

ESTUDO DOS AFUNDAMENTOS NOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Fabricio Madeira da Silva¹

Maxsuel Anholetti¹

Joãozito Cabral Amorim Junior²

RESUMO

A qualidade do asfalto nos pavimentos depende diretamente de um correto processo construtivo. As Normas dos Órgãos vigentes e suas diretrizes na elaboração dos projetos de pavimentação influenciam diretamente no resultado e na qualidade do serviço apresentado. Os ensaios laboratoriais e o controle tecnológico do concreto asfáltico contribuem no dimensionamento do pavimento, nos materiais e nas demais relevâncias do projeto, visto que o conhecimento do solo e suas características como granulometria, umidade, compactação e densidade, são cruciais na sua projeção. Tais informações que determinam, por exemplo, as espessuras das camadas de base, sub-base e subleito que compõem um pavimento asfáltico e receberão as cargas provenientes do tráfego. O asfalto que será utilizado, sua temperatura, transporte até o local onde será assentado, granulometria e grau de compactação, podem favorecer o aparecimento das manifestações patológicas oriundas de um projeto problemático, de uma construção inadequada ou do uso de materiais de qualidade questionável. Problemas como esses, elevam o número de reformas e correções nas vias, ocasionando gastos desnecessários e desconforto no tráfego da população. Todavia, o trabalho descreve parâmetros determinantes nos processos construtivos dos pavimentos e pretende colaborar para erradicar os problemas de afundamentos asfálticos nas vias capixabas.

Palavras-chave: Afundamentos, ensaios, processos construtivos, manifestação patológica, pavimentação.

¹*Acadêmico de Engenharia Civil da Faculdade Capixaba da Serra - MULTIVIX*

²*Orientador do projeto de pesquisa. Docente da Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX*

INTRODUÇÃO

Um pavimento é composto por uma série com características para receber as cargas aplicadas na superfície e distribuí-las (JACQUES, 2015).

O pavimento asfáltico é um revestimento constituído por misturas de agregados e ligantes asfálticos, composto por quatro camadas: revestimento asfáltico, responsável à resistir as ações do tráfego e de sua transmissão fragmentada as camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento e acrescentar características excepcionais (segurança e conforto) além de base, sub-base e reforço do subleito (BERNUCCI, *et al*, 2008).

O método do DNER atende à limitação de deformação permanente, mas não considera as deformações resilientes ou recuperáveis que provocam a ruptura do pavimento por fadiga, principal manifestação patológica verificada nos dias atuais em rodovias do país (JACQUES, 2015).

No Brasil o revestimento rodoviário mais utilizado é o Concreto Asfáltico (CA) também denominado de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). Trata-se do produto da mistura convenientemente proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, ambos aquecidos em temperaturas previamente escolhidas por meio de ensaios, em função da característica de viscosidade e temperatura do ligante.

A avaliação de pavimentos consiste numa série de atividades que fornecem informações sobre o seu estado de conservação atual, particularmente no que diz respeito às condições estruturais do pavimento e da capacidade de oferecer aos seus usuários conforto e segurança durante o tráfego de veículos. Estas informações são utilizadas no planejamento e projeto de serviços de gerência de pavimentos, norteando os serviços de manutenção e restauração da rodovia (LOPES, 2012).

As degradações funcionam como uma cadeia de acontecimentos, em que cada uma dará origem a novos tipos de degradações e assim sucessivamente, aumentando a percentagem de patologias existentes, tanto em extensão como em potencial evolutivo (MAIA, 2012).

Segundo Jacques, 2015, não existe pavimento de qualidade sem manutenção periódica. A falta de reparos periódicos aumenta consideravelmente o volume de afundamentos, trincas e buracos nas rodovias intensificando consigo o número de acidentes rodoviários, fruto da perda de segurança no rolamento. Entretanto, manutenções menos frequentes são feitas quando o pavimento é dimensionado de maneira satisfatória e é capaz de absorver as cargas do tráfego.

Quando o conforto é prejudicado, significa que os veículos sofrem avarias com mais frequência e tem como consequências maiores custos operacionais, relacionados à reposição de peças, aumento do consumo de combustível e desgastes dos pneus com o tempo de viagem, entre outros itens. Ao atingir o limite de vida útil do pavimento, os defeitos referentes à perda de propriedades físicas e químicas dos agregados e dos ligantes betuminosos são chamados defeitos de superfície (ROCHA, 2010).

As ações das cargas de tráfego sobre os pavimentos flexíveis e semirrígidos provocam deformações dos tipos permanentes e recuperáveis. As deformações permanentes são aquelas que permanecem mesmo após cessar o efeito da atuação da carga. Um exemplo de deformações permanentes são aquelas geradas nas trilhas de roda pela consolidação adicional pelo tráfego, assim como as rupturas de natureza plástica (LOPES, 2012).

Os afundamentos são deformações permanentes do revestimento asfáltico ou de suas camadas constituintes. O defeito na superfície do asfalto pode aparecer em curto, médio ou longo prazo, acarretado por erros de projeto, uso de materiais inadequados (conservação e manutenção) e erro no processo construtivo (BERNUCCI, *et al*, 2008).

Desta forma, essa patologia nos pavimentos da Grande Vitória vem a ser quantitativa e acumulativa. Os afundamentos asfálticos são recorrentes e a tendência de um ciclo de reformas “vicioso” para consertar tais problemas geram prejuízos ao Estado/Município, além de transtornos no trânsito. Para Oda, 2003, identificação e reparo das patologias nas fases iniciais implicam em grande eficiência dos serviços de manutenção, pois evitam a evolução dos defeitos e em consequência o aumento dos custos de operação dos veículos e os custos de manutenção ou reabilitação do pavimento.

O presente trabalho prioriza analisar os parâmetros que possam diminuir o surgimento de manifestações patológicas, considerando o aparecimento dos afundamentos asfálticos nos pavimentos e, através dos ensaios físicos realizados e do controle tecnológico do material, contribuir para um correto dimensionamento do concreto asfáltico visando um aumento na sua durabilidade.

METODOLOGIA

Área de Estudo

Os ensaios laboratoriais foram realizados em uma Empresa do ramo de pavimentação asfáltica localizada na Grande Vitória, e que por motivos restritivos alegados pela mesma, não será citada neste artigo.

Dimensionamento do Pavimento Asfáltico

Para dimensionamento de um pavimento asfáltico é necessário um conhecimento do solo que será a base estrutural do projeto. Requer um estudo geotécnico para reconhecimento de tais características que findará no tipo de materiais e etapas construtivas que serão aplicadas no trecho. Através de ensaios em laboratório definem-se parâmetros, aos quais, através de normas já existentes, aplicáveis aos pavimentos asfálticos, serão de suma importância para conclusão dos resultados.

A aplicação do serviço de pavimentação asfáltica requer fundamentos e características ímpares, como por exemplo, testes e ensaios qualitativos dos materiais utilizados e padrões construtivos aplicados. A Figura 1 demonstra um pavimento asfáltico corretamente subdividido em camadas.

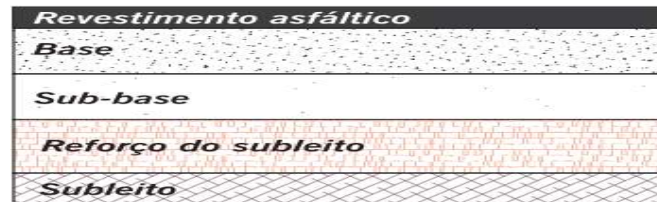


Figura1 – Revestimento asfáltico subdividido em camadas (base, sub-base, reforço do subleito e subleito).
Fonte: (BERNUCCI, *et al*; 2008)

Os materiais da base, sub-base, reforço do subleito e subleito, são descritos de acordo com normas e especificações vigentes. Segundo DNIT, 2006, pavimento é como uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assente sobre um semi-espaço considerado teoricamente infinito, a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito. Portanto, cada característica dessas camadas é importante e fundamental no processo construtivo de uma via asfáltica.

Ensaio Realizados para Execução do Pavimento Asfáltico

Segundo Balbo, 2007, uma classificação ideal de solos seria aquela que busca relacionar o potencial de um solo quanto a uma dada aplicação em camada de pavimento, o que depende não somente de testes de suas propriedades físicas, mas também de suas correlações com o comportamento observado em obras quando empregado.

Para tanto, exemplifica-se através de ensaios as características dos solos e materiais em questão.

Ensaio de Densidade *In Situ* – Método do Cilindro Biselado (NRB9813)

Segundo a NBR 9813/1987 a determinação de Densidade *In Situ*, Método do Cilindro Biselado, objetiva determinar a massa específica aparente do solo *in situ*, com cilindro de cravação, aplicados em solos de granulação fina. Permite conhecer o grau de compactação e o desvio da umidade de compactação em relação à umidade ótima sem necessidade de se traçar a curva de compactação do solo.

Neste caso, temos argila arenosa com laterita de cor vermelha e areia fina de cor amarela, que são respectivamente subleito e sub-base. Obtem-se através da Equação 1, a relação porcentual de volumes do solo.

$$C_v\% = \frac{V_d}{V_c} \times 100 \quad (1)$$

Onde $C_v\%$ = Relação Porcentual de volumes em %; V_d = Volume do solo deslocado pelo cilindro de cravação, ou seja, o volume das paredes do mesmo, em cm^3 , e V_c = Volume da amostra, ou seja, o volume interno do cilindro de cravação, em cm^3 .

Obtem-se através da Equação 2, a massa específica aparente natural do solo *in situ*.

$$Y_h = \frac{M_t - M_c}{V_c} \quad (2)$$

Onde Y_h = Massa específica aparente natural do solo *in situ*, em g/cm^3 ; M_t = Massa do cilindro com a amostra umida, em g; M_c = Massa do cilindro, em g, e V_c = Volume interno do cilindro, em cm^3 .

Obtem-se através da Equação 3, a massa específica aparente seca do solo *in situ*:

$$Y_s = Y_h \frac{100}{100 + h} \quad (3)$$

Onde temos γ_s = Massa específica aparente seca do solo *in situ*, em g/cm³ ; γ_h = Massa específica aparente natural do solo *in situ*, em g/cm³, e $h\%$ = Teor de umidade do solo *in situ*, em % .

Ensaio de Compactação (NBR7182)

Segundo a NBR7182/1986, especifica-se um método para determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de solos, quando compactados. Utilizando os dados do ensaio, teor de umidade e massa específica aparente seca, a curva resultante do gráfico deve ter um formato aproximadamente parabólico.

Através da Equação 4, determina-se a massa específica aparente seca:

$$\gamma_s = \frac{P_h \times 100}{V(100 + h)} \quad (4)$$

Onde γ_s = Massa específica aparente seca, em g/cm³; P_h = Peso úmido do solo compactado, em g; V = Volume útil do molde cilíndrico, em cm³, e $h\%$ = teor de umidade do solo compactado, em %.

Recomenda-se determinar a curva de saturação utilizando-se a Equação 5:

$$\gamma_s = \frac{S}{\frac{h}{\delta_a} + \frac{S}{\delta}} \quad (5)$$

Onde γ_s = massa específica aparente seca, em g/cm³; S = grau de saturação, igual a 100%; $h\%$ = teor de umidade, arbitrado na faixa de interesse, em %; δ = massa específica dos grãos do solo, em g/cm³, e δ_a = massa específica da água, em g/cm³ (considerar igual a 1,00g/cm³).

Índice de Suporte Califórnia (NBR9895)

Segundo a Norma NBR 9895, este método representa a capacidade de suporte de um solo compactado e de sua expansão em laboratório, utilizando 5 corpos-de-prova. Assim será possível saber qual a expansão do solo sob um pavimento quando estiver saturado, e fornecer indicações de perda de resistência do solo com a saturação.

Análise Granulométrica – Método Ensaio por Peneiramento (NBR7181)

Segundo NBR7181/1984, é utilizado na determinação da distribuição granulométrica do solo, realizada por peneiramento ou por uma combinação de sedimentação e peneiramento.

Primeiro calcula-se a massa total da amostra seca, conforme Equação 6:

$$M_s = \frac{(M_t - M_g)}{(100 + h)} \times 100 + M_g \quad (6)$$

Onde M_s = massa total da amostra seca; M_t = massa da amostra seca ao ar; M_g = massa do material seco retido na peneira de 2,00 mm, e h = umidade higroscópica do material passado na peneira de 2,00 mm.

Para calcular os materiais que passam nas peneiras 50, 38, 25, 19, 9.5, 4.8, 2.38 e 2,0 mm, utiliza-se a Equação 7:

$$Q_g = \frac{(M_s - M_i)}{M_s} \times 100 \quad (7)$$

Onde $Q_g\%$ = porcentagem de material passado em cada peneira; M_s = massa total da amostra seca e M_i = massa do material retido acumulado em cada peneira;

Para calcular os materiais que passam nas peneiras 1.2, 0.6, 0.42, 0.29, 0.15 e 0.075 mm, utiliza-se a Equação 8:

$$Q_f = \frac{M_h X 100 - M_i(100 + h)}{M_h X 100} X N \quad (8)$$

Onde $Q_f\%$ = porcentagem de material passando em cada peneira; M_h = massa do material úmido submetido ao peneiramento fino; h = umidade higroscópica do material passado na peneira de 2,00 mm; M_i = massa do material retido acumulado em cada peneira, e N = porcentagem do material que passa na peneira de 2,00 mm. A partir dos resultados obtidos, traça-se a curva de distribuição granulométrica.

Taxa de Imprimação com ligante asfáltico – DNIT 144/2014-ES

De acordo com Norma do DNIT 144/2014-ES, a Imprimação consiste na aplicação de material asfáltico sobre a superfície da base concluída, antes da execução do revestimento asfáltico, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilização e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado.

Grau de Compressão DNIT 031/2006

Segundo DNIT 031/2006, o concreto asfáltico pode ser empregado como revestimento, camada de ligação (binder), base, regularização ou reforço do pavimento. Todos os ensaios de controle e determinações relativos à produção e ao produto, realizados de acordo com o Plano de Amostragem as Condições Gerais e Específicas desta Norma. O intervalo aceitável para a norma citada, deve estar entre 97,0 e 101,0%.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Através de ensaios consegue-se distinguir os parâmetros para se obter eficiência na pavimentação asfáltica, exigindo de seus componentes construtivos o melhor desempenho e assim, elaborar com um embasamento sólido toda a estrutura do projeto.

Ensaio de Densidade *In Situ* – Método do Cilindro Biselado (NRB9813)

Os ensaios mostraram que obteve-se um Grau de Compactação de 91,1% no subleito e 97,0% na sub-base –Figura 2 – o que enquadra tal ensaio dentro das normas exigidas.

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE " <i>IN SITU</i> " - MÉTODO DO CILINDRO BISELADO (NBR 9813 - ABNT)						
Data do Ensaio	-	13/08/2017	13/08/2017	15/08/2017	15/08/2017	
Furo	N.º	01	02	01	02	
Local de Retirada da Amostra	-	Área Q98 à Q110	Área Q98 à Q110	Área Q 107	Área Q 107	
Camada	N.º	Subleito	Subleito	Sub-base	Sub-base	
Altura da Camada	cm	27	28	27	28	
Cilindro	N.º	04	03	04	03	
Peso da Amostra + cilindro	g	3265	3400	3365	3400	
Peso do Cilindro	g	1323	1334	1323	1334	
Peso do Solo Úmido	g	1942	2066	2042	2066	
Volume do Cilindro	cm ³	984	990	984	990	
Peso Específico Úmido	g/cm ³	1,974	2,087	2,075	2,087	
Cápsula	N.º	35	18	35	18	
UMIDADE	Peso do Solo Úmido + Cápsula	g	90,06	81,90	90,06	81,90
	Peso do Solo Seco + Cápsula	g	76,06	69,63	76,06	69,63
	Peso da Água	g	14,00	12,27	14,00	12,27
	Peso da Cápsula	g	19,44	20,70	19,44	20,70
	Peso do Solo Seco	g	56,62	48,93	56,62	48,93
	Teor de Umidade	%	24,7	25,1	24,7	25,1
M.E.A. Solo Seco	g/cm ³	1,582	1,668	1,664	1,668	
LABO	Massa Específica Aparente máx Solo Seco	g/cm	1,737	1,737	1,715	1,715
	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE " <i>IN SITU</i> " - MÉTODO DO CILINDRO BISELADO (NBR 9813 - ABNT)					
Data do Ensaio	-	13/08/2017	13/08/2017	15/08/2017	15/08/2017	
Grau de Compactação	%	91,1	96,1	97,0	97,3	
Obs.: Ensaio de Compactação Com Energia do proctor		Intermediário		Cert. nº:	01/2017	

Figura2 – Ensaio de Determinação da Densidade *in situ* – Método Cilindro Biselado – NBR9813 - ABNT.

Em um segundo ensaio de Densidade “*in situ*” Com o Método Frasco de Areia (NBR7185/1988), o grau de compactação da Base encontrado foi de 102,2%. Segundo as NBR9813 e NBR7185/1988 – ABNT – as especificações são que a camada de subleito ou reforço seja maior que 95% o grau de compactação proctor normal, Já a camada de base e sub-base (esforços maiores), o grau de compactação seja maior ou igual a 100% do proctor intermediário.

Ensaio de Compactação (NBR7182)

Segundo a NBR7182, a massa específica aparente natural (ou seca) do solo *in situ* deve ser expressa com três algarismos significativos, em g/m^3 , e o teor de umidade do solo com aproximação de 0,1%. Com o ensaio de 2 corpos de prova em datas diferentes, para comparação do material. Tabela-se que a umidade deve estar em torno de $h \pm 2\%$ em torno da ótima ($h =$ umidade) no subleito e $h \pm 1\%$ em torno da ótima na base e sub-base.

No ensaio realizado, encontrou-se teor de umidade ótima de 6,5% na sub-base, 9,9% no subleito e 7,0% na base. Os dados na Figura 3 exemplificam que o material está de acordo com as normas e parâmetros especificados nas normas vigentes.

Índice de Suporte Califórnia / Expansão (NBR9895)

Um solo potencialmente expansivo, poderá provocar manifestações patológicas irreparáveis. Segundo o manual de pavimentação do DNIT, os valores usuais de expansão são categorizados de acordo com o tipo de função estrutural exercida, conforme a seguinte classificação: Para subleitos a expansão deve ser menor ou igual a 3%. Para as sub-bases, menor ou igual a 2% e para as bases menor que 1%. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos em ensaio.

Índice de Suporte Califórnia / Expansão (NBR9895)		
Sub Leitos (Areia)	Sub-Bases (Argila)	Bases (Brita Graduada)
Umidade ótima (%): 6,5	Umidade ótima (%):7,0	Umidade ótima (%): 9,9
Massa específica aparente máxima (g/cm³): 1,715	Massa específica aparente máxima (g/cm³): 2,150	Massa específica aparente máxima (g/cm³): 1,737
Expansão (%): 0,00	Expansão (%): 0,00	Expansão (%): 0,01
ISC (%): 207,6	ISC (%): 197,7	ISC (%): 22,0

Figura 3 – Resultados dos Ensaio de Índice de Suporte Califórnia / Expansão(NBR9895).

De acordo com os ensaios realizados através de 05 corpos de provas retirados do local, a sub-base teve 0,0% de expansão, o subleito obteve 0,01% de expansão e a base 0,00% de expansão. Estando assim, dentro dos parâmetros de qualidade expostos pelo DNIT.

Portanto, tal ensaio interfere diretamente no dimensionamento do pavimento, pois analisando corretamente os dados obtidos, chega-se à uma estrutura viável, forte e com qualidade para evitar possíveis manifestações patológicas, como por exemplo, expansão do solo ao qual foi implantada a estrutura asfáltica.

Análise Granulométrica – Método Ensaio por Peneiramento (NBR7181)

A amostra de campo é coletada conforme descrito em norma pelo DNER-ES, e levada a laboratório para procedimento. Após ensaio, especificado na Figura 4, caracterizou-se que o material enquadra-se na faixa “C” da especificação do DNER-ES 313/97, estando em condições de ser utilizada.

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO							
Peneiras		Material retido			% que passa da	Faixa	Tolerâncias
Nº	mm	Pesos (g)	% da amostra total	% Acumulada	amostra total	"C"	(faixa de projeto)
25,4	1"	-	-	-	100,0	100	+/- 7
9,5	3/8"	1110,0	29,8	29,8	70,2	50 - 85	+/- 7
4,8	4	793,0	21,3	51,0	49,0	35 - 65	+/- 5
2,0	10	587,0	15,7	66,8	33,2	25 - 50	+/- 5
0,42	40	641,0	17,2	83,9	16,1	15 - 30	+/- 2
0,074	200	387,0	10,4	94,3	5,7	5 - 15	+/- 2
Fundo		212,0	5,7	100,0	0,0	-	-
Total		3730,0	-	-	-	-	-

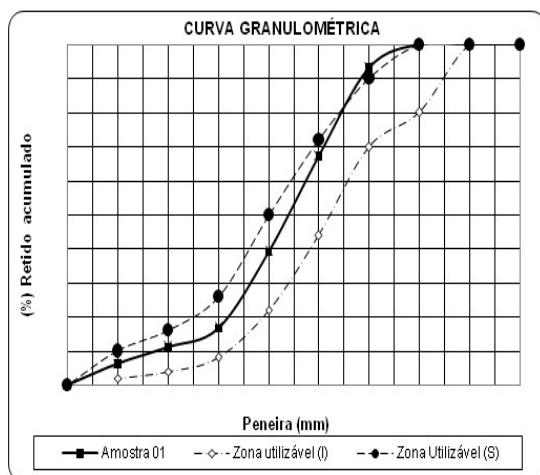
Obs: A amostra analisada enquadra-se na faixa "C" da especificação DNER-ES 313/97.

Figura 4 – Ensaio de Análise Granulométrica – Método Ensaio por Peneiramento (NBR7181)

De acordo com Norma do DNIT 141/2010 – ES, esse processo de melhoria da capacidade resistente de materiais “*in natura*” ou mistura de materiais, mediante emprego de energia de compactação adequada, de forma a se obter um produto final com propriedades adequadas de estabilidade e durabilidade. Para tanto, utilizou-se o material do ensaio.

Análise da Curva granulométrica de ensaio CBUQ – Faixa “C”

Onde segundo o DNIT 031/2006, define a sistemática a ser empregada na execução de camada do pavimento flexível de estradas de rodagem, pela confecção de mistura asfáltica a quente em usina apropriada utilizando ligante asfáltico, agregados e material de enchimento (filer). Estabelece os requisitos concernentes aos materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade dos materiais empregados, além das condições de conformidade e não-conformidade e de medição dos serviços. Conforme figura 5 (A) e (B), temos os resultados do ensaio das amostras recolhidas.



GRANULOMETRIA DA MISTURA APÓS A EXTRAÇÃO DO BETUME
(DNER-ME 083/98)

PENEIRA	MATERIAL RETIDO				% que passa da amostra total	Faixa "C"	Tolerância (%)
	Nº	(mm)	Pêso (g)	(%) Amostra total			
1"	25,4	-	-	-	-	-	± 7
3/4"	19,0	-	-	-	100,0	100	± 7
1/2"	12,7	-	-	-	100,0	80 - 100	± 7
3/8"	9,5	38,0	6,81	6,81	93,19	70 - 90	± 7
4	4,8	145,0	25,99	32,80	67,20	44 - 72	± 5
10	2,0	157,0	28,14	60,93	39,07	22 - 50	± 5
40	0,42	125,0	22,40	83,33	16,67	8 - 26	± 5
80	0,18	31,0	5,56	88,89	11,11	4 - 16	± 3
200	0,075	27,0	4,84	93,73	6,27	2 - 10	± 2
Fundo		35,0	6,27	100,0	0,0	-	-

Figura5 – (A) Gráfico da Curva Granulométrica do ensaio (B) Tabela de Granulometria após extração do Betume - DNER – ME 083/98

O gráfico foi montado de acordo com ensaios, onde % que passou em cada peneira determinou a curva granulométrica exposta, cravando a amostra ensaiada dentro da área aceitável, delimitada pelas linhas pontilhadas (zona utilizável). Ainda segundo a

Norma do DNIT, existe tolerância de $\pm 7\%$, visto que ultrapassou-se 3,19% na peneira de 9,5mm, voltando a enquadrar-se na peneira seguinte.

Segundo as normas do DNER, onde se determina a densidade aparente (valor adotado $2,561\text{g/cm}^3$), o teor de betume (valor de 5,6%), a estabilidade (valor médio adotado 843Kgf) e fluência (valor médio adotado 4,0mm) do material que será assentado no pavimento. A amostra (temperatura do concreto asfáltico de $163,3^\circ\text{C}$) enquadrou-se na faixa “C” da especificação do DNIT 031/2006-ES, sendo, portanto, qualificada para utilização.

Taxa de Imprimação com ligante asfáltico – DNIT 144/2014-ES

O ensaio de imprimação foi realizado, e, de acordo com o resultado obtido, $1,211\text{l/m}^2$, observa-se que está tabelada aos parâmetros da norma do DNIT 144/2014-ES, onde no item 5.1b determina que a taxa de aplicação “T” (Imprimação), que é aquela que pode ser absorvida pela base em 24 horas, deve ser determinada experimentalmente na obra.

Ainda segundo este item, define-se que os valores devem estar entre 0,8 a $1,6\text{l/m}^2$ no asfalto diluído usual e 0,9 a $1,7\text{l/m}^2$ de emulsão asfáltica. A densidade da emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida, informada pelo fornecedor foi de $0,950\text{Kg/dm}^3$ com temperatura de 60°C , realizado as 10:30 horas. A taxa está de acordo com as normas e com isso, a película betuminosa aplicada sob o local será atuante na técnica de promover melhor aderência entre as camadas do pavimento.

Grau de Compressão DNIT 031/2006

O controle do grau de compressão foi executado de acordo com normas (DNIT 031/2006), onde três corpos de provas foram retirados, por meio de sondas rotativas, do local e medidos a sua densidade aparente. Os dados do Quadro 7 exemplificam o ensaio.

Grau de Compressão DNIT 031/2006			
Corpo de prova nº.	16	17	18
Espessura da capa de asfalto (cm)	3,9	3,0	4,0
Densidade aparente <i>in situ</i> (g/cm ³)	2,498	2,561	2,489
Densidade aparente laboratório (g/cm ³)	2,561	2,575	2,561
Grau de compressão (GC) %	97,5	99,5	97,2

Quadro 7 – Ensaio de Grau de Compressão segundo DNIT 031/2006 – Amostras para densidade aparente, *in situ*, extraídas na pista, utilizando-se sonda rotativa.

A densidade, nada mais é que a medição da massa do objeto por seu volume, e por norma, não pode ser inferior a 97%. O ensaio realizado acusou em suas amostras 97,5%, 99,5% e 92,5%, respectivamente.

Portanto, determinou-se que após esse controle tecnológico do concreto asfáltico, o material está enquadrado nos parâmetros de qualidade exigidos pelas normas vigentes, o que por consequência eleva o grau de eficiência do pavimento.

CONCLUSÕES

O conhecimento do tipo de solo presente na base do projeto será determinante no seu desempenho, e, para tanto, ensaios de averiguação são essenciais e, inclusive, exigidos por Normas pelos Órgãos que controlam a qualidade das Estradas e Rodovias Brasileiras. A compactação do solo e seu teor de umidade, por exemplo, interferem diretamente no projeto de um pavimento asfáltico, exigindo que em suas etapas construtivas os parâmetros pesquisados sejam seguidos e abordados com seriedade.

Portanto, o presente estudo vem por meio de ensaios laboratoriais, exemplificar e comprovar as características sussintas ao resultado final das vias asfálticas. As suas granulometrias estabelecem o tipo de material, equipamentos e execução assim como as temperaturas no assentamento do concreto asfáltico devem ser medidas. A sua resistência física aos esforços que serão submetidos determinam as etapas construtivas das camadas do pavimento, como base, sub-base e subleito. E até os aditivos utilizados para melhorar sua performance são testados para exigir dos materiais e do projeto construtivo o seu melhor desempenho.

A partir do conhecimento da estrutura e conseqüentemente de seu processo de construção, determina-se um melhor plano de recuperação futuro, visto que o projeto bem executado e acompanhado, assim como os das etapas esplanadas nesse trabalho, produzirá um pavimento livre de problemas e defeitos recentes e subsequentes, salvo específicas manutenções para prolongar sua vida útil.

Sendo assim, poder com essa pesquisa gerar parâmetros mais sérios de acompanhamentos de serviços de pavimentação asfáltica, diminuir gastos desnecessários com recuperação e atuar na colaboração do conforto de tráfego da população nas ruas e avenidas da Grande Vitória.

REFERÊNCIAS

1. BERNUCCI, Liedi Bariani, *et al*, **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 1ª Ed. - Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008.
2. Brasil, ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Ensaio de Efeito do Calor e do Ar. NBR9813.
3. Brasil, ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Ensaio de Efeito do Calor e do Ar. NBR14736/2001.
4. DNIT, **Manual de Pavimentação**, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 719, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
5. DNIT, **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 720, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
6. DNIT, **Pavimentos flexíveis - Concreto Asfáltico** -Especificação de serviço, Rio de Janeiro – RJ, 2006.
7. JACQUES, Guilherme Ebani- **Análise Mecânica-Empírica de um Pavimento Dimensionado pelo Método do DNER: Estudo de caso da Duplicação da Rodovia RSC-287 em Santa Cruz do Sul**. Trabalho apresentado para obtenção de Bacharel em Engenharia Civil – Faculdade UNISC Santa Cruz do Sul, 2015.
8. LOPES; Flaviane Melo – **Pavimentos Flexíveis com Revestimento Asfáltico – Avaliação Estrutural a Partir dos Parâmetros de Curvatura da Bacia de Deformação**. Dissertação de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil,

Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes, 2012.

9.MAIA; Iva Marlene – **Caracterização de Patologias em Pavimentos Rodoviários**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Especialidade em Vias de Comunicação – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Portugal, 2012.

10.ODA, Sandra, *et al*, **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos**, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes, São Carlos, Brasil, 2003.

11.ROCHA; Robson Soares da Costa - **Patologias de Pavimentos Asfálticos e suas Recuperações – Estudo de caso da Avenida Pinto Aguiar**. Artigo Científico - Concluinte do Curso de Engenharia Civil - Universidade Católica do Salvador, 2010.

12.SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2 ed. São Paulo: PINIS, 2008.

13.SILVA, João Paulo Souza, *et al*.**Estudo do Envelhecimento SOS Ligantes Asfálticos a partir do Modelo de Arrhenius** - Universidade Federal de Goiás - UFG, Departamento de Engenharia de Transportes, Aparecida de Goiânia - GO, Brasil.Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Departamento de Engenharia Civil, Uruaçu -GO, Brasil, 2016.

14.YOSHIZANE, Prof. Hiroshi Paulo. **Defeitos, Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico**. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET, Limeira, 2005.