

ANÁLISE ESTRUTURAL DE RECAPEAMENTO ASFÁLTICO SOBRE PAVIMENTO RÍGIDO

Francisco T.G. Costa
Antonio C. R. Guimarães
Ben-Hur A. Silva
Instituto Militar de Engenharia

RESUMO

Este trabalho apresenta a análise estrutural de um pavimento composto por um recapeamento asfáltico, reforçado com geogrelha, executado sobre um pavimento de concreto com significativo grau de trincamento de um segmento da rodovia BR-101/PE com alto volume de tráfego. São apresentadas características resiliente das misturas asfálticas, resistência à tração estática, vida de fadiga, caracterização Superpave do ligante asfáltico modificado por polímero, assim como a dosagem da mistura e pesquisa do dano por umidade induzida. Apresenta-se a caracterização tradicional dos agregados empregados no projeto, incluindo resultados de ensaios de durabilidade, densidade real e aparente, granulometria, abrasão Los Angeles, adesividade, entre outros. A simulação numérica do comportamento estrutural foi realizada com o programa Sispave, sendo que as características resilientes do pavimento de concreto foram obtidas através de retroanálise de bacias de deflectométricas obtidas com equipamento tipo FWD. Mostra-se que o pavimento projetado atende aos requisitos de projeto.

ABSTRACT

In this paper it is presented the structural analysis of a pavement composed for an asphalt overlay reinforced with geogrid which were performed over a concrete pavement with a significant cracking degree from a segment of the BR-101/PE, with high traffic volume. There are shown the resilient asphalt mixtures' characteristics, tensile static resistance, fatigue life, Superpave polymer modified asphalt characterization, as well as mixture dosage determination and moisture damage induced research. Also it is presented the aggregates traditional characterization used in the project, including test results for absorption, durability, real and apparent density, gradation, Los Angeles abrasion, adhesion, among others test results. The numerical simulation of its structural behavior was performed using the software "Sispave"b, and the concrete pavement resilient characteristics were obtained thru a backcalculation procedure using FWD basins. It is demonstrated that the structure surface achieves the project requirements.

1. INTRODUÇÃO

O recapeamento asfáltico é um método de restauração geralmente empregado em situações onde as propriedades estruturais do pavimento existente devem ser levadas em conta, devido a sua potencial rapidez executiva, conforme YOON-HO (1998).

A restauração de pavimentos de concreto pode ser realizada mediante um reforço por pavimentação superposta flexível (DNIT, 2005). Esta solução está sendo empregada na obra de restauração da Rodovia BR 101/PE, lote 6, a cargo do 3º Batalhão de Engenharia de Construção (3º BEC) do Exército Brasileiro, que, em alguns seguimentos, foi originalmente construída em pavimento de concreto - cimento. Esta obra é complementar a obra de duplicação já executada pelo Exército e o segmento em questão situa-se entre entroncamento com a PE-035, município de Igarassú, e a divisa PB/PE, num total de 41,4 km.

Os pavimentos são classificados, de uma forma genérica, em rígidos e flexíveis. Os pavimentos rígidos são comumente designados por pavimentos de concreto-cimento, por serem compostos por concreto de cimento portland. (BERNUCCI, 2006). O pavimento existente (Figura 1) é sem dúvida um pavimento rígido, mas depois do recapeamento asfáltico essa classificação não ficaria tão clara.



Figura 1: BR 101/PE, trecho construído em pavimento de concreto.





BALBO (2007) em um capítulo intitulado “Bases Classificatórias das Estruturas de Pavimentos” discorre sobre outras possibilidades de classificação dos pavimentos, levando em conta tanto o material do revestimento quanto o comportamento estrutural. Dentre os vários tipos de pavimentos classificados no capítulo citado existe um chamado de “Pavimento asfáltico rígido – híbrido”, em que se encontram os pavimentos com base de concreto e revestimento asfáltico. Nessa classificação poderiam também se enquadrar os pavimentos de concreto ainda em boas condições estruturais restaurados por razões funcionais com reforços asfálticos, o blacktopping.

Neste artigo é apresentada a avaliação estrutural do pavimento existente, a caracterização dos materiais empregados na restauração por recapeamento em concreto asfáltico reforçado por geogrelha, o tráfego de projeto e a avaliação mecanística-empírica do projeto de restauração.

2.DADOS DE TRÁFEGO

O tráfego adotado nas simulações foi baseado em duas pesquisas de tráfego dos anos de 2001 e 2008. Foi verificada uma taxa de crescimento anual de 7,1% entre os dois estudos, portanto adotou-se essa taxa para o crescimento do tráfego, estabelecendo-se o ano de 2012 como ano inicial. Os valores de tráfego por eixo podem ser resumidos na Tabela 1.

Tabela 1: Tráfego por eixo para o ano de 2012 trecho Goiana - Igarassu taxa de 7,1% ano

Tipos de Eixo		Total de repetições (ano)
ES	 Eixo Simples	2.870.180
ED	 Eixo duplo	1.771.611
2EDT	 Dois eixos duplos em tandem	1.396.304
3EDT	 Três eixos duplos em tandem	595.021

Foi considerada uma variação lateral do tráfego de 0,30m, 48% de veículos na faixa de tráfego, já que se trata de uma rodovia duplicada e um alinhamento crítico de igual a zero. Adotou-se uma distância média entre as rodas de 0,324m e uma distância média entre eixos de 1,200m. Considerou-se também, para efeito da simulação numérica, que esse tráfego se distribui uniformemente ao longo do ano. O número N (DNIT 2006) de projeto foi de $1,55E+8$ para um período de 10 anos.

3. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS EMPREGADOS

3.1. Agregados

Os agregados pétreos analisados são procedentes da pedreira GUARANY, no município de Jaboatão dos Guararapes – PE, já a areia é oriunda do “areeiro da Fazenda Coqueiral” na rodovia PE 49 km 05. A tabela 2 mostra a densidade dos agregados utilizados.

Tabela 2: Densidade dos Agregados Ensaçados

Agregado	Densidade Real	Densidade Aparente
Brita 1	2,76	2,75
Brita 0	2,75	2,74
Pó de Pedra	2,75	-
Areia	2,67	-

A Abrasão Los Angeles foi de 25%, o índice de forma de 0,68 para brita 1 e de 0,55 para brita zero, já a adesividade foi considerada satisfatória para o CAP SBS e para o CAP 50/70 convencional acrescido de Dope. O pó-de-pedra apresentou um equivalente areia de 71,7% e a areia de 92,7%.

Nas tabelas de 3 a 6 são apresentadas as respectivas granulometrias dos agregados, tendo sido possível verificar a presença de uma pequena fração de finos junto aos agregados graúdos, provavelmente associada ao processo de britagem e peneiramento do material.

Tabela 3: Granulometria do Agregado Tipo Brita 1

Peneira	% Passante
1''	100
$\frac{3}{4}$ '	93
$\frac{1}{2}$ '	20
$\frac{3}{8}$ '	2
nº 4	-
nº 10	-
Fundo	-

Tabela 4: Granulometria do Agregado Tipo Brita 0

Peneira	% Passante
1''	100
$\frac{3}{4}$ '	100
$\frac{1}{2}$ '	99
$\frac{3}{8}$ '	93
nº4	37

nº10	13
nº 40	6
nº 80	4
nº 200	2

Tabela 5: Granulometria do Agregado Tipo Pó de Pedra

Peneira	% Passante
½"	100
3/8"	100
nº4	96
nº10	76
nº 40	34
nº80	13
nº200	5

Tabela 6: Granulometria da Areia

Peneira	% Passante
nº4	100
nº10	99
nº40	56
nº80	18
nº200	4

Na tabela 7 é apresentado o enquadramento granulométrico na faixa “C” do DNIT, que faz parte do traço elaborado para o projeto de restauração, juntamente com o gráfico da figura 2, apresentando um bom enquadramento granulométrico nesta faixa, assim como o respeito à zona de restrição especificada pela metodologia Superpave.

Tabela 7: Enquadramento Granulométrico dos Agregados

DOSAGEM CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXA C - DNIT								
Peneiras (mm)		Brita 3/4"	Brita 3/8"	Pó de Pedra	Areia	L. Inferior	L. Superior	Curva de Projeto
3/4"	19,1	93,4	100,0	100,0	100,0	100	100	99,3
1/2"	12,7	22,6	100,0	100,0	100,0	80	100	92,3
3/8"	9,5	2,7	93,9	99,9	99,9	70	90	87,5
Nº 4	4,8	0,2	23,3	95,0	99,6	44	72	54,4
Nº 10	2,0	0,2	1,9	71,7	98,8	22	50	36,5
Nº 40	0,4	0,1	1,2	36,2	69,9	8	26	20,6
Nº 80	0,2	0,1	1,0	20,9	28,3	4	16	10,8
Nº 200	0,1	0,1	0,9	9,5	6,9	2	10	4,5

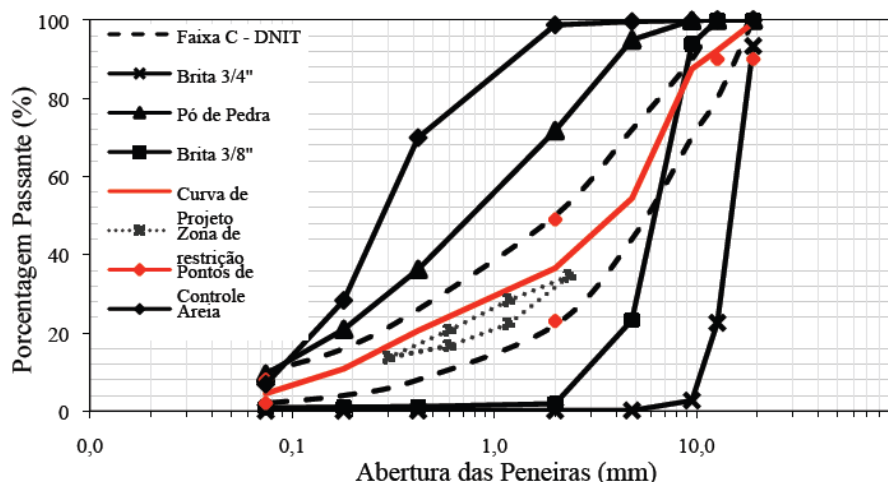


Figura 2: Enquadramento Granulométrico dos Materiais Empregados – Faixa “C” DNIT

3.2. Ligantes

Para a maioria das aplicações rodoviárias, os asfaltos convencionais têm bom comportamento, satisfazendo os requisitos necessários para o desempenho adequado das misturas asfálticas sob tráfego e condições climáticas. Entretanto, para altos volumes de tráfego, tem sido cada vez mais necessário o uso de modificadores das propriedades dos asfaltos, especialmente os polímeros. (Bernucci et AL 2006).

Este aspecto associado ao elevado volume de tráfego obtidos nos estudo de campo justificam a escolha de um asfalto modificado por polímero, conforme previsto no presente projeto, no qual se estudou o ligante AMP – 60/85, cujos ensaios de caracterização apresentados pelo fabricante são apresentados na tabela 8. Foi realizado também os ensaios da especificação SUPERPAVE apresentados na tabela 9.

Tabela 8: Caracterização do Ligante Modificado por Polímero Cap/SBS Elaborada no Laboratório de Asfalto do IME

Ensaio	Características DNIT – EM 129/10	Média	Método
Ensaios na Amostra Virgem			
Ponto de Amolecimento °C	Mínimo 60°C	66,3	NBR - 6560
Penetração (100g, 5s, 25°C, 0,1 mm)	Mínimo 45 d/mm	58	NBR – 6576
Ponto de Fulgor	Mínimo 225°C	296	NBR – 1134
Densidade Relativa, 20°C/ 4°C	-	1,03	MB – 387
Dutilidade, 25°C, 5cm/min, cm	Mínimo 100	>100	
Viscosidade SSF/140°C	-	270	
Viscosidade SSF/150°C	-	165,3	NBR -
Viscosidade SSF/160°C	-	105,2	14950
Viscosidade SSF/170°C	-	62,4	
Viscosidade Brookfield a 135°C, spindle 21, 20 RPM, máx, cP	3.000	820	
Viscosidade Brookfield a 150°C,	2.000	412	

spindle 21, 50 RPM, máx, cP			NBR –
Viscosidade Brookfield a 177°C,	1.000	155	15184
spindle 21, 100 RPM, máx, cP			
Ensaio no Resíduo Após RTFOT*			
Variação de Massa (%)	1%	0,0225	
Aumento do Ponto de Amolecimento °C	Máximo 7	-	
Redução do Ponto de Amolecimento °C	Máximo 5	6	
Percentagem de Penetração Original (%)	Mínimo 60%	62,0	

Tabela 9: Resultado dos ensaios da especificação SUPERPAVE

Ensaio	Unidade	AMP 60/85
Viscosidade Brookfield a 135°C (máx. 3000cP)	Cp	714
Cisalhamento Dinâmico 10rad/s, G*/senδ (mín. 1,0 kPa)	°C	64
	Kpa	1,83
RTFOT a 163°C, 85min		
Variação em massa	% massa	-0,204
Cisalhamento Dinâmico 10rad/s, G*/senδ (mín. 2,2 kPa)	°C	64
	Kpa	3,46
PAV a 100°C, 20 h		
Cisalhamento Dinâmico 10rad/s, G*/senδ (max. 5,0 MPa)	°C	25
	Mpa	3,38
Fluência em viga (BBR) @ 60 S	°C	-6 / -12
S = 300 Mpa; máx.	MPa	87,3 / 235
m = 0,3; mín	-	0,427 / 0,361
Grau de desempenho, PG	-	64-22

A caracterização do CAP 50/70 convencional utilizado na camada de Binder é apresentada na tabela 10.

Tabela 10: Caracterização CAP convencional

Ensaio	Média	Método
Ponto de Amolecimento °C		NBR - 6560
Penetração (100g, 5s, 25 °C, 0,1 mm)	64	NBR – 6576
Ponto de Fulgor		NBR – 1134
Densidade Relativa, 20 °C/ 4°C	1,03	MB – 387
Espuma	ausente	
Viscosidade SSF/135 °C	277	
Viscosidade SSF/145 °C	149	NBR -
Viscosidade SSF/155 °C	113	14950
Viscosidade SSF/165 °C	58	
Viscosidade SSF/177 °C	45	

3.3. Características das misturas

Como consequência do estudo de enquadramento para a dosagem de concreto asfáltico contendo Cap-polímero elaborado na Universidade Federal do Ceará foi obtida a composição apresentadas na tabela 11.

Tabela 11: Traço da capa de rolamento – Faixa C

Material	%
Brita 1	10
Brita 0	44
Pó-de-pedra	36
Areia	10
CAP SBS	5,7

Na tabela 12 são apresentados os resultados de ensaios de massa específica aparente (MEA), módulo resiliente (MR) e resistência à tração (RT) das misturas utilizadas no presente trabalho, na qual pode ser observado que os valores de módulo resiliente variaram entre 2.200 e 2.600 MPa (excluindo-se o cp 15979) e são compatíveis com os esperados para misturas asfálticas compostas de asfalto-polímero, exceto no caso do corpo-de-prova 15979, que apresentou valor muito baixo. Os ensaios foram realizados no laboratório de pavimentos da COPPE/UFRJ, e os corpos-de-prova foram moldados no laboratório do 3^oBEC e no laboratório de Ligantes do IME, pelo método Marshall.

Tabela 12: Valores de Massa específica aparente (MEA), Módulo Resiliente (MR) e Resistência à Tração (RT) para capa de rolamento com CAP SBS – Faixa C DNIT

Número	MEA	Teor de Ligante (%)	MR (MPa)	RT (MPa)	MR/RT	Laboratório
15960	2,422	5,7%	2.519	1,14	2.210	3 ^o BECnst
15961	2,423		2.221	1,14	1.948	3 ^o BECnst
15962	2,431		2.662	1,14	2.335	3 ^o BECnst
15978	2,356		2.204	0,88	2.505	IME
15979	2,294		1.430	0,88	1.625	IME
15980	2,364		2.302	0,88	2.616	IME

A vida de fadiga obtida para os materiais a serem utilizados na restauração da BR-101/PE, Lote 6, foi comparada com outros valores de vida de fadiga disponíveis na literatura, para condição de módulo resiliente similar, isto é, entre 2.000 e 3.000 MPa. Foram escolhidas três misturas asfálticas distintas, sendo a primeira disponível no Catálogo de Curvas de Fadiga da ABPv (1995), denominada mistura 10 e composta de Cap 50/60, agregados enquadrados na faixa “C” do DNIT, teor de 7,2% de ligante e 4,4% de volume de vazios, tendo sido elaborada por Pinto (1991). As outras duas misturas são compostas de asfalto-polímero (SBS), diferindo entre si pelo teor de polímero, sendo denominada de AM SBS 4% e AM SBS 5,5% na tese de mestrado de Morilha (2004).

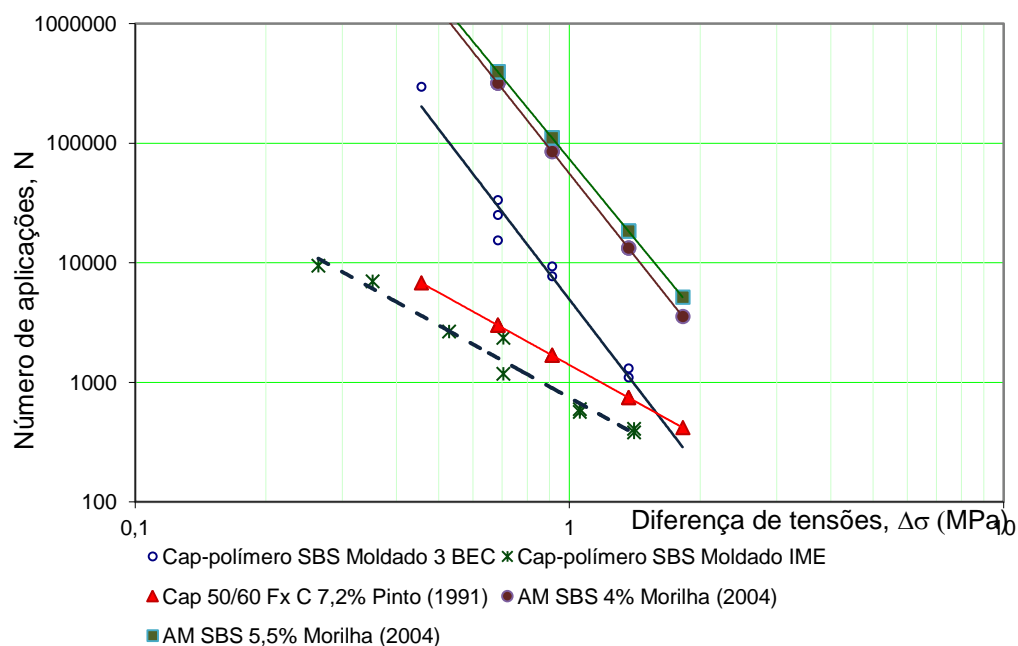


Figura 3: Gráfico Comparativo Entre a Vida de Fadiga das Misturas de Cap-polímero Elaboradas no Presente Trabalho e de Misturas Similares Disponíveis na Literatura

O resumo do traço do concreto asfáltico contendo ligante convencional é apresentado na tabela 13, e as características físicas e mecânicas são apresentadas na tabela 14.

Tabela 13: Resumo do Traço do Concreto Asfáltico

Material	Porcentagem
Brita 19 mm	23,68
Brita 12 mm	26,52
Pó de Pedra	29,36
Areia	14,21
Cimento	0,95
Cap 50/70	5,3

Tabela 14: Características Físicas e Mecânicas do Concreto Asfáltico Estudado

Ensaio	Valor
Densidade Máxima Teórica	2,539
Densidade Aparente	2,452
Volume de Vazios	3,5%
Relação Betume Vazios	78,2%
Estabilidade Marshall	980 kgf
Resistência à Tração	0,88 MPa

O valor adotado para as simulações computacionais foi de 2500 MPa para as misturas com CAP polímero e de 4000 MPa para o Binder com CAP convencional.

Foi realizada a pesquisa do dano por umidade induzida através do método Lottman modificado, com os corpos de prova compactados pelo método Marshall, mas com 57

golpes, para que fosse atingido o índice de vazios de 7% adequado a realização do ensaio. Foram obtidos os valores constantes na tabela 15, onde se verifica que a mistura apresenta boa resistência ao dano por umidade.

Tabela 15: Dano por umidade induzida através do método Lottman modificado

Situação	CP	carga de ruptura (kgf)	tensão de ruptura (MPa)	média da tensão de ruptura (MPa)
sem dano	1	40	0,14	0,14
	2	38	0,13	
	3	42	0,14	
	4	28	0,10	
com dano	5	26	0,09	0,10
	6	30	0,10	

3.4. Características das Geogrelha

As reflexões de trinca são causadas por concentração de tensões ou deformações no revestimento devido ao movimento nas juntas e trincas no pavimento preexistente, causadas pelas cargas ou pelas variações de temperatura. As cargas são responsáveis pelos deslocamentos verticais, enquanto as variações de temperatura diárias e sazonais são responsáveis pelos deslocamentos laterais.

Para combater esse efeito será utilizado reforço com geogrelha flexível de poliéster de alta tenacidade combinada com não-tecido ultraleve aplicada após a primeira camada de reperfilamento de Concreto Asfáltico com espessura de mínima de 4 cm. A especificação da geogrelha é apresentada na tabela 16.

Tabela 16: Especificações técnicas gerais das geogrelhas para recapeamento asfáltico

Propriedades	Geogrelha
Polímero principal	Geogrelha flexível de poliéster de alta tenacidade combinada com não-tecido ultraleve
Polímero secundário	Geotêxtil não-tecido de polipropileno ultraleve (gramatura <30gr/m ²)
Acoplamento	Geogrelha e geotêxtil não-tecido acoplados por tricotagem em fábrica
Recobrimento	Geogrelha e geotêxtil não-tecido com recobrimento betuminoso de fábrica com 100% de impregnação
Abertura da malha	40 mm x 40 mm
Resistência à tração (Long./ Transv.) Nominal ⁽¹⁾	50 kN/m / 50 kN/m
à 3% de deformação ⁽¹⁾	12 kN/m / 12 kN/m
Deformação na resistência nominal ⁽¹⁾ (Long./ Transv.)	12% / 12%
Rigidez equivalente de aderência no arrancamento - C eq,rf ⁽²⁾	9 N/mm/mm ²
Eficiência do Comportamento em fadiga ⁽³⁾	100%

Resistência à temperatura	
Ponto de fusão	250°C
Encolhimento < 1%	190°C

4. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO A SER RESTAURADO

Foi realizado um levantamento defletoométrico com equipamento Falling Weight Deflectometer (FWD). Uma carga de 4,1tf foi aplicada na proximidade da junta de dilatação, foram empregados oito geofones para medir a deflexão no pavimento sendo sete numa placa e o geofone reverso na placa seguinte (Figura 3).



Figura 4: Aplicação de carga de 4,1tf com FWD

Os sete primeiros geofones foram posicionados com os seguintes espaçamentos: 0, 25, 45, 65, 90, 120 e 150 cm. O oitavo geofone ficou localizado simetricamente ao segundo geofone a distancia de 25 cm do ponto de aplicação da carga. Com as medidas de deflexão realizou-se a retroanálise para determinação dos valores de módulo elástico do concreto (E_{pcc}) e do conjunto subbase e subleito (E_s), além do módulo de reação da fundação (K_s), de acordo com o método AASTHO 1993.

Para o caso de bases granulares, o valor de K_s só tem uma variação importante quando estas bases possuem elevadas espessuras (BALBO, 2009). Portanto, no presente estudo, considerou-se o sistema de apoio como uma camada única, sem influência significativa nos resultados.

Foi calculado ainda a eficiência de transferência de carga (ETC) que representa a efetividade da transmissão de carga pelas barras de transferência e é calculado através da razão entre a deflexão a 25 cm e sua correspondente medida na placa adjacente. Os valores médios obtidos são apresentados na tabela 17.

Tabela 17: Valores médios obtidos por retroanálise do pavimento existente

Parâmetro	Carga	Df1	AREA	ETC	K_s	E_{pcc}	E_s	CBRsub
Unidade	(kgf)	(x0,01mm)	(cm)	(Df8/Df2)	(kgf/cm ² /cm)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	(%)
Valor médio	4.013	18	58	1	25	146.948	2.511	25

5. AVALIAÇÃO MECANÍSTICA-EMPÍRICA DO PROJETO DE RESTAURAÇÃO

O CA é um material viscoelástico, portanto se comporta simultaneamente como um sólido elástico e como um líquido viscoso (HUANG, 2004). No entanto considerando-se uma aproximação de engenharia adequada FRANCO (2007) adotou o método de análise elástica de múltiplas camadas, com a possibilidade de se considerar a elasticidade não linear de forma simplificada apenas no plano vertical, para ser utilizado no programa de dimensionamento de estruturas de pavimentos SisPav. Em virtude das peculiaridades e limitação desta pesquisa no momento de publicação deste artigo foram consideradas apenas análises lineares para o módulo resiliente das camadas.

Considerando-se os parâmetros apresentados nas seções precedentes se realizaram simulações numéricas com o software SisPav (FRANCO, 2007), obtendo-se as espessuras de recapeamento de 10 cm de binder e 4 cm de capa para uma vida de projeto de 10 anos, conforme pode-se verificar na tela do software apresentada na figura 4.

Camada	Tipo	Espessura (m)	Coef Poisson	Modelo	k1 / Mr / Ei (MPa)	k2 / Ef (MPa)	k3	k4	k5	Aderência
1	Mistura asfáltica	0.040	0.250	3	2500.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
2	Mistura asfáltica	0.100	0.250	3	4000.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
3	Brita graduada tratada com cimento	0.170	0.150	3	14694.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
SL	Material granular	0.000	0.400	3	251.10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00

Seção do pavimento analisada considerando os modelos alterados pelo usuário.
 Dano Crítico no Pavimento: 100.43% com nível de confiabilidade de 95%
 Fadiga na base da mistura cimentada (eixo Y)
 Vida de projeto estimada em 10.0 ano(s)
 Deformação permanente estimada: 0.650 cm - Abaixo do limite aceitável de 1.25cm

Figura 5: Parâmetros do Sis Pave para uma vida útil de 10 anos

Como o programa não possui modelos para uma base composta por placas de concreto de cimento portland foi utilizado o modelo para brita graduada tratada com cimento (BGTC), considerando-se o fator campo laboratório de 6, os outros parâmetros dos modelos de fadiga e deformação permanente foram os iniciais sugeridos pelo programa. Espera-se um comportamento da base com placas de concreto superior ao de uma BGTC. O valor médio de módulo elástico encontrado para a placa de 14.694 MPa representa os valores da posição mais crítica da placa. No entanto os valores na proximidade das trincas ainda merecem uma maior atenção.

6. CONCLUSÃO

Verifica-se com base nas simulações computacionais, nas condições estruturais do pavimento e nas propriedades dos materiais que o pavimento com recapeamento asfáltico

total (capa + binder) de 14 cm apresenta uma capacidade de suporte que atende ao tráfego de projeto para vida útil de 10 anos.

A avaliação estrutural mecanística utilizada não contempla a contribuição da geogrelha na absorção de esforços, especialmente de tração. Sua contribuição está considerada no combate a reflexão de trincas e juntas de dilatação que tiveram seus efeitos benéficos comprovados experimentalmente em diversos estudos, entre eles Button e Lytton (2006) e Vilchez (2002).

O estudo do estado de tensões na placa realizado conjuntamente com uma avaliação deflectométrica fornecerá maiores informações sobre o comportamento estrutural do pavimento, especialmente nas proximidades das áreas trincadas. Para tanto um monitoramento com sensores de deformação de fibra óptica embutidos na placa de concreto fica como sugestão para o prosseguimento desta pesquisa.

Agradecimentos

Que fiquem registrado os agradecimentos do autores ao 3º Batalhão de Engenharia de Construção que possibilitou total acesso a obra e a equipe do laboratório de misturas asfálticas da Coppe UFRJ, instituição parceira que sempre contribui para o desenvolvimento da pesquisa em pavimentação rodoviária no Brasil.

Referências Bibliográficas

- BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007
- BALBO, José Tadeu. Pavimentos de Concreto. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- BERNUCCI, Liedi Bariani [et al]. Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.
- BUTTON, Joe W. e LYTTON, Robert L. Guidelines for using geosynthetics with hot mix asphalt overlays to reduce reflective cracking. Texas Transportation Institute. 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Manual de Pavimentos Rígidos, 2ª Edição. Rio de Janeiro: IPR, 2005.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES- DNIT, Manual de Pavimentação 2006.
- FRANCO, Filipe A. C. de Proença. Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos – SISPAV. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.
- HUANG, Yang H. Pavement Analysis and Design - Second Edition. University of Kentucky. PEARSON Prentice Hall Upper Saddle River, NJ 07458, 2004.
- VILCHEZ, G. E. MONTESTRUQUE. Contribuição para a elaboração de método de projeto de restauração de pavimentos asfálticos utilizando geossintéticos em sistemas anti-reflexão de trincas. 2002.
- YOON-HO, Cho, et al. Asphalt overlay design methods for rigid pavements considering rutting, reflection cracking, and fatigue cracking. Austin, Center for Transportation Research The University of Texas at Austin, 1998.