

UNIS - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS

SAMANTHA PORTO ALVES

N. CLASS.	M.625.8
GUTTER	A4745
ANO/EDIÇÃO	2014

**SOLUÇÕES PARA PATOLOGIAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL EM
ÁREA URBANA – ESTUDO DE CASO: RUA DA CHAPADA – ELÓI
MENDES - MG**

Varginha- MG

2014

FEPESMIG

UNIS - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS

SAMANTHA PORTO ALVES

**SOLUÇÕES PARA PATOLOGIAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL EM
ÁREA URBANA – ESTUDO DE CASO: RUA DA CHAPADA – ELÓI
MENDES - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como
parte dos requisitos necessários para a obtenção
do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a):

M.Sc. Ivana Prado de Vasconcelos

Varginha – MG

2014

SAMANTHA PORTO ALVES

**SOLUÇÕES PARA PATOLOGIAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL EM
ÁREA URBANA – ESTUDO DE CASO: RUA DA CHAPADA – ELÓI
MENDES - MG NUNDAÇÕES**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como
parte das exigências do programa de graduação em
Engenharia Civil.**

Prof. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos
Presidente da Banca – Orientadora

Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior
Membro

Prof. Ms. Alexandre Lopes
Membro

Varginha – MG
2014

Dedico este trabalho a minha família, por todo o apoio, amor e paciência durante estes anos dedicados aos estudos. Também a todos que contribuíram para sua realização, em especial José Geraldo Souza

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por chegar até aqui.

Ao corpo docente pela dedicação. Em especial a orientadora Prof. M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos pela incansável ajuda, e por amar sua profissão inspirando-nos.

A minha família que sem dúvida alguma foi à base nas escolhas tomadas.

Aos colegas pelo companheirismo e amizade durante esses anos.

Lista de Figuras:

FIGURA 1 - TRECHO EM ESTUDO, RUA DA CHAPADA.....	29
FIGURA 2 – TRINCAMENTO TIPO CROCODILO OU JACARÉ.....	31
FIGURA 3 – ESCORREGAMENTO DE CAPA.....	32
FIGURA 4 – TRINCAMENTO EM BLOCO.....	33
FIGURA 5 – TRINCAMENTO LONGITUDINAL.....	33
FIGURA 6 – TRINCAMENTO TRANSVERSAL.....	34
FIGURA 7 – TRINCAMENTO PARABÓLICO.....	34
FIGURA 8 - AMOSTRA NO FOGAREIRO.....	37
FIGURA 9 - AMOSTRA SENDO QUARTEADA.....	38
FIGURA 10 - PAPEL FILTRO COLOCADO ANTES DA TAMPA.....	38
FIGURA 11 - SOLVENTE SENDO COLOCADO NO INTERIOR DO PRATO.....	39
FIGURA 12 - AGREGADOS APÓS EXTRAÇÃO DO BETUME.....	39
FIGURA 13 - RETIRADA DA AMOSTRA DA CAMADA DE BASE PELO AMOSTRADOR TIPO SHELBY.....	43
FIGURA 14 - AMOSTRADOR TIPO SHELBY UTILIZADO NA EXTRAÇÃO DA CAMADA DE BASE.....	44

Sumário

1 - INTRODUÇÃO.....	9
2 - OBJETIVOS.....	10
2.1 - Objetivo Geral.....	10
2.2 - Objetivos Específicos	10
3 – REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 – Camadas do Pavimento	11
3.2 – Tipos de Base mais utilizadas.....	13
3.3 – Terminologia dos Defeitos	14
3.4 – Codificação e Classificação dos Defeitos	18
3.5 – Normatizações	20
3.5.1 – DNIT 006/2003 – PRO Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos.....	20
3.5.2 - DNIT 007/2003 – PRO Levantamento para Avaliação da Condição de Superfície de Subtrecho Homogêneo de Rodovias de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos para Gerência de Pavimentos e Estudos de Projetos.....	21
3.5.3 - DNIT 009/2003 – PRO Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos.....	21
3.5.4 - DNER – ME 053/94 – Misturas betuminosas – percentagens de betume.	22
3.5.5 - DNIT 141/2010 – ES – Pavimentação – Base estabilizada granulométricamente – Especificação de serviço.....	23
3.5.6 - DNER – PRO 277/97 – Metodologia para controle estatístico de obras e serviços.	25
4 - METODOLOGIA	29
5 – DIAGNÓSTICO	31
6 – RESULTADOS.....	36
6.1 - Realização dos ensaios	37
6.1.1 - Extração de Betume.....	37
6.2 - Camada de Base.....	43
6.2.1 - Ensaio Granulométrico	43
7 - RECOMENDAÇÕES.....	46
8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

ANEXO A	51
ANEXO B.....	52
ANEXO C.....	53

1 - INTRODUÇÃO

A avaliação de um pavimento rodoviário compreende um conjunto de atividades destinadas à obtenção de dados, informações e parâmetros que permitam diagnosticar os problemas e interpretar o desempenho de uma estrutura. (GONÇALVES, 1999).

Todo sistema de transporte requer certa infraestrutura e deve-se preceder de cálculos que são realizados e dimensionados por Engenheiros Civis. O sistema rodoviário não é muito diferente e compreende-se na construção de estradas e vias urbanas que permitam o seu uso pelos veículos dos mais diversos tipos. Portanto, a palavra pavimento pode ser designada como uma determinada tecnologia utilizada nessas vias, sendo esta analisada ao que tange a qualidade e aos custos provindos para sua execução.

Para a tecnologia de pavimentação existem inúmeros processos, materiais e outros tipos de estudos elaborados, porém apesar de todos os estudos e ensaios as patologias são inevitáveis devido às cargas transmitidas ao pavimento pelos veículos. O que se tem a fazer para evitar ao máximo essas patologias é dimensionar corretamente todas as camadas do pavimento, bem como colocar corretamente cada tipo de material.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo propor soluções para as patologias em pavimentos asfálticos em área urbana, a partir das verificações na Rua da Chapada em Elói Mendes – MG.

2.2 - Objetivos Específicos

Para identificar as causas e buscar soluções para as patologias encontradas deve-se:

- Identificar as patologias, bem como classificá-las no trecho proposto.
- Registrar através de fotos as principais patologias encontradas.
- Identificar as possíveis causas dos defeitos e procurar a melhor solução embasada em normas técnicas e ensaios dos materiais.

3 – REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 – Camadas do Pavimento

Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento.

A mais antiga estrada pavimentada se deu para a construção das pirâmides do Egito (2600 – 2400 a.C), porém destinou-se para transportes de cargas, e não com veículos de rodas mas sim trenós. Já no Brasil teve início em 1560, mas o impulso na construção rodoviária brasileira ocorreu nas décadas de 1940 e 1950.

Segundo Cruz e Bitencourt (2005) o fato que deu início à história do sistema viário terrestre no Brasil foi a inauguração da estrada União Indústria, em 1861. Contudo, a primeira lei a conceder auxílio federal para a construção de estradas foi aprovada somente em 1905.

Segundo Rubin e Pagel (2007) dá pra se dizer que a história das estradas brasileiras tem grande avanço com Washington Luís, que assumiu o cargo de presidente do Brasil em 1926, a quem se atribuiu à frase “Governar é Construir Estradas”. Isso porque é apenas em seu governo que surgem grandes obras como a Rio-São Paulo – hoje Via Dutra – e a primeira rodovia pavimentada do Brasil, a Rio-Petrópolis, que hoje leva o nome do presidente em questão. Ambas foram inauguradas em 1928.

Balbo (2007, p.227) explica que:

“A interação carga-estrutura, com suas consequências sobre a deformação e ocorrência de campos e gradientes de tensões nas camadas dos pavimentos, deve ser abordada obrigatoriamente dentro do conceito de que tal estrutura constitui um conjunto de camadas superpostas, com espessura e propriedades reológicas distintas, respondendo monoliticamente aos esforços aplicados pelos veículos.”

Os pavimentos flexíveis são assim chamados, uma vez que a estrutura do pavimento flete devido às cargas do tráfego. Uma estrutura de pavimento flexível é composta de diversas camadas de materiais que podem acomodar esta flexão da

estrutura. A seguir, demonstra-se através da Tabela 1, quais são os tipos de camadas de um pavimento.

Tabela 1: Camadas do Pavimento

CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL
REVESTIMENTO
BASE
SUB BASE
REFORÇO DO SUBLEITO
SUBLEITO

Fonte: PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto (2010).

O pavimento é constituído de cinco camadas. A seguir está descrito cada uma, com sua respectiva explicação. Vejamos:

- **Subleito:** é uma camada irregular, destina-se a conformar transversalmente e longitudinalmente a via, de acordo com o projeto geométrico. Destina-se em corrigir algumas falhas da superfície terraplenada.
- **Reforço do Subleito:** é a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente, de acordo com o dimensionamento do pavimento, fazendo parte integrante deste e que, por circunstâncias técnico-econômicas, é executada sobre o subleito regularizado.
- **Sub-base:** consiste de uma ou mais camadas de material apropriadamente compacto, é usualmente distinguida da camada de base pelas menores exigências em termos de resistência, plasticidade e graduação dos materiais que a constituem e o seu material deve ser de melhor qualidade do que o solo do subleito.
- **Base:** é a parte da estrutura do pavimento situada imediatamente abaixo da camada de revestimento, sua principal função é o suporte estrutural, promovendo a rigidez e a resistência à fadiga da estrutura.
- **Revestimento:** sua principal função como componente estrutural do pavimento é resistir às forças abrasivas do tráfego, reduzir a penetração de água superficial no pavimento, proporcionar um rolamento suave e uniforme ao tráfego.

3.2 – Tipos de Base mais utilizadas

Segundo Pinto e Preussler (2010), devido à importância estrutural da camada de base, faz-se a seguir uma breve descrição das mais comumente utilizadas, atentando-se para a base de solo estabilizado granulometricamente, comumente utilizado na região.

- **Base de Brita Graduada:** pode ser definida como uma base resultante da mistura, em usina ou *in situ*, de um agregado previamente dosado granulometricamente, contendo inclusive material de enchimento e água.
- **Base de Brita Corrida:** é uma camada constituída por produtos resultantes da britagem primária de rocha sã, enquadrados numa condição granulométrica contínua.
- **Base de Macadame Hidráulico:** pode ser definida como uma ou mais camadas de pedra britada, de fragmentos entrosados entre si, com material de enchimento, aglutinados por água. Diferencia-se das anteriores pelo tamanho do agregado pétreo principal, que nesse caso tem cerca de 10 cm.
- **Base de Macadame Betuminoso:** embora o nome macadame indique semelhança com o macadame hidráulico, aquele, contudo é limitado a certos fatores. Esse tipo de base consiste na superposição de camadas de agregados britados, interligados entre si por pinturas de material betuminoso.
- **Base de Solo Estabilizado Granulometricamente:** consiste da utilização de solos naturais, rochas alteradas ou ainda de qualquer combinação desses materiais, de modo a oferecer, após umedecimento e compactação, boas condições de estabilidade.
- **Base de Solo-Cimento:** pode ser definida como uma mistura íntima de solo, água e cimento, em proporções convenientes e previamente determinadas, mistura esta que, uniformizada e compactada, apresenta, após cura e cobertura por uma capa de rolamento, boas condições de durabilidade.
- **Base de Solo Arenoso Fino Laterítico:** é uma base de solo, onde predomina a fração areia fina, com pequenas porcentagens de silte e argila. O solo é o característico das regiões tropicais e foi formado pelo processo pedológico de laterização.
- **Base de Solo-Brita:** pode ser dividida em solo arenoso-brita e solo argiloso-brita. Na primeira constitui-se de uma mistura de solo arenoso fino-laterítico e brita

corrida, e na segunda, de solo com predomínio de argila, misturado com brita corrida. Para ambos os casos, as porcentagens ideais das misturas devem ser definidas em estudos de laboratório.

- **Brita Graduada Tratada com Cimento:** é constituída de uma mistura, em usina, de brita graduada ou brita corrida, cimento e água, adequadamente estudada com relação ao teor de cimento, e devidamente compactada no campo. Tem sido utilizada como camada de sub-base.

3.3 – Terminologia dos Defeitos

Como toda estrutura o pavimento também possui uma vida útil, e a degradação deste inicia-se assim que entra em serviço e os veículos começam a circular sobre a superfície. Esta degradação ou defeitos, ou ainda patologias são afetados pelas intempéries do tempo, que mesmo sem tráfego podem degradar o pavimento, ou acentuar as degradações induzidas pelo tráfego.

É difícil estabelecer uma única terminologia para as patologias dos pavimentos. No âmbito rodoviário foi preconizada uma “Terminologia para os Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos”, na norma DNIT 005/2003.

Este documento define os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos e serve para padronizar a linguagem adotada na elaboração de normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis e semirrígidos. Segue as definições da norma:

Fenda (F) - Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, podendo-se apresentar sob forma de fissura ou trinca (PREUSSLER, 2010).

Fissura (FI) - Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista desarmada, a uma distância inferior a 1,50 metros.

Trinca (T) - Fenda com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob forma de trincas isoladas ou interligadas.

Trinca Isolada – Trinca que pode ser curta ou longa (extensão superior a 100 cm), transversal ou longitudinal. Caracteriza-se por ser uma única trinca, isolada, contrária às trincas interligadas.

Trinca Transversal - Trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal Curta (C), quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca transversal Longa (L).

Trinca Longitudinal (L) - Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca longitudinal Curta (C), quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca longitudinal Longa (L).

Trinca de Retração (TRR) - Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material de revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado.

Trinca Interligada – As trincas interligadas podem se apresentar em forma de Couro de Jacaré sem direções preferenciadas ou em forma de Blocos com lados bem definidos.

Trinca tipo “Couro de Jacaré” (J) - Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais assemelha-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar ou não erosão acentuada nas bordas. Quando não apresentam erosão acentuada nas bordas são denominadas de Fendas de Classe 2 (FC-2), e Fendas de Classe 3 (FC-3), quando apresentam erosão acentuada nas bordas.

Trinca tipo “Bloco” (TB) - Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas. Quando não apresentam erosão acentuada nas bordas são denominadas de Fendas de Classe 2 (FC-2), e Fendas de Classe 3 (FC-3), quando apresentam erosão acentuada nas bordas.

Afundamento (A) - Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento. Quando acompanhada de solevamento denomina-se de Afundamento Plástico (AP) ou, em caso contrário, Afundamento de Consolidação (AC).

Afundamento Plástico (AP) - Causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento.

Afundamento de Consolidação (AC) - Causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento.

Ondulação ou Corrugação (O) - Deformação caracterizada por ondulações transversais no pavimento.

Escorregamento (E) - Deslocamento do revestimento em relação à base com aparecimento de fendas em forma de meia lua.

Exsudação (EX) - Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, resultante da migração do ligante através do revestimento.

Desgaste (D) - feito do arranchamento progressivo do agregado do revestimento, caracterizado por aspereza superficial.

Panela (P) - Cavidade que se forma no revestimento, podendo alcançar a base, provocada pela desagregação dessas camadas.

Remendo - Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada "tapa-buraco".

Remendo Profundo - Aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente, apresenta-se em forma retangular.

Remendo Superficial - Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa.

3.4 – Codificação e Classificação dos Defeitos

Os defeitos dos pavimentos flexíveis são definidos de acordo com a norma do DNIT 005/2003 – TER – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos.

Essa norma descreve a terminologia dos tipos de defeitos encontrados na camada superficial dos pavimentos asfálticos:

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 (solocimento) 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
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito.	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito.	ATP
	De	Local	Devido à consolidação diferencial	ALL

	Consolidação	ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito.	
	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

Fonte: DNIT 005/2003 TER

3.5 – Normatizações

Segundo Senço (2001), a superfície do pavimento é a face exposta diretamente à ação do tráfego, e é também a face que proporciona ao usuário o conforto, a segurança, e a mobilidade. O que é, em última análise, a razão do projeto e construção do pavimento. Esta deve estar em bom estado para exercer sua função de condução do tráfego com segurança e conforto.

Algumas das causas mais frequentes no surgimento das patologias nos pavimentos asfálticos podem ser devidas a problemas construtivos, ou até mesmo na escolha de materiais.

O DNIT possui três normas fixadoras dos procedimentos de avaliação da superfície dos pavimentos, e uma especificação de serviços para bases estabilizadas granulometricamente, já o DNER possui normas de método de ensaio laboratorial que auxilia na análise dos materiais que compõem a superfície do pavimento, como proceder na execução das camadas e procedimentos para controle estatístico de obras e serviços, estabelecendo a percentagem de erros aceitáveis em uma obra de pavimentação. A seguir apresenta-se cada uma delas.

3.5.1 – DNIT 006/2003 – PRO Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos.

Este procedimento baseia-se no cálculo do IGG (Índice de Gravidade Global) da superfície analisada. Para isso devem ser demarcadas as áreas que serão analisadas de 20 em 20 metros alternados em relação ao eixo da pista. Essa área constitui-se da largura da faixa de tráfego e uma extensão de 6 metros.

Para o cálculo do IGG, os defeitos são separados em 8 grupos. Cada grupo possui seu fator de ponderação que através do cálculo de cada IGI (Índice de Gravidade Individual) será somado para a obtenção do IGG. Esse índice por sua vez classifica o pavimento da rodovia como ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo.

3.5.2 - DNIT 007/2003 – PRO Levantamento para Avaliação da Condição de Superfície de Subtrecho Homogêneo de Rodovias de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos para Gerência de Pavimentos e Estudos de Projetos.

Esse procedimento analisa o estado da superfície de um pavimento expresso através da presença ou ausência de defeitos que serão contados e medidos.

A demarcação das áreas serão idênticas as do método descrito anteriormente, porém serão analisados separadamente subtrechos homogêneos de 100 metros cada.

A diferenciação entre os métodos é que nesse os defeitos serão identificados e medidos em áreas.

Esse método não apresenta um índice de identificação do estado da superfície, isso deve ser feito de acordo com a análise das planilhas e as áreas afetadas pelos defeitos.

3.5.3 - DNIT 009/2003 – PRO Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos.

Esse procedimento baseia-se na determinação de um índice conhecido como VSA (Valor de Serventia Atual) que é uma medida das condições de superfície de um pavimento, feita por um grupo de avaliadores que percorrem o trecho sob análise, registrando suas opiniões sobre a capacidade do pavimento de atender as exigências do tráfego em relação à suavidade e ao conforto.

A avaliação dos componentes do grupo deve ser registrada em escala de 0 a 5, conforme a Tabela 2, indicando, respectivamente, pavimentos de péssimo a ótimo.

Tabela 2 - Conceitos

CONCEITO	VSA
PÉSSIMO	0 a 1
RUIM	1 a 2
REGULAR	2 a 3
BOM	3 a 4
ÓTIMO	4 a 5

Fonte: PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto (2010).

Para cada trecho homogêneo, cuja extensão deve ser inferior a 2 quilômetros, o VSA é a média dos resultados das notas atribuídas por cada avaliador. Porém estes devem ignorar problemas ligados a resistência à derrapagem, a cruzamentos ferroviários e a recalques de aterros ou bueiros. Os resultados são obtidos por meio da seguinte fórmula:

$$VSA = \frac{\sum x}{n}$$

Onde:

VSA – Valor de Serventia Atual;

X – Valores de Serventia Atual individuais atribuídos por cada membro do grupo;

n – número de membros do grupo de avaliação.

3.5.4 - DNER – ME 053/94 – Misturas betuminosas – percentagens de betume.

Este método fixa o modo pelo qual se determina a percentagem de betume extraído de misturas betuminosas, por meio do extrator centrífugo.

A aparelhagem necessária é o aparelho extrator de betume, de acionamento elétrico ou manual. O prato do aparelho centrifugador deverá ter capacidade para receber 1.500 g da amostra e deverá girar a uma velocidade de 3.600 rpm, munido de dispositivo para regular a velocidade; balança com capacidade de 2kg, sensível a 0,1 g; estufa capaz de manter a temperatura entre 80°C e 120°C; papel de filtro de diâmetro igual ao diâmetro externo do prato e com um furo circular, no centro, de 5 cm de diâmetro.

Coloca-se a mistura betuminosa em um recipiente e deixa-se em estufa a 100°C – 120°C ou em fogareiro. Até que desmancham-se os grumos com a colher. Quarteia-se a seguir a mistura até obter-se uma amostra de cerca de 600 g.

A amostra é pesada no interior do prato do extrator de betume. Coloca-se a seguir o papel filtro, em posição, no prato centrifugador e atarraxa-se firmemente a tampa; o prato é colocado no interior do aparelho e despeja-se no interior do prato 150 ml de solvente. Espera-se cerca de 15 minutos e aciona-se o aparelho; de início o prato é acionado suavemente, aumentando-se a velocidade gradativamente, até que

a solução de betume e solvente venha escoar-se; quando se esgotar a primeira carga de solvente e betume, para-se o aparelho e uma nova porção de solvente é adicionada no prato. Esta operação é repetida com sucessivas adições de 150 ml, até o solvente sair claro; esgotada a última carga de solvente, o prato com o agregado nele existente e o papel de filtro é secado em fogareiro. O agregado depois de seco será pesado. O peso da amostra antes do ensaio menos o do agregado recuperado, dá o peso do betume extraído.

A porcentagem de betume é calculada pela fórmula:

$$P = \frac{\text{peso do betume extraído}}{\text{peso da amostra total}} \times 100$$

3.5.5 - DNIT 141/2010 - ES - Pavimentação - Base estabilizada granulométricamente - Especificação de serviço.

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução na camada de base do pavimento utilizando solo estabilizado granulométricamente. São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, inclusive plano de amostragem e de ensaios, condicionantes ambientais, controle de qualidade, condições de conformidade e não conformidade e os critérios de medição de serviços.

A execução da base compreende as operações de mistura e pulverização, umedecimento ou secagem dos materiais, em central de mistura ou na pista, seguidas de espalhamento, compactação e acabamento, realizadas na pista devidamente preparada, na largura desejada, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada.

No caso de utilização de misturas de materiais, inicialmente, deve-se distribuir na pista o material que entra na composição da mistura em maior quantidade, a seguir deve-se espalhar o segundo material, assegurando o atendimento à dosagem e à espessura pretendidas. O material espalhado deve receber adequada conformação, de forma que a camada apresente espessura constante.

O material distribuído deve ser homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora. Decorrendo-se esta etapa, deve-se remover materiais estranhos ou fragmentos de tamanho excessivo.

A variação do teor de umidade que admite-se para o material para início da compactação é de (-2) pontos percentuais até (+1) ponto percentual da umidade ótima de compactação. Caso o teor de umidade apresente-se abaixo do limite mínimo especificado, deve-se umedecer a camada através do caminhão tanque irrigador, seguido de homogeneização pela atuação de grade de discos e motoniveladora. Se o teor de umidade exceder ao limite superior especificado, deve-se aerar o material mediante ação conjunta da grade de discos e da motoniveladora, para que o material atinja o intervalo de umidade especificada.

Concluiu-se a correção e homogeneização da umidade, o material deve ser conformado, para obtenção da espessura desejada após compactação.

A camada de base não deve possuir espessura inferior a 10 cm, nem superior a 20 cm. Houve-se necessidade de executar camadas de base com espessura final superior a 20 cm, deve-se dividi-las em camadas parciais. A espessura mínima de qualquer camada de base deve ser de 10 cm após compactação. Nesta fase, deve-se tomar os cuidados necessários para evitar a adição de material na fase de acabamento.

Deve-se estabelecer o número de passadas dos equipamentos de compactação para atingir o grau de compactação especificado. Deve-se realizar nova determinação, sempre que houver variação no material ou do equipamento empregado.

A compactação deve evoluir longitudinalmente, inicia-se pelas bordas. Nos trechos em tangentes, a compactação deve prosseguir das duas bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base, o eixo. Os percursos ou passadas do equipamento utilizado deve-se distar entre si de forma que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior. Nos trechos em curva, havendo-se superelevação, a compactação deve-se progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente. Nas partes adjacentes ao início e ao fim da base em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha base, o eixo.

Executa-se o acabamento pela ação conjunta de motoniveladora e de rolos de pneus e liso vibratório.

Segundo a norma a base estabilizada granulométricamente não deve ser submetida à ação do tráfego, devendo ser imprimada imediatamente após sua liberação pelos controles de execução, de forma que a base já liberada não fique exposta à ação de intempéries que possam prejudicar sua qualidade. Ainda de acordo com a norma, comprova-se a boa execução da base quando esta satisfaz a uma das faixas da Tabela 3, referente ao ensaio de granulometria do material utilizado.

Tabela 3 – Granulometria do Material

PENEIRAS	A		B		C		D		E		F	
	PASSANTE %		PASSANTE %		PASSANTE %		PASSANTE %		PASSANTE %		PASSANTE %	
	MÍN	MÁX										
2"	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-
1"	-	-	75	90	100	100	100	100	100	100	100	100
3/8"	30	65	40	75	50	85	60	100	-	-	-	-
Nº 4	25	55	30	60	35	65	50	85	55	100	10	100
Nº 10	15	40	20	45	25	50	40	70	40	100	55	100
Nº 40	8	20	15	30	15	30	25	45	20	50	30	70
Nº	2	8	5	15	5	15	10	25	6	20	8	25
200												

Fonte: DNIT 141/2010.

Observa-se também os valores para os ensaios de limite de liquidez e índice de plasticidade na Tabela 4.

Tabela 4: Limite de Liquidez e Índice de Plasticidade

DNIT 141/2010
LIMITE DE LIQUIDEZ – LL ≤ 25%
ÍNDICE DE PLASTICIDADE – IP ≤ 6%

Fonte: criada pelo autor

3.5.6 - DNER – PRO 277/97 – Metodologia para controle estatístico de obras e serviços.

A metodologia utilizada no controle estatístico de qualidade abrange o estabelecimento de um plano de amostragem, na qual pressupõe-se a aleatoriedade

no processo de coleta das amostras, além de definir alguns conceitos e riscos que se está disposto a assumir, tais como:

α = risco do Executante de ter rejeitado um serviço de boa qualidade;

β = risco do DNER de aceitar um serviço de má qualidade;

p_1 = nível de qualidade aceitável ou percentagem máxima de defeitos que caracterizam um serviço de boa qualidade;

p_2 = nível de qualidade inaceitável ou percentagem mínima de defeitos que caracterizam um serviço de má qualidade;

Entende-se como tamanho da amostra o número mínimo de unidades a serem inspecionadas, para se tomar uma decisão quanto à aceitação ou rejeição do serviço, sob as condições de risco e os conceitos previamente estabelecidos nos planos de amostragem.

O tamanho da amostra é dado por:

$$n = \left[1 + \frac{k^2}{2} \right] \left[\frac{Z\alpha + Z\beta}{Z1 - Z2} \right]^2$$

Onde:

$$k = \frac{Z\alpha \cdot Z2 + Z\beta \cdot Z1}{Z\alpha + Z\beta}$$

Os valores de Z são obtidos através da tabela de distribuição normal, em conformidade com elementos definidos no plano de amostragem.

A inspeção do serviço é feita atendendo-se às etapas seguintes:

- a) Extrai-se uma amostra de tamanho n ;
- b) Calculam-se a partir da amostra os seguintes valores:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n xi$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

x_i = valores individuais;

\bar{X} = média da amostra;

s = desvio padrão;

n = tamanho da amostra (número de determinações);

c) A partir dos valores de \bar{X} e s obtidos através da amostra e de \underline{n} e \underline{k} , calculados de acordo com os riscos admitidos para o caso de valor mínimo especificado, as alternativas de decisão são as seguintes:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$ – rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ – aceita-se o serviço;

Para o caso de valor máximo especificado, a decisão será:

Se $\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado}$ - rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado}$ - aceita-se o serviço;

Para o caso de valor especificado entre mínimo e máximo, a decisão será:

Se $\bar{X} - k < \text{valor mínimo especificado}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado}$
– rejeita-se o serviço.

Caso contrário, aceita-se o serviço.

A Curva Característica de Operação (CCO) fornece a probabilidade de aceitar-se um serviço com uma porcentagem de defeitos. Esta curva é obtida através da Função Característica do Plano, $L(p)$, onde:

$$L(p) = p\left\{t \geq \frac{k - Zp}{\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{k^2}{Zn}}}\right\}$$

Através da Curva (CCO), pode-se obter as diversas probabilidades de aceitação de um serviço, que um determinado plano de amostragem oferece, quando se varia a porcentagem de "defeitos".

Ainda, pela definição de $L(p)$ temos:

$$L(0) = 1; L(1) = 0; L(p_1) = 1 - \alpha; e L(p_2) = \beta$$

4 - METODOLOGIA

A escolha da via em estudo, conforme Figura 1, Rua da Chapada, localizada na cidade de Elói Mendes – MG se deu em função do tráfego intenso de ônibus, por ser a principal saída da cidade e de suas constantes patologias.



Figura 1 - Trecho em estudo, Rua da Chapada.

Fonte: <http://maps.google.com.br>.

A princípio, fez-se avaliação visual e fotográfica das patologias encontradas. Porém precisava-se de uma avaliação superficial, que segundo estudos a maneira mais eficiente de se obter informações sobre o estado de serventia de um pavimento é o próprio usuário.

Existem vários métodos de avaliar as condições das estradas e pavimentos, determinando um índice de qualidade para um trecho estabelecido e previamente analisado, bem como estabelecer análises estatísticas diretamente ligadas as patologias identificadas na superfície do pavimento.

O DNIT possui três normas fixadoras dos procedimentos de avaliação da superfície dos pavimentos. Dentre elas, para o presente estudo foi relacionado o

procedimento DNIT 009/2003 PRO que se refere ao VSA (Valor de Serventia Atual) e se justifica pelo fato de ser um método de abordagem simples, econômico, rápido e não destrutivo.

Para realização deste estudo, retirou-se uma amostra do pavimento flexível e da camada de base da via, para análise laboratorial. O revestimento estudado, é a mistura asfáltica com agregados e ligante betuminoso (CBUQ).

O ensaio de extração de betume, também conhecido como Rotarex (extrator centrífugo) determina a porcentagem de betume extraído de misturas betuminosas de acordo com a norma DNER ME 053/94.

Já o material da camada de base, fez-se os ensaios de granulometria, um ensaio muito importante para classificar os solos bem como estimar parâmetros para bases estabilizadas, de acordo com a norma DNIT 141/2010, e também determinou-se o limite de liquidez e índice de plasticidade da amostra.

Após os ensaios, fez-se a análise dos resultados para identificar se as patologias ocorrem devido falhas na mistura do revestimento asfáltico ou na execução da camada de base.

5 – DIAGNÓSTICO

Os pavimentos assim como todo material possuem uma vida útil, ou seja, são projetados para durarem um determinado período. Porém o desgaste devido ao uso e as condições ambientais são inevitáveis, fazendo que no decorrer do tempo o pavimento sofra uma deterioração.

Os principais defeitos de superfície dos pavimentos com revestimento asfáltico e os mecanismos de ocorrência ajudam no diagnóstico da patologia e são úteis na programação da reabilitação. O conhecimento das possibilidades de localização de cada defeito auxilia na distinção entre defeitos semelhantes.

As patologias encontradas no revestimento asfáltico da Rua da Chapada:

- **Trincamento tipo crocodilo ou jacaré:** caracteriza-se por trincas interligadas conforme Figura 2. Podem ser causadas pela fadiga do revestimento asfáltico ou da base estabilizada, pela ação repetida das cargas de tráfego ou ainda por compactação deficiente.

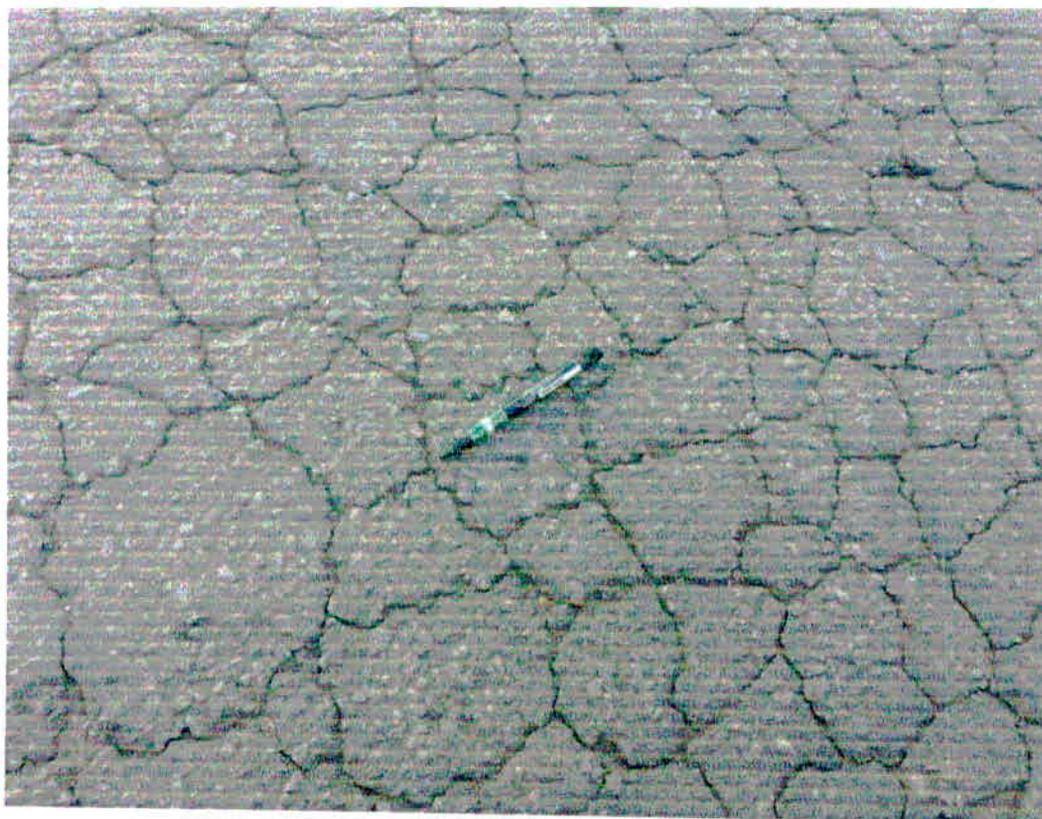


Figura 2 – Trincamento tipo crocodilo ou jacaré.

Fonte: Arquivo pessoal.

- **Escorregamento de Capa:** movimento horizontal da mistura asfáltica, conforme Figura 3. Onde as causas prováveis podem ser ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual esta se apoia, a de base, compactação deficiente da mistura asfáltica ou camada de base.

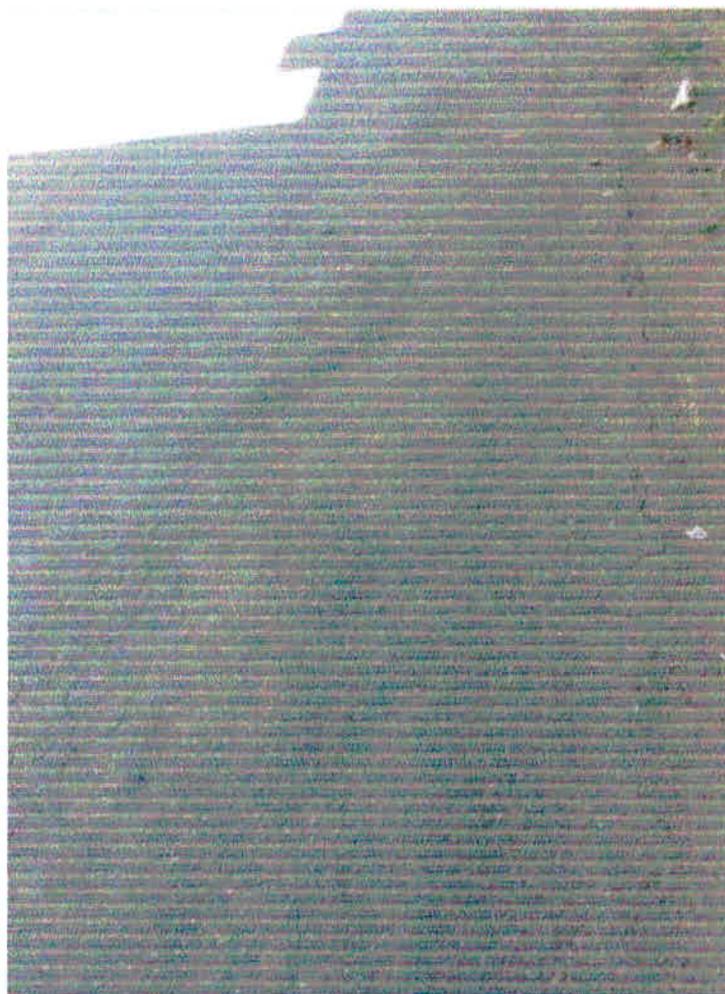


Figura 3 – Escorregamento de capa.

Fonte: Arquivo pessoal.

- **Trincamento em Bloco:** formam-se blocos de vários tamanhos, conforme Figura 4. Este tipo de trincamento é causado, principalmente, pela contração do material de revestimento, devido à alternância diária entre altas e baixas temperaturas. A sua constatação, indica que o ligante asfáltico perdeu significativamente sua característica elástica.

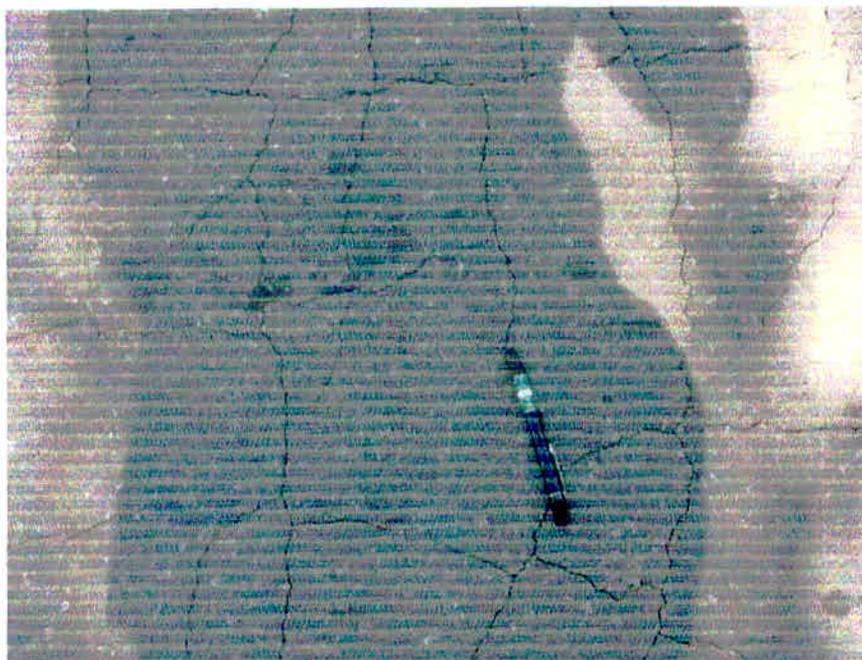


Figura 4 – Trincamento em bloco.

Fonte: Arquivo pessoal.

- **Trincamento Transversal e Longitudinal:** as trincas longitudinais são paralelas ao eixo da pista de rolamento, conforme Figura 5. As transversais são perpendiculares ao eixo da pista, conforme Figura 6. As possíveis causas são juntas de construção mal executadas, contração/dilatação do revestimento devido ao gradiente térmico ou envelhecimento do asfalto.



Figura 5 – Trincamento longitudinal.

Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 6 – Trincamento transversal.

Fonte: Arquivo pessoal.

- **Trincamento Parabólico:** caracteriza-se pela formação de trincas em forma de meia lua conforme Figura 7. Possivelmente ocorre devido à baixa estabilidade da mistura asfáltica, ou má ligação entre a superfície do pavimento e a camada de base.

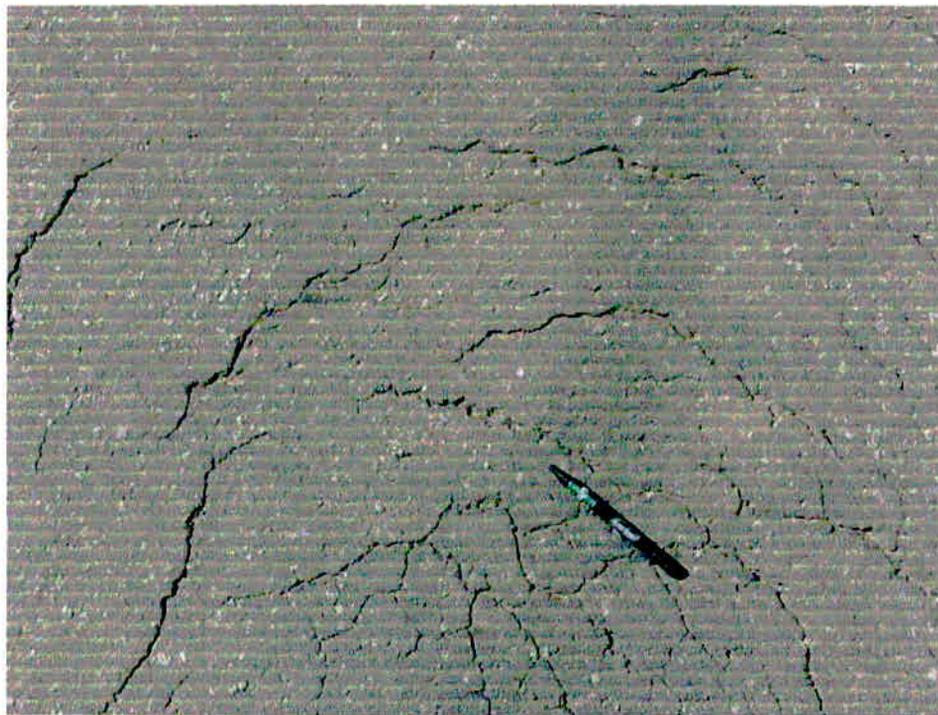


Figura 7 – Trincamento parabólico.

Fonte: Arquivo pessoal.

A análise das possíveis causas que provocam estas patologias torna-se complexa, sendo, no entanto uma das supostas razões a fadiga dos materiais. Assim sendo complica-se apontar as causas que estão na origem das patologias detectadas nessa via, possíveis causas devem-se talvez ao nível da composição das misturas betuminosas aplicadas, devido ao controle de percentagem dos componentes; ou ainda má execução da camada estrutural, a base.

6 - RESULTADOS

O resultado do Valor de Serventia Atual calculado a partir das notas dos avaliadores:

$$\begin{aligned} X1 &= 2,5 & VSA &= \frac{\sum x}{n} \\ X2 &= 3,0 & VSA &= \frac{x1+x2+x3+x4+x5}{n} \\ X3 &= 2,0 & VSA &= \frac{2,5+3,0+2,0+3,0+2,5}{5} \\ X4 &= 3,0 & VSA &= 2,6 \\ X5 &= 2,5 \end{aligned}$$

Após o resultado do Valor de Serventia Atual joga-se o valor na Tabela 5.

Tabela 5 - Conceitos

CONCEITO	VSA
PÉSSIMO	0 a 1
RUIM	1 a 2
REGULAR	2 a 3
BOM	3 a 4
ÓTIMO	4 a 5

Fonte: PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto (2010).

O resultado do VSA conceituou o trecho como regular. Possíveis explicações para as notas atribuídas por cada avaliador bem como o resultado final se deve as patologias encontradas no trecho.

6.1 - Realização dos ensaios

Apenas com a avaliação superficial para o trecho não foi possível encontrar as causas para as patologias, por isso precisou-se de ensaios laboratoriais para analisar os materiais coletados na via.

6.1.1 - Extração de Betume

Com este ensaio determina-se a percentagem de betume em misturas betuminosas, por meio do extrator centrífugo, ou Rotarex, como o aparelho é conhecido.

Para realização do ensaio, utilizou-se o aparelho extrator de betume de acionamento manual.

Coloca-se a mistura betuminosa em um recipiente, conforme Figura 8, e aquece em fogareiro até que os grumos possam ser desmanchados com uma colher.



Figura 8 - Amostra no fogareiro.

Fonte: Arquivo pessoal.

Após desmancharem-se todos os grumos, quarteia-se a mistura até obter-se uma amostra de cerca de 600 g, conforme Figura 9.



Figura 9 - Amostra sendo quarteada.

Fonte: Arquivo pessoal.

Pesa-se a amostra no interior do prato extrator de betume, depois coloca-se o papel filtro no prato centrifugador, conforme Figura 10 e atarraxa-se firmemente a tampa.



Figura 10 - Papel filtro colocado antes da tampa.

Fonte: Arquivo pessoal.

O prato é colocado no interior do aparelho, despeja-se no interior do prato 150 ml de solvente, no caso do ensaio realizado é gasolina, conforme Figura 11. Espera-se cerca de 15 min e aciona-se o aparelho.



Figura 11 - Solvente sendo colocado no interior do prato.

Fonte: Arquivo pessoal.

Após a extração do betume, o solvente infiltra-se nos agregados, conforme Figura 12, necessita-se então colocá-los em estufa para que se elimine o resto do solvente para pesagem dos agregados e conclusão do ensaio.



Figura 12 - Agregados após extração do betume.

Fonte: Arquivo pessoal.

6.1.1.1 – Resultado do Ensaio de Extração de Betume

Antes da extração de betume pesa-se o prato com o filtro, e também o prato com a amostra e filtro. Conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Pesos

VIA URBANA	PESO 1: PRATO + FILTRO (g)	PESO 2: PRATO + FILTRO + AMOSTRA (g)
RUA DA CHAPADA	82,20	682,20

Fonte: Criada pelo Autor

Através dos valores obtidos, pode-se calcular o peso da amostra apenas subtraindo o peso 2 pelo peso 1, conforme se vê na Tabela 6:

$$\text{Peso da Amostra} = \text{Peso2} - \text{Peso1}$$

Tabela 6 – Peso da Amostra

VIA URBANA	PESO DA AMOSTRA (g)
RUA DA CHAPADA	600,00

Fonte: Criada pelo autor

Após secagem do material, o prato com os agregados é novamente pesado, adquirindo-se o peso 3, apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Peso dos Agregados

VIA URBANA	PESO 3: PRATO + FILTRO + AGREGADO (g)
RUA DA CHAPADA	636,64

Fonte: Criada pelo autor

Por meio do peso 2 e peso 3, compõe-se o peso do CAP, que se dá pela equação abaixo:

$$\text{Peso do CAP} = \text{Peso2} - \text{Peso3}$$

Tabela 8: Peso do CAP

VIA URBANA	PESO DO CAP (g)
RUA DA CHAPADA	45,36

Fonte: Criada pelo autor.

Também consegue-se o peso dos agregados diminuindo o peso 3 pelo peso 1.

$$\text{Peso dos Agregados} = \text{Peso3} - \text{Peso1}$$

Tabela 9: Peso dos Agregados.

VIA URBANA	PESO DOS AGREGADOS (g)
RUA DA CHAPADA	554,64

Fonte: Criada pelo autor

Finalizando o ensaio, cria-se uma relação entre o peso do CAP e o peso da amostra, através disso se consegue o teor de betume, principal objetivo do ensaio.

$$\text{Teor de betume} = \left(\frac{\text{Peso do CAP}}{\text{Peso da Amostra}} \right) \times 100$$

Tabela 10: Teor de Betume.

VIA URBANA	TEOR DE BETUME (%)
RUA DA CHAPADA	7,56

Fonte: Criada pelo autor.

O teor de betume indica a percentagem de CAP na mistura asfáltica, varia de acordo com a granulometria dos agregados. O excesso de betume na massa asfáltica causa o fenômeno chamado exsudação, que tem como consequência a deformação plástica do pavimento, surgindo as trilhas de rodas nos locais de grandes tráfegos.

Procurou-se a Prefeitura da cidade, porém esta não possuía nenhum projeto da via em questão, não se sabe para qual percentagem de betume foi projetada, nem se

houve controle dos agregados. Em função disso fez-se o teste de granulometria após extração e verificou-se que os agregados utilizados atendem a faixa "C" do DNIT 141/2010, como podemos ver na Tabela 11.

Tabela 11: Granulometria Após Extração

PENEIRA	mm	PASSANTE %	DNIT - CBUQ - FAIXA C	
			MÍN	MÁX
3/4	19,10	100	100	100
1/2	12,70	100	85	100
3/8	9,52	97,37	75	100
4	4,76	83,30	50	85
10	2,00	68,22	30	75
40	0,42	32,00	15	40
80	0,18	17,52	8	30
200	0,074	9,70	5	10

Fonte: Criada pelo autor.

Assim sendo, analisando os resultados obtidos, as patologias da via não estão diretamente relacionadas ao revestimento asfáltico, pois como os testes foram feitos e analisados seguindo as normas do DNIT e os parâmetros foram atendidos, partimos do pressuposto de que o erro está na execução da camada de base.

6.2 - Camada de Base

Situada imediatamente abaixo da camada de revestimento, destina-se a resistência dos esforços verticais oriundos dos veículos. Promovendo a rigidez e resistência à fadiga da estrutura. Constitui-se de solos, mistura de solos e materiais britados.

6.2.1 - Ensaio Granulométrico

Para fazer a análise da camada de base, utilizou-se o amostrador tipo Shelby para retirar a amostra (Figura 133), um amostrador de parede fina, apresenta um pistão estacionário com diâmetro ligeiramente inferior ao tubo de parede fina e altura de 30 cm (Figura 14). O pistão possui um anel de vedação de borracha. A amostra da base coletou-se no mesmo local da amostra de revestimento asfáltico, e pôde observar sua espessura de 15 cm.



Figura 13 - Retirada da amostra da camada de base pelo amostrador tipo Shelby.

Fonte: Arquivo pessoal.

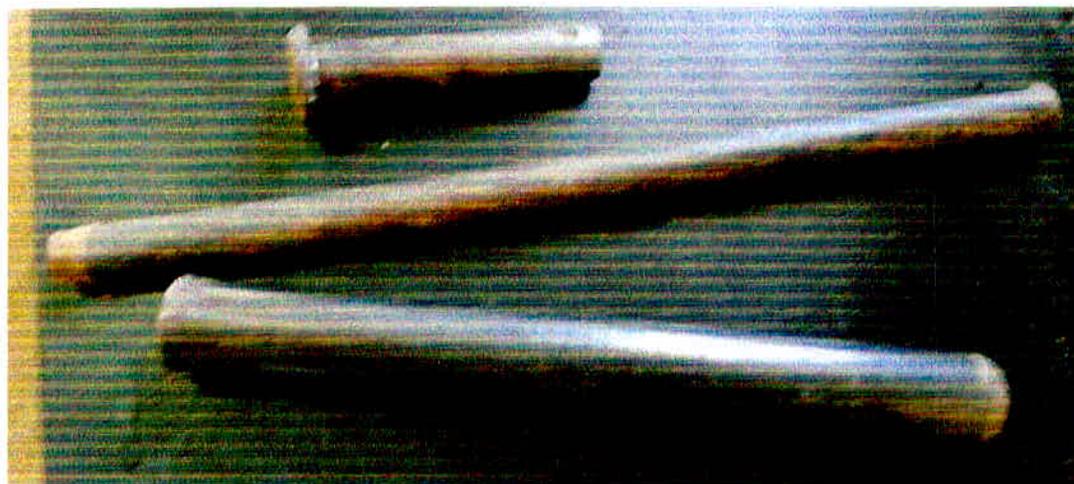


Figura 14 - Amostrador tipo Shelby utilizado na extração da camada de base.

Fonte: Arquivo pessoal.

Através do ensaio de granulometria, se conhece o material que constitui a base. Ensaio muito importante para classificar os solos bem como estimar parâmetros para bases estabilizadas, estabilização esta que constitui-se de solo, mistura de solos e materiais pétreos que atendam determinadas faixas granulométricas e demais parâmetros divulgados nas especificações.

De acordo com a norma do DNIT 141/2010 os materiais devem possuir composição granulométrica satisfazendo a uma das faixas da Tabela 12, retirada da mesma. Assim feito os ensaios com o material coletado da base (Anexos B e C), na Tabela 12 segue o comparativo do ensaio com a Tabela 1 da norma.

Tabela 12: Granulometria do Material

PENEIRAS	A		B		C		D		E		F		PASSANTE
	PASSANTE		PASSANTE		PASSANTE		PASSANTE		PASSANTE		PASSANTE		%
	MIN	MÁX	Ensaio Material de Base										
2"	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100
1"	-	-	75	90	100	100	100	100	100	100	100	100	96,9
3/8"	30	65	40	75	50	85	60	100	-	-	-	-	78,5
Nº 4	25	55	30	60	35	65	50	85	55	100	10	100	68,3
Nº 10	15	40	20	45	25	50	40	70	40	100	55	100	53,5
Nº 40	8	20	15	30	15	30	25	45	20	50	30	70	-
Nº 200	2	8	5	15	5	15	10	25	6	20	8	25	-40,3

Fonte: Criada pelo autor

Observa-se que o material de base utilizado no pavimento em questão não satisfaz as especificações técnicas para esse tipo de serviço, devido ao material que a constitui, devendo ser material proveniente de jazida de cascalho de pedreira ou escoria de mineração.

Quanto ao limite de liquidez e índice de plasticidade a serem considerados de acordo com a norma, a Tabela 13.

Tabela 13: Limite de Liquidez e Índice de Plasticidade

DNIT 141/2010	MATERIAL DE BASE
LIMITE DE LIQUIDEZ – LL ≤ 25%	LL = 46,0 %
ÍNDICE DE PLASTICIDADE – IP ≤ 6%	IP = 17,2 %

Fonte: Criado pelo autor.

Observa-se que os resultados dos ensaios realizados com o material coletado estão com valores acima do permitido por norma, ou seja, poucos materiais pétreos e mais arenosos. Para uma camada com função estrutural, a compactação é essencial e materiais arenosos não atingem grau de compactação.

Pode-se dizer que as causas das patologias estão fortemente ligadas a camada de base, já que esta não atendeu nenhum parâmetro exigido pela norma de base estabilizada granulometricamente.

7 - RECOMENDAÇÕES

Para solução das patologias em pavimentos asfálticos em área urbana, quando fala-se em reconstrução, necessita-se da estabilização granulométrica da camada de base, estabilização esta que constitui-se por solos naturais, rochas alteradas, mistura de solos, mistura de diferentes tipos de agregados (brita, areia, etc.) ou ainda qualquer combinação de materiais granulares que apresentem estabilidade e durabilidade adequadas, para resistir às cargas previstas e à ação dos agentes climáticos, quando convenientemente compactadas. Os materiais utilizados como base devem-se isentar de matéria vegetal e impurezas prejudiciais.

Em relação ao teor de umidade, deve-se manter o controle durante o espalhamento do material, para que o mesmo não se apresente a cima nem a baixo da umidade ótima de compactação, atentando-se a espessura da camada após compactada, devendo-se estabelecer o número de passadas dos equipamentos de compactação.

Quanto à liberação ao tráfego, deve-se imprimir a base imediatamente após liberada pelos controles de execução, onde determina-se percentagens em possíveis erros que possa vir a ocorrer durante a execução.

8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tipo de estudo desenvolvido neste trabalho é de grande relevância para um conhecimento melhor dos revestimentos asfálticos, bem como a camada principal de um pavimento flexível, a base.

Os desgastes ocorridos no pavimento estão ligados ao excesso de carga que este suporta, uma vez que a via em estudo é o principal acesso dos ônibus a saída da cidade, o que provavelmente não foi previsto quando projetada, bem como sua base não atender às especificações normativas.

Com a deterioração da via, torna-se cada vez mais importante a reabilitação do pavimento. Para a conservação do mesmo necessita-se de um sistema de gerenciamento de pavimentos. Para que os defeitos não se tornem problemas.

Os ensaios laboratoriais servem para identificar e analisar os materiais constituintes do pavimento, levando ao resultado de que a camada de base está causando as patologias, pois não está exercendo sua função estrutural.

Segundo avaliação, algumas patologias detectadas não estão diretamente ligadas à camada de base, podendo-se prever recapeamento nos trechos onde estas ocorrem. Já nos trechos onde as patologias apresentam-se mais severas, ocorrente devido à camada de base, deve-se pensar em reconstrução.

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, Projeto e Restauração**, São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

CRUZ, Fábio Henrique Campos; BITENCOURT, Rafael Inocência de Andrade. **Análise Econômica-Ambiental de Empreendimentos Viários: Um estudo Comparativo**, Trabalho de Graduação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica – São José dos Campos, SP, 2005

Defeitos de superfície de pavimentos asfálticos – Abeda (Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos). Disponível em: www.det.ufc.br. Acesso em: 17/01/2014.

DNIT 005/2003 – TER – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia – Rio de Janeiro, 2003a. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/>. Acesso em: 14/01/2014.

DNIT 006/2003 – PRO – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimentos – Rio de Janeiro, 2003b. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/>. Acesso em: 16/01/2014.

DNIT 007/2003 – PRO – Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos – Procedimentos – Rio de Janeiro, 2003c. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/>. Acesso em: 20/01/2014.

DNIT 009/2003 – PRO - Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimentos – Rio de Janeiro, 2003d. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/>. Acesso em: 21/01/2014.

DNIT 031/2006 – ES – Pavimentos flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de serviço. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br. Acesso em 02/06/2014.

DNIT – ES 141/2010 – Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço. Disponível em <http://ipr.dnit.gov.br>. Acesso em: 28/06/2014.

DNER – PRO 002/94 – Coleta de amostras indeformadas de solo. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br>. Acesso em: 02/06/2014.

DNER – EM 035/95 – Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solos. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br>. Acesso em: 19/05/2014 e 20/05/2014.

DNER – ME 053/94 – Misturas betuminosas – percentagem de betume. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br>. Acesso em 20/05/2014 e 08/06/2014.

DNER – ME 083/98 – Agregados – análise granulométrica. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br>. Acesso em 19/05/2014 e 20/05/2014.

DNER – PRO 277/97 – Metodologia para controle estatístico de obras e serviços. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br>. Acesso em: 28/07/2014.

GONÇALVES, Fernando Pugliero. **O Diagnóstico e a Manutenção dos Pavimentos**, (Notas de Aula), 1999.

Misturas Asfálticas à Quente (capítulo 8). Disponível em: transportes.ufba.br. Acesso em 27/05/2014.

Patologias em pavimentos asfálticos – Estudo de caso em dois trechos de rodovias da região norte de Mato Grosso. Disponível em: sinop.unemat.br. Acesso em 12/01/2014.

Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros / Liedi Bariani Bernucci, Laura Maria Goretti da Motta, Jorge Augusto Pereira Ceratti, Jorge Barbosa Soares. Rio de Janeiro, 2008. 3ª reimpressão 2010. Disponível em: www.proasfalto.com.br. Acesso em: 29/01/2014.

PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto. **Pavimentação Rodoviária: Conceitos Fundamentais Sobre Pavimentos Flexíveis**, Rio de Janeiro: Synergia: IBP, 2010.

RUBIN, Débora; PAGEL, Geovana. **Governar é Construir Estradas**, Artigo Publicado no Jornal Eletrônico ANBA 22/08/2007. Disponível em www.anba.com.br. Acessado em 29/07/2014.

SENÇO, Wlatemiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**, Volume II, São Paulo: Pini, 2001.

ANEXO A

Ficha de avaliação de serventia:

VSA - Valor de Serventia Atual	5	ÓTIMO	Conceito
	4	BOM	
	3	REGULAR	
	2	RUIM	
	1	PÉSSIMO	
	0		

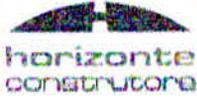
Rodovia _____

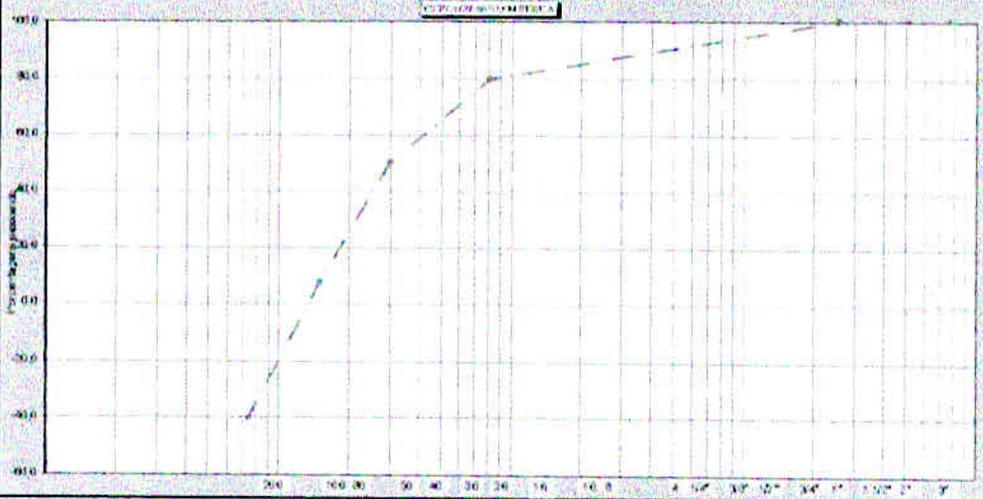
Observações: _____

Nº do Avaliador: _____

Data ____/____/____

ANEXO B

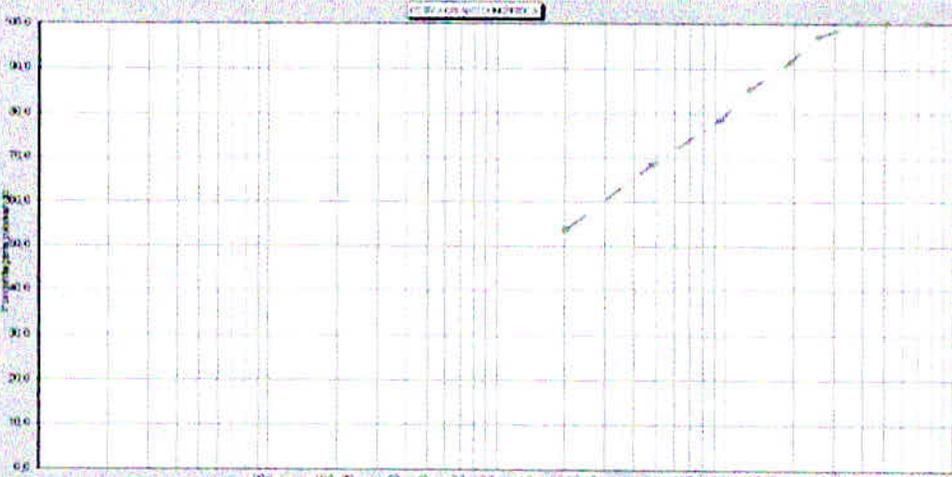
	RESULTADO DO LABORATORISTA		CODIGO: Laudo Laboratorista			
			REV. 00	DATA: 03/11/2011		
	PÁGINA 1 de 1					
Elaborado por: Andrea Neri - RD			Aprovado por: Bruno Perez Rezende - Diretor			
DATA:	PROJETO:	MATERIAL:		POSTO PG:		
ESTACA:	TUBO:	PROFUND:	MATERIAL:	ESTADO:		
OPERADOR:	LABORATORISTA:	INSTRUMENTO:	OPERADOR:	DATA:		
Samantha	José Geraldo de Souza			21/05/2014		
EQUILIBRIO DE AREA		AMOSTRA TOTAL BECA		UNIDADE NOMENCLÁTICA		
Superfície		Amostra subfórmula (g)	Capacidade (g)	Tubo: Açúcar 4.0 mm		
Real		Retido (Nº 10) (g)	Capacidade (água) (g)	Tubo: 4.0 - 20 mm		
Final		Passado (Nº 10) (g)	Capacidade (sólido) (g)	Tubo: 20 - 40 mm		
LA		Retido (água) (g)	Água (g)	Tubo (Nº 40 - 200)		
Matr.		Passado (Nº 10) (água) (g)	Capacidade (g)	Passado (Nº 200)		
OBSERVAÇÕES		Amostra total (água) (g)	Tubo (g)	Total		
		Amostra (Nº 10) (água) (g)	Água (Nº)	Retido (Nº 10 - 200)		
		Amostra (Nº 10) (sólido) (g)	Matr.	Índice de Grupo		
				-40,3		
				-40,3		
MATERIAL RETIDO						
PENETRA		MATERIAL RETIDO			Índice de Grupo	
	(H2SO4)	Peso da amostra (sem N° 10) (g)	Porcentagem de amostra total	Porcentagem em massa	Peso das passas de amostra total	PENETRA (mm)
3"					100,0	76,20
2"						80,80
1.1/2"					100,0	38,10
1"						26,40
3/4"						59,10
1/2"						12,70
3/8"						3,52
1/4"						5,38
Nº 4						4,76
Nº 8						1,38
Nº 10						2,00
Nº 16						1,19
Nº 20	20,38		20,4	20,4	79,6	0,30
Nº 30						0,90
Nº 40						0,42
Nº 60	28,45		28,5	48,8	50,2	0,30
Nº 80						0,18
Nº 100	42,50		42,5	92,3	7,7	0,15
Nº 200	47,96		48,0	140,3	-40,3	0,074



OBSERVAÇÕES:

ANEXO C

		RESULTADO DO LABORATORISTA				CODIGO: Laudo Laboratorista	
		REV. 00		DATA: 03/11/2011			
		PÁGINA 1 de 1					
Elaborado por: Andrea Neri - RD				Aprovado por: Bruno Perez Rezende - Diretor			
MARC		TIPOCULO		MATERIAL		ACABAMENTO	
ESTADA		RUBRO		MATERIAL		ESTADO	
OPERADOR		SUPERVISOR		PROJECTIONISTA		DATA	
Samantha		José Geraldo de Souza				21/05/2014	
EQUIVALENTES DE AREIA		AMOSTRA TOTAL SECA		UNIDADE MICROSCÓPICA		RESÍDUO	
Procedência		Amostra total seca (gr)		Capado nº		Folha: Anotação nº	
Lugar		Capado nº 10 (gr)		Capado nº		20 mm 4,8 - 20 mm	
Linha		Capado nº 10 (gr)		Capado nº 30 (gr)		Med. 20 - 60 mm	
E.A.		Folha de água (gr)		Folha (gr)		An. nº 40 - 200	
Módulo		Capado nº 10 (gr)		Capado (gr)		Capado nº 200	
OBSERVAÇÕES		Amostra total seca (gr)		Folha (gr)		Total	
		Folha seca nº 10 (gr)		Folha seca (gr)		Folha nº 10 - 200	
		Am. total nº 10 (gr)		Módulo		Índice de graduação	
MATERIAL RETIDO							
PENEIRA		PENEIRA		PENEIRA		PENEIRA	
		Peso da amostra seca (gr)		Porcentagem da amostra total		Porcentagem da amostra total	
		Peso (gr)		Porcentagem da amostra total		PENEIRA (mm)	
3"						100,0	
2"						89,30	
1,1/2"						88,10	
1"		25,06		3,1		85,00	
3/4"		46,18		5,7		82,30	
1/2"		49,43		6,1		76,20	
3/8"		54,79		6,7		68,5	
1/4"						5,30	
Nº 4		83,04		10,2		4,70	
Nº 8						2,30	
Nº 16		120,21		14,7		2,00	
Nº 30						1,10	
Nº 60						0,80	
Nº 100						0,42	
Nº 200						0,30	
Nº 400						0,18	
Nº 800						0,15	
Nº 1600						0,074	



OBSERVAÇÕES