0	30
10:00 - 10:15	12	1	0	0	1	0	0	1	2	1	0	2	1	2	1	0	1	25
10:15 - 10:30	22	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	28
10:30 - 10:45	16	0	1	1	3	1	1	0	1	0	0	1	2	4	1	0	0	32
10:45 - 11:00	13	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	3	2	0	0	0	21
11:00 - 11:15	20	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	0	0	0	28
11:15 - 11:30	15	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	2	0	1	0	24
11:30 - 11:45	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	25
11:45 - 12:00	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	2	0	1	0	32
12:00 - 12:15	22	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	26
12:15 - 12:30	27	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	2	1	0	0	36
12:30 - 12:45	25	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	32
12:45 - 13:00	14	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0	0	1	1	1	0	0	22
13:00 - 13:15	16	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	24
13:15 - 13:30	22	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	31
13:30 - 13:45	18	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	24
13:45 - 14:00	20	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	2	1	0	1	30
14:00 - 14:15	20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	25
14:15 - 14:30	17	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	24
14:30 - 14:45	20	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	30
14:45 - 15:00	19	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	2	0	0	1	27
15:00 - 15:15	22	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	2	1	0	0	32
15:15 - 15:30	30	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	36
15:30 - 15:45	21	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	26
15:45 - 16:00	24	0	1	0	3	0	1	0	1	0	0	0	1	2	2	0	0	33
16:00 - 16:15	16	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	25
16:15 - 16:30	19	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	26
16:30 - 16:45	16	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	21
16:45 - 17:00	11	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	17
17:00 - 17:15	24	0	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	31
17:15 - 17:30	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	25
17:30 - 17:45	21	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0	3	2	0	0	0	31
17:45 - 18:00	16	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	21
18:00 - 18:15	24	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	31
18:15 - 18:30	13	0	0	0	4	0	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	22
18:30 - 18:45	15	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	1	1	1	0	0	0	22
18:45 - 19:00	14	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	20
19:00 - 19:15	9	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0	17
19:15 - 19:30	7	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	14
19:30 - 19:45	8	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	14
19:45 - 20:00	7	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	12
TOTALS	965	11	8	35	60	12	20	4	45	5	5	30	70	100	15	5	8	1398

1. ônibus (III-2 e III-3) que circulam nas rodovias nacionais, 80% trafegam com carga legal e 20% com carga legal mais a tolerância de 10,0%;
2. caminhões rígidos (I-2, I-3 e I-6) que circulam nas rodovias nacionais, 60% trafegam com carga legal, 30% com carga legal mais a tolerância de 10,0% e 10% trafegam vazios;
3. caminhões semirreboques (I-10, I-26, I-12, I-13, I-20, I-23, I-18, I-64 e II-19) que circulam nas rodovias nacionais, 20% trafegam com carga legal, 75% com carga legal mais a tolerância de 10,0% e 5% trafegam vazios; e
4. caminhões reboques (II-35 E II-6) que circulam nas rodovias nacionais, 45% trafegam com carga legal, 50% com carga legal mais a tolerância de 10,0% e 5% trafegam vazios.

Os pesos vazios (taras) das configurações de eixos dos veículos pesquisados foram fornecidos por empresa de inspeção veicular autorizada pelo SENATRAN.

5.7 Número N

O Quadro 27 mostra os valores finais do número considerando as seguintes premissas:

- a) ano da contagem 2016;
- b) licitação e obras anos de 2017 e 2018;
- c) vida útil de projeto 2019 a 2028;
- d) taxa de crescimento linear de 3% ao ano;
- e) fator direcional de 0,5 para pista simples; e
- f) fator climático regional de 1,0.

Quadro 27 – Cálculo do número N

CÁLCULO DO NÚMERO N DA PR-100 NO SUBTRECHO CAFEZAL - PINHEIRAL (KM 2,000 AO KM 11,940)																					
VEÍCULOS APURADOS	Ônibus			Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques						Caminhões Reboques			FATOR DE CORREÇÃO					
	III-2	III-4	III-6	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19		II-35	II-6			
VMD (ônibus+caminhões)	28	23	73	122	25	38	33	13	80	12	11	64	139	192	31	13	17				
TMDA(ônibus+caminhões)	24	20	63	106	22	4,18	1,67	10,20	1,54	1,45	8,11	15,33	21,08	21,08	3,44	1,43	1,82				
% FEC	3,08	2,48	8,00	13,43	2,74	4,76	5,79	4,76	5,70	8,98	7,94	12,17	4,66	6,91	6,72	7,04	8,23				
FATORES AASHTO	4,68	1,63	2,87	2,07	2,43	10,06	18,03	25,42	19,24	23,17	30,55	28,32	26,63	37,94	40,36	17,66	44,57				
VEÍCULOS USACE	7,51	4,63	4,06	9,76	27,76	6,64	24,22	7,93	58,12	13,84	11,49	98,73	71,46	145,71	23,15	10,08	15,02				
Produtos AASHTO	14,44	4,06	22,97	27,76	6,64	24,22	7,93	58,12	13,84	11,49	98,73	71,46	145,71	23,15	10,08	15,02	555,61				
% x FV USACE	23,14	11,50	32,48	131,01	27,51	75,42	42,37	196,32	35,70	44,20	229,76	408,22	799,97	138,98	25,26	81,29	2303,13				
FATORES DE VEÍCULOS MÉDIOS DA FROTA.....																		USACE =			
TAXA DE CRESCIMENTO ANUAL																		AAASHTO =			
DADOS BÁSICOS																		Fator Direcional		Fator Climático Regional	
Automóveis																		Pista		FR	
0,030																		S/D		FR	
0,030																		S		1,0	
0,030																		K		0,5	
0,030																		0,5		0,5	
NÚMERO "N" AO LONGO DO PERÍODO DE ANÁLISE																					
Anos	Período Análise	Vida útil Pavimento	Automóveis	Auto-móveis	TIPOS DE VEÍCULOS										Número N _{USACE}						
					Ônibus	CAMINHÕES	TMDA Cam.+Ônib.	Número N _{ASHTO}	Número N _{USACE}	No ano	Acumulado	No ano	Acumulado								
2016	projeto	1932	44	743							786	7,97E+05			3,31E+06						
2017	licitação	1990	45	765							810	8,21E+05	1,62E+06		3,40E+06	6,71E+06					
2018	obra	2050	46	788							834	8,46E+05	2,46E+06		3,51E+06	1,02E+07					
2019	vida útil	1	2111	48	811						859	8,71E+05	3,34E+06		3,61E+06	1,38E+07					
2020	vida útil	2	2175	49	836						885	8,97E+05	4,23E+06		3,72E+06	1,75E+07					
2021	vida útil	3	2240	51	861						912	9,24E+05	5,16E+06		3,83E+06	2,14E+07					
2022	vida útil	4	2307	52	887						939	9,52E+05	6,11E+06		3,95E+06	2,53E+07					
2023	vida útil	5	2376	54	913						967	9,81E+05	7,09E+06		4,07E+06	2,94E+07					
2024	vida útil	6	2448	55	941						996	1,01E+06	8,10E+06		4,19E+06	3,36E+07					
2025	vida útil	7	2521	57	969						1026	1,04E+06	9,14E+06		4,31E+06	3,79E+07					
2026	vida útil	8	2597	59	998						1057	1,07E+06	1,02E+07		4,44E+06	4,23E+07					
2027	vida útil	9	2675	61	1028						1089	1,10E+06	1,13E+07		4,58E+06	4,69E+07					
2028	vida útil	10	2755	62	1059						1121	1,14E+06	1,25E+07		4,71E+06	5,16E+07					

Resumo das Avaliações Estrutural, Funcional e de Tráfego

O Quadro 28 mostra um resumo dos cálculos das avaliações estrutural, funcional e de tráfego de cada SH necessários para dados de entradas dos métodos de dimensionamentos que a seguir vão ser demonstrados.

Quadro 28 – Resumo das avaliações

SH (Nº)	INICIAL (Est./km)	FINAL (Est./km)	Ext. (m)	D _c (10 ² mm)	RC (m)	Número N USACE	Número N AASHTO	Revestim. H _o (cm)	Cam. Gran. H _{co} (cm)	IGG	FC-1 (%)	FC2 (%)	FC3 (%)	F2+FC3 (%)	TR (%)	IRI (m/km)	QI (cl/km)
1	2000	3260	1.260,0	75,71	117,50	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	72	1,88	17,79	11,19	28,98	30,04	4,15	53,95
2	3260	4100	840,0	63,15	170,79	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	99	0,65	11,68	18,07	29,75	30,54	4,49	58,34
3	4100	4500	400,0	69,90	129,73	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	95	0,55	6,49	27,50	33,99	34,70	4,73	61,43
4	4500	5820	1.320,0	71,32	144,35	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	96	0,63	5,70	30,23	35,93	38,04	4,53	58,87
5	5820	6860	1.040,0	67,67	133,22	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	99	1,20	13,52	25,28	38,80	39,74	4,55	59,15
6	6860	7540	680,0	72,87	105,67	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	109	0,00	21,63	19,25	40,88	42,49	4,23	55,03
7	7540	8580	1.040,0	71,26	105,85	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	102	0,28	20,22	23,41	43,63	44,29	4,55	59,15
8	8580	9500	920,0	68,01	127,10	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	103	0,33	25,67	18,84	44,51	46,42	4,25	55,25
9	9500	10380	880,0	61,39	141,33	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	99	0,43	23,36	18,92	42,27	43,41	4,42	57,48
10	10380	11540	1.160,0	72,72	131,53	5,16E+07	1,25E+07	5,0	30,0	101	0,00	21,91	19,34	41,26	42,47	4,44	57,72
11	11540	11940	400,0	65,36	140,90	5,16E+07	1,25E+07	6,0	30,0	131	0,00	11,43	37,62	49,05	50,42	4,35	56,55

Métodos de Dimensionamento de Reforços Estruturais

7.1 Dimensionamento pelo método empírico DNER – PRO 10/79

7.1.1 Viabilização em camada única

SEGMENTOS HOMOGÊNEOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ESTAÇÕES	2,000 a 3,260	3,260 a 4,100	4,100 a 4,500	4,500 a 5,820	5,820 a 6,860	6,860 a 7,540	7,540 a 8,580	8,580 a 9,500	9,500 a 10,380	10,380 a 11,540	11,540 a 11,940
Deflexões de projeto (10 mm) - d_p	75,71	63,15	69,90	71,32	67,67	72,87	71,26	68,01	61,39	72,72	65,36
Deflexões de projeto (10 mm) - d_o	53,00	44,20	48,93	49,92	47,37	51,01	49,88	47,61	42,98	50,90	45,75
Número N_i (FEC_{USACE})	5,16E+07	5,16E+07	5,16E+07	5,16E+07	5,16E+07	5,16E+07	5,16E+07	5,16E+07	5,16E+07	5,16E+07	5,16E+07
ITp (Índice de Tráfego)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
h_{cb} = h_e (espessura existente do revestimento)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00
d_{adm} (Deflexão admissível - Nomograma 1)	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	32,00
FC-1 (Trincas classe 1 em %)	1,88	0,65	0,55	0,63	1,20	0,00	0,28	0,33	0,43	0,00	0,00
FC-2 (Trincas classe 2 em %)	17,79	11,68	6,49	5,70	13,52	21,63	20,22	25,67	23,36	21,91	11,43
FC-3 (Trincas classe 3 em %)	11,19	18,07	27,50	30,23	25,28	19,25	23,41	18,84	18,92	19,34	37,62
(FC-2) + (FC-3) (%)	28,98	29,75	33,99	35,93	38,80	40,88	43,63	44,51	42,27	41,26	49,05
IF (Índice de Fissuração)	18,58	18,76	21,38	22,61	24,55	25,55	27,34	27,90	26,53	25,79	30,65
Condição de Fissuração	B	B	D	D	D	B	D	B	B	B	D
h_e (Menor espessura - Nomograma 3)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
F_r (Fator de Redução)	0,87	0,87	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,81	0,82	0,79
h_{ef} (Espessura efetiva)	10,44	10,42	10,20	10,10	9,94	9,85	9,70	9,66	9,77	9,83	9,43
Δh ($h_e - h_{ef}$)	1,56	1,58	1,80	1,90	2,06	2,15	2,30	2,34	2,23	2,17	2,58
(h_{CB})_{min} (Espessura mínima de reforço)	4,00	4,00	10,00	10,00	10,00	4,00	10,00	4,00	4,00	4,00	10,00
(d_{cb})_{max} (Deflexão máxima - Nomograma 4)	39,00	33,00	30,00	30,00	30,00	39,00	30,00	30,00	33,00	30,00	30,00
(d_{ad})_{max} (Def. admissível máx. - Nomograma 4)	43,00	43,00	25,00	25,00	25,00	43,00	25,00	25,00	43,00	25,00	25,00
Viabilidade camada única de CA	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO

7.1.2 Viabilização em camadas integradas

SEGMENTOS HOMOGÊNEOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
d_p (Deflexão de projeto a 8,2 t)			69,90	71,32	67,67		71,26	68,01		72,72	65,36
d_c (Deflexão requerida a 6,8 T)			48,93	49,92	47,37		49,88	47,61		50,90	45,75
h_{CB} (Espessura de conc. asfáltico - Nomograma 3)			7,50	7,50	7,50		7,50	7,50		7,50	7,50
f_{CB} (fator de equivalência do CA)			1,70	1,70	1,70		1,70	1,70		1,70	1,70
H_{CB} (espessura de pedregulho)			12,75	12,75	12,75		12,75	12,75		12,75	12,75
d_{adm} = (Deflexão admissível - Nomograma 1) = d			20,00	20,00	20,00		20,00	20,00		20,00	20,00
Redução% = $((d_p - d_c) / d_c) \cdot 100$			59,12	59,94	57,78		59,90	57,99		60,71	56,28
H (espessura requerida - Nomograma 5)			32,0	33,0	31,0		32,0	31,0		32,0	29,0
Hi (espessura requerida de pedregulho)			19,25	20,25	18,25		19,25	18,25		19,25	16,25
f_i (fator de equivalência subjacente) CA			1,70	1,70	1,70		1,70	1,70		1,70	1,70
h_i (espessura real requerida)			11,3	11,9	10,7		11,3	10,7		11,3	9,6
CAPA - CONCRETO ASFÁLTICO			5,0	5,0	5,0		5,0	5,0		5,0	5,0
BINDER - CONCRETO ASFÁLTICO			6,0	6,5	5,5		6,0	5,5		6,0	5,0

7.2 Dimensionamento pelo método empírico DNER – PRO 11/79

SH N.º	KM Inicial	KM Final	Extensão (m)	D_p VB (0,01 mm)	Raio de Curva- tura (m)	IGG	Número N (USACE)	D_{adm} (0,01mm)	Hipó- tese	Avaliação Estrutural			H_{CB} calculado (cm)	CAPA CA - FX C	BINDER CA - FX B
										Qualidade	Critério	Medidas			
1	2,000	3,260	1.260,0	75,71	117,50	72	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	9,1	4,0	5,0
2	3,260	4,100	840,0	63,15	170,79	99	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	5,9	6,0	0,0
3	4,100	4,500	400,0	69,90	129,73	95	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	7,7	4,0	4,0
4	4,500	5,820	1.320,0	71,32	144,35	96	5,16E+07	44,93	III	Má	Deflectométrico	Reforço	8,0	4,0	4,0
5	5,820	6,860	1.040,0	67,67	133,22	99	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	7,1	4,0	4,0
6	6,860	7,540	680,0	72,87	105,67	109	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	8,4	4,0	4,5
7	7,540	8,580	1.040,0	71,26	105,85	102	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	8,0	4,0	4,0
8	8,580	9,500	920,0	68,01	127,10	103	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	7,2	4,0	4,0
9	9,500	10,380	880,0	61,39	141,33	99	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	5,4	5,5	0,0
10	10,380	11,540	1.160,0	72,72	131,53	101	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	8,4	4,0	4,5
11	11,540	11,940	400,0	65,36	140,90	131	5,16E+07	44,93	II	Regular	Deflectométrico	Reforço	6,5	4,0	4,0



**COM A CRASA,
TUDO PODE SER
CONSTRUÍDO!**



SAIBA MAIS



comunicacao@crasainfra.com

(41) 3165-5100 | www.crasainfra.com

LinkedIn: [company/crasa-infraestrutura](https://www.linkedin.com/company/crasa-infraestrutura)

Instagram: [@crasainfraestrutura](https://www.instagram.com/crasainfraestrutura)

