

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NA DRENABILIDADE DAS MISTURAS ASFÁLTICAS

Tatiana Rosso (1), Pedro Arns (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) *tatianarosso@unesc.net*, (2) *par@unesc.net*

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a influência da granulometria em misturas asfálticas densas e abertas na camada superficial, utilizadas no sul do Brasil e no exterior. Para estas análises foram utilizados referenciais teóricos e práticas laboratoriais. Empregou-se 3 (três) composições granulométricas, sendo uma a de referência. Os agregados utilizados nas 3 (três) composições foram de origem basáltica colunar. O ligante betuminoso CAP 50/70, no seu estado natural, foi utilizado na composição de referência, e nas duas de Gap Graded o CAP 50/70 aditivado com borracha reciclada. Para se conhecer as propriedades de tais composições, foram realizados ensaios de caracterização para os agregados, enquanto que as dos ligantes foram fornecidas pelas fabricantes. Posteriormente moldou-se corpos de prova, com base no teor ótimo de ligante, obtidos através do ensaio Marshall para as 3 (três) composições, os quais foram submetidos a resistência à compressão diametral, desagregação, macrotextura superficial e drenabilidade. Como faixa de referência, utilizou-se a faixa C do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Esta composição granulométrica além de apresentar uma alta resistência à compressão diametral, apresentou um volume de vazios de 4%, tendo uma macrotextura superficial fechada, e drenabilidade ineficiente. Para as composições do tipo Gap Graded, adotou-se a do Caltrans com 5,2% e da BR Distribuidora, com 6,8% de volume de vazios. Contudo, a macrotextura superficial e drenabilidade destas, apresentaram resultados satisfatórios, devido a sua composição granulométrica especial. Os resultados demonstram que as misturas do tipo Gap Graded são resistentes à desagregação dos componentes pétreos e apresentam a macrotextura superficial adequada para que ocorra uma boa drenabilidade nas vias, proporcionando segurança aos usuários.

Palavras-Chave: Granulometria. Gap Graded. Drenabilidade. Borracha. Macrotextura.

1. INTRODUÇÃO

Conforme Bernucci (et al. 2008. 9p.) o revestimento asfáltico é composto basicamente da mistura de agregados e ligantes asfálticos. O conjunto de camadas que formam o pavimento são: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. A função do revestimento asfáltico, é ser a camada que recebe diretamente as solicitações do tráfego e proporcionar conforto e segurança aos usuários, bem como dispersar os esforços aplicados para as camadas subjacentes.

Na camada de revestimento asfáltico do pavimento flexível o comportamento mecânico está ligado diretamente com as características dos seus materiais constituintes, como o ligante e agregados utilizados, enquanto o desempenho funcional está ligado à sua composição granulométrica. (NETO et al., 2006). Segundo Trepado (2013, 5p.), o fenômeno da hidroplanagem ou aquaplanagem ocorre quando o pneu do veículo perde o contato com o pavimento, ficando separado por uma lâmina de água. Quando este fenômeno ocorre há uma perda significativa de atrito entre o pneu e pavimento, comparado ao mesmo seco. Para que ocorra a diminuição desta lâmina de água no pavimento é necessário um dimensionamento criterioso da estrutura do mesmo, não contando somente com o abaulamento necessário e sim, de forma simultânea, pelo emprego de uma mistura asfáltica que possua uma superfície porosa e que facilite a drenagem superficial do revestimento asfáltico. Segundo Trepado (2013, 8p.):

“A macrotextura tem um papel fundamental no comportamento da camada de desgaste face à presença de água. É função da curva granulométrica, do método construtivo, da conservação e da manutenção do pavimento. Vários estudos revelam que para velocidades elevadas a macrotextura é fundamental para a prevenção da hidroplanagem. A explicação deste fato é a boa drenagem da água pelos vazios do pavimento. Assim, a pressão hidrodinâmica exercida pela espessura de água sobre o pneu diminui devido à facilidade de expulsão da água pelas asperezas”.

Segundo Bernuccini (et al., 2008, p.159) entre as misturas mais usuais se destacam as misturas densas, sendo estas caracterizadas por apresentarem boa conformidade granulométrica. No Brasil, o Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes – DNIT caracteriza esta mistura através da normativa ES 031/2004, onde apresenta diversas faixas granulométricas, sendo que, dentre estas, a mais utilizada para revestimentos asfálticos, submetidos a alto volume de tráfego, é a Faixa C. O ligante utilizado na região Sul, para este tipo de mistura, é geralmente o ligante CAP 50/70, classificado quanto à penetração, conforme a NBR 6576 – Materiais Asfálticos – determinação à penetração. Porém, devido ao baixo volume de vazios presentes nesta mistura, a mesma não é a mais indicada para a drenagem de lâmina de água presente na superfície dos pavimentos.

Quando se trata de misturas porosas, no Brasil, podemos citar a Camada Porosa de Atrito – CPA e a mistura Gap Graded, que será objeto de estudo deste trabalho.

A mistura Gap Graded foi recentemente introduzida no Brasil e pode ser caracterizada como uma mistura especial de camada superficial rugosa, porém, não

apresentando elevado índice de vazios. (Bernuccini, et al. 2008, p. 172). Segundo o California Department of Transportation - Caltrans (2003, p. 2-1) esta mistura pode resultar em um pavimento durável, flexível, resistente a fissuras e possuir boas características, quanto a aderência pneu-pavimento, devido a sua granulometria especial. Conforme Neto (2006, apud BRANCO, et al. 2005) as misturas do tipo descontínuas, a exemplo da Gap Graded, são empregadas por apresentarem vantagens quanto ao desempenho funcional do pavimento, apresentando diminuição do índice de ruído e melhorando o contato pneu-pavimento. Porém, devido a sua mistura comumente empregar ligante asfáltico modificado com polímero ou adição de borracha reciclada, o seu uso torna-se mais oneroso e caro.

Segundo Thives (et al., 2011) a incorporação de borracha nas misturas asfálticas traz melhorias significativas quanto a flexibilidade e tempo de vida do pavimento flexível. Quanto aos estudos de Neto (2006, 2p.):

“Os resultados mostraram inicialmente que para as misturas de graduação descontínua foi observada a diminuição da percentagem ótima de ligante determinada no estudo de dosagem. Em relação aos ensaios mecânicos não foram observadas diferenças significativas para a resistência à tração por compressão diametral e módulo resiliente das misturas de graduação contínua e descontínua. Para a vida de fadiga e resistência às deformações permanentes, os resultados mostraram que a mistura com graduação descontínua apresentou um comportamento superior ao da mistura com graduação contínua, ambas confeccionadas com os mesmos valores para a percentagem de vazios. Os resultados apresentados neste trabalho permitem deduzir que é possível o emprego de uma mistura com melhores características de macro-rugosidade, aumentando assim o atrito pneu-pavimento, e conseqüentemente as condições de segurança de rolamento das rodovias, sem que ocorram prejuízos em termos de desempenho mecânico”.

O presente trabalho tem-se como objetivo avaliar a influência da granulometria na drenabilidade das misturas asfálticas. O estudo permitiu definir qual das composições granulométricas estudadas - Faixa C, Gap Graded Caltrans e Gap Graded BR Distribuidora - apresentou a melhor drenabilidade e resistência, quando comparadas às misturas de granulometria densa, comumente utilizadas na região sul do Brasil. Assim, neste trabalho, utilizou-se uma faixa granulométrica específica da BR Distribuidora na composição de seus pavimentos flexíveis sendo que na mistura o ligante utilizado também foi o ligante modificado com borracha.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

2.1.1. Agregados

Os agregados utilizados foram de origem basáltica colunar e coletados nas dependências da empresa Cedro Engenharia, Comércio e Mineração, no município de Maracajá, Santa Catarina, transportados para as instalações do Laboratório de Mecânica dos Solos - LMS do Instituto de Desenvolvimento Tecnológico – IDT, da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. O local da extração e os agregados coletados são mostrados nas figuras 01 e 02.

Figura 01 - Localização da jazida e local de extração do basalto colunar.



Fonte: O Autor (2016).

Figura 02 - Agregado utilizados nas misturas asfálticas.



Fonte: O Autor (2016).

2.1.2. Ligante asfáltico

Para o presente trabalho foram utilizados dois tipos de ligante: para o da mistura de referência o CAP 50/70, disponibilizado pela empresa Greca Asfaltos, de procedência da refinaria situada no município de Esteio – Rio Grande do Sul. Para o da mistura Gap Graded foi o TIREFLEX AB8, procedente da refinaria da empresa CBB Asfaltos, sediada no município de Curitiba, Estado do Paraná, cedido pela empresa SETEP Construções, cujas instalações de britagem e usina se localizam em Rio Maior, no município de Urussanga – Santa Catarina. Posteriormente, os mesmos foram transportados ao LMS. Na figura 03 apresentou-se o ligante CAP 50/70 utilizado neste trabalho.

Figura 3 - Ligante CAP 50/70.

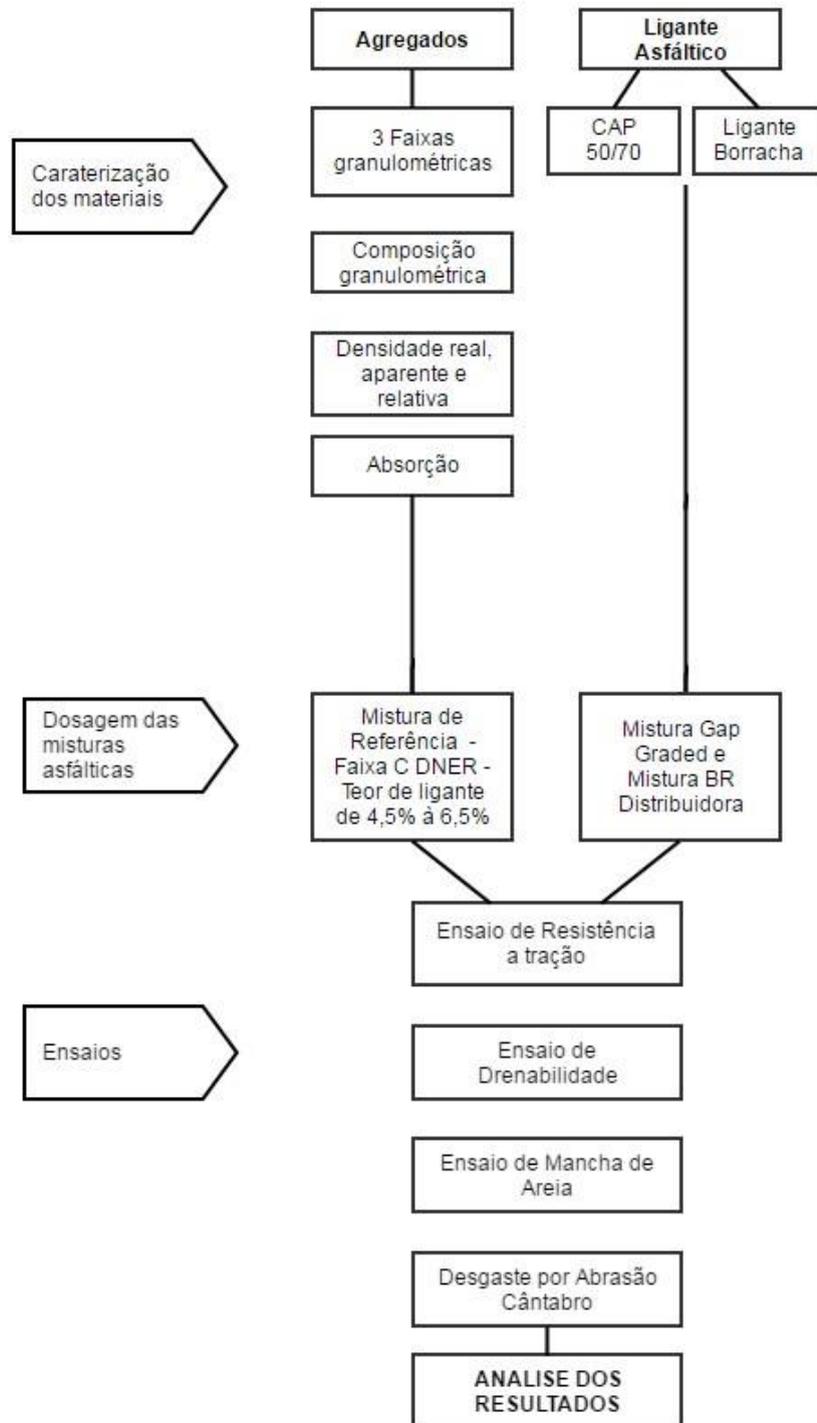


Fonte: O Autor (2016).

2.2. MÉTODOS

A metodologia do presente trabalho seguiu conforme o fluxograma da figura 04.

Figura 04 - Fluxograma.



Fonte: O Autor (2016).

As etapas da metodologia são detalhadas a seguir.

2.3. ENSAIOS

De acordo com o fluxograma apresentado na figura 03, realizou-se, individualmente, os ensaios dos agregados utilizados.

2.3.1. Dos agregados

Os agregados utilizados, neste trabalho, foram submetidos aos ensaios constantes na tabela 01, que indica, também, as normas e suas devidas especificações.

Tabela 01 - Ensaios para caracterização dos agregados.

Determinação da composição granulométrica	NBR NM 248:2003
Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água – material graúdo.	NBR NM 53:2009
Determinação da densidade real – material passante na peneira de malha 200 (#200).	DNER ME 093:1994

Fonte: O Autor (2016).

2.3.2. Dos ligantes

Os certificados contendo as análises das características dos ligantes, tanto do Ccap 50/70 como do TYREFLEX AB8 adicionado com borracha, foram cedidos pelos respectivos fabricantes, constam na tabela 02.

Tabela 02 - Ensaio de caracterização dos ligantes.

Ponto de Amolecimento	NBR 6560:2008
Penetração, 100g, 5s, 25 °C, 01mm	NBR 6576:2007
Recuperação elástica, 20cm, 25 °C	NBR 15086:2006
Viscosidade Brookfield 175 °C – spindle 3, 20 rpm	NBR 15529:2007
Ponto de Fulgor	NBR 11341:2015
Ensaio de Separação de Fase	NBR 15166:2004
Massa específica a 25 °C	NBR 6296:2012

Fonte: O Autor (2016).

2.3.3. Das composições granulométricas

Após a caracterização dos agregados, empregados neste trabalho, foram obtidos através das normativas constantes na tabela 03, as composições granulométricas utilizadas no mesmo.

Tabela 03 – Composições granulométricas.

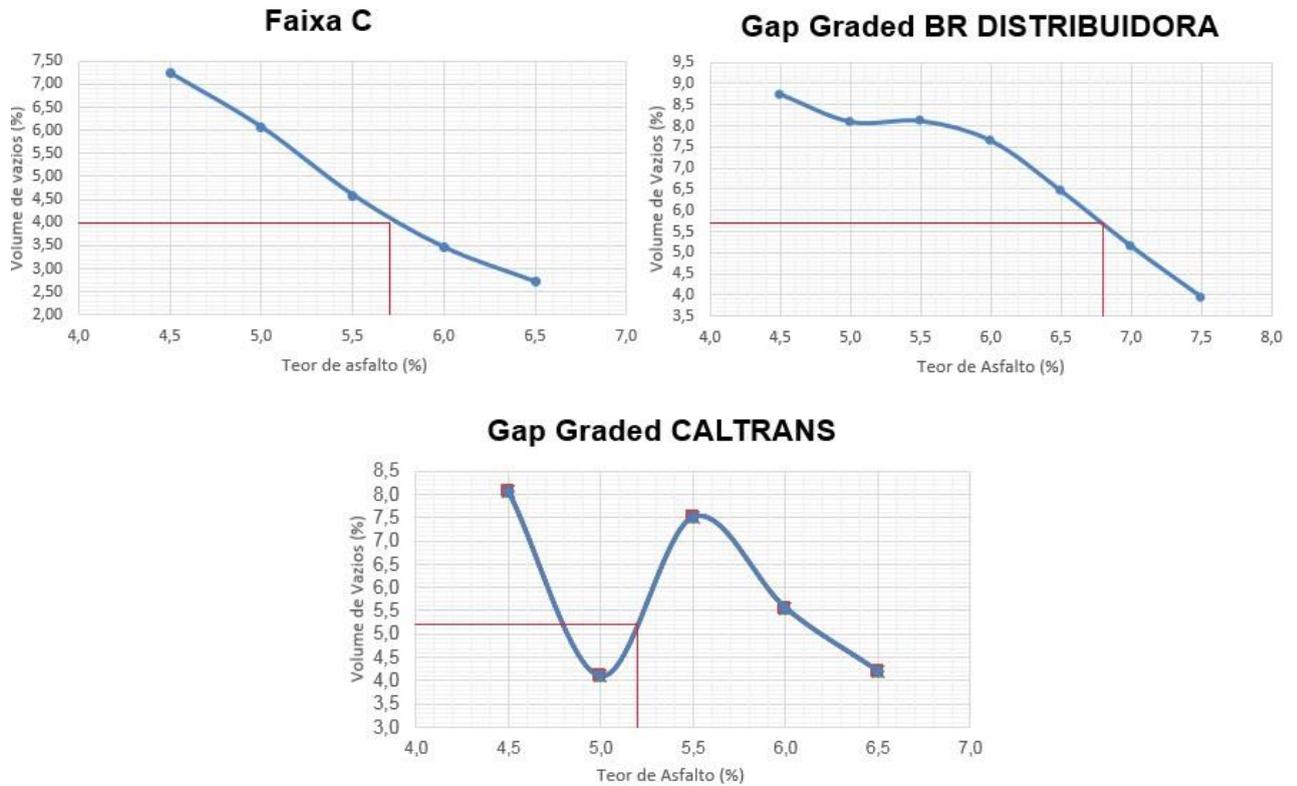
Composição granulométrica FAIXA C	DNIT ES 031/2004
Composição granulométrica GAP GRADED CALTRANS	Asphalt – Rubber Standard Practice Guide
Composição granulométrica GAP GRADED	
BR DISTRIBUIDORA	BR Distribuidora

Fonte: O Autor (2016).

2.4. DOSAGEM DAS MISTURAS ASFÁLTICAS

A Dosagem Marshall especificada pela norma rodoviária DNER ME 043/95 foi o procedimento utilizado para se obter as misturas asfálticas para os dois ligantes empregados neste trabalho. Para a realização do ensaio Marshall foram definidos cinco teores de ligantes para a confecção dos corpos de prova padrão, sendo que para cada teor foram moldados três corpos de prova. Na primeira etapa, foram realizados os peneiramentos e a mistura de cada teor de ligante. Para a compactação dos corpos de prova o material foi submetido a uma temperatura constante de 155 °C para ser realizado a sua compactação à 75 golpes em cada face. A seguir, mediu-se a espessura dos corpos de prova em 4 (quatro) pontos distintos, quanto então os mesmos foram pesados ao ar e submersos. Para a definição da estabilidade e da fluência, os corpos de prova ficaram submersos por 30 minutos a uma temperatura de 60 °C e após este período, posicionados na prensa Marshall, quando foram submetidos a uma compressão com velocidade constante de 5 cm por minuto. O mesmo procedimento foi realizado para as três composições granulométricas apresentadas neste trabalho.

Figura 05 – Gráficos utilizados para obtenção do teor ótimo de betume.



Fonte: O Autor (2016).

Após esta etapa, por meio de fórmulas matemáticas e gráficos foi possível definir parâmetros importantes como volume de vazios, densidade máxima teórica, porcentagem de betume por quantidade de vazios. De posse destes dados foi encontrado o teor ótimo de ligante, para a execução dos ensaios subsequentes. Na figura 06 são apresentados os corpos de prova moldados após a execução do ensaio Marhsall.

Figura 6 - Corpos de prova moldados com base nos respectivos teores ótimo de ligante.



Fonte: O Autor (2016).

Na tabela 04, constam os ensaios que foram realizados nos corpos de prova anteriormente moldados com o teor ótimo de ligante encontrado através da dosagem Marshall e a respectiva norma que regulamenta os mesmos.

Tabela 04 - Ensaios realizados.

Ensaios	
Resistência a tração por compressão diametral	DNIT 136/2010
Desgaste por abrasão Cântabro	DNER ME 383/99
Mancha de areia	ASTM E 965
Drenabilidade superficial	ASTM E2380

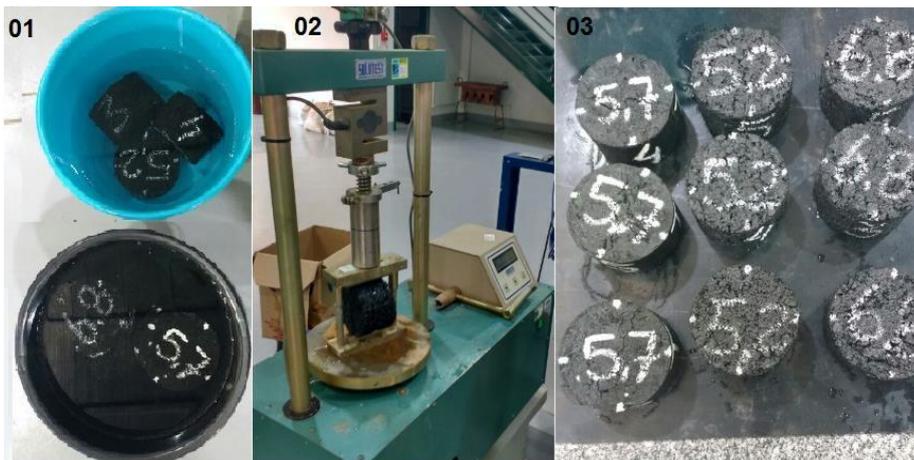
Fonte: O Autor (2016).

2.5. ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL – DNIT 136/2010.

Neste ensaio foram utilizados três corpos de prova moldados com o teor ótimo de ligante e compactados com base nos procedimentos do item 2.4. Mediu-se, novamente, quatro medidas de espessuras e três medidas equidistantes quanto ao

diâmetro. A seguir, os corpos de prova permaneceram na estufa a uma temperatura constante de 25 °C durante 2 horas. Para se obter a carga em que ocorre a ruptura, a mesma foi aplicada a uma velocidade de deformação de $0,8 \pm 0,1$ mm/s. Na figura 07, constam as etapas executadas para o ensaio descrito anteriormente.

Figura 07 - 01) Corpos de prova submergidos. 02) Execução do ensaio. 03) Corpos de prova após a realização do ensaio.



Fonte: Tatiana Rosso.

2.6. ENSAIO DE DESGASTE POR ABRASÃO CÂNTABRO – DNER ME 383/99

A obtenção da desagregação dos corpos de prova, moldados com teor ótimo de betume, pelo método Marshall, foi obtida no aparelho de Los Angeles, figura 08 – 01, de acordo com a norma do DNER – ME 383/99. Os corpos de prova foram pesados a uma temperatura de 25 °C, e submetidos a 300 revoluções por minuto, no aparelho de Los Angeles. O desgaste foi obtido pela diferença do peso inicial dos corpos de prova e o peso ao final dos ensaios e os mesmos estão apresentados na figura 08 – 02.

Figura 08 - 01) Aparelho de abrasão Los Angeles. 02) Corpos de prova após o ensaio.



Fonte: O Autor (2016).

2.7. ENSAIO DE MANCHA DE AREIA - ASTM E 965

Para o cálculo da macrotextura média dos corpos de prova foi empregado o ensaio de mancha de areia, que consiste em derramar um volume conhecido de areia com granulometria contida entre as peneiras de malha 50 e 100. Foi utilizado um carimbo, que nada mais é do que um espalhador, para que o procedimento ocorresse de forma uniforme. O objetivo foi regularizar a areia uniformemente e com uma forma geométrica conhecida, conforme na figura 09. Foi obtido o valor da profundidade da macrotextura dividindo o volume de areia aplicado pela área da mancha de areia obtida.

Figura 09 - 01) Preparação dos corpos de prova. 02) Execução do ensaio de mancha de areia.



Fonte: O Autor (2016).

Conforme o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006) é possível relacionar a resistência a derrapagem com os resultados obtidos através do método de mancha de areia. A classificação encontra-se na tabela 05.

Tabela 05 - Avaliação da macrotextura - resistência a derrapagem

Altura da Mancha de Areia (H) (mm)	Textura Superficial
$H < 0,20 \text{ mm}$	Muito fina ou muito fechada
$0,20 \text{ mm} < 0,40 \text{ mm}$	Fina ou fechada
$0,40 \text{ mm} < H < 0,80 \text{ mm}$	Média
$0,50 \text{ mm} < H < 1,20 \text{ mm}$	Grosseira ou aberta
$H > 1,20 \text{ mm}$	Muito grosseira ou aberta

Fonte: O Autor (2016).

Os limites sugeridos pelo manual são de que a profundidade média fique entre 0,60 mm e 1,20 mm apresentando camada superficial média a grosseira.

2.8. ENSAIO DE DRENABILIDADE SUPERFICIAL - ASTM E2380/2015

O equipamento utilizado para aferir a drenabilidade superficial dos corpos de prova foi o drênometro, apresentado na figura 10. Para a realização deste ensaio foi necessário construir um equipamento para se medir a drenabilidade dos corpos de prova. O mesmo é composto por um cilindro de PVC fixado no corpo de prova através de um peso metálico. No local que ocorre o contato entre o cilindro e o corpo de prova foi utilizado um anel de vedação, que com o peso descrito anteriormente não deixa a água escapar totalmente pela superfície. O interior do cilindro é

preenchido com água, e através de um nível externo é possível visualizar o volume conhecido utilizado. Após a retirada do tampão, é aferido o tempo necessário para que o volume pré-definido drenasse.

Figura 10 - Ensaio de drenabilidade.



Fonte: O Autor (2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo do presente trabalho foi determinar uma composição granulométrica que apresentasse melhores parâmetros, quanto a drenabilidade superficial e o contato pneu pavimento, aquaplanagem e spray na rodovia, quando confrontado com uma granulometria densa de referência.

3.1. DOS AGREGADOS

Foram realizadas 3 composições granulométricas, as quais foram submetidas ao ensaio Marshall, com a finalidade de obtenção a que melhor atendesse as características, como a resistência a tração por compressão diametral, mancha de areia e ensaio de drenabilidade. A faixa de referência tomada como base foi a faixa C do DNER e que serviu de comparação para outras duas faixas utilizadas: a Gap Graded, da BR Distribuidora e a do Caltrans – California Transportation. Na tabela 06 seguir são apresentadas as granulometrias utilizadas.

Tabela 06 - Distribuição granulométrica dos agregados para as composições desta pesquisa.

Faixa C DNER		Faixa Gap Graded BR DISTRIBUIDORA		Faixa Gap Graded CALTRANS	
Abertura da peneira (mm)	Passante	Abertura da peneira	Passante	Abertura da peneira	Passante
-	-	19,1	100	19,1	100
19,1	100	12,7	92,5	12,7	85
12,7	92,5	9,5	87,4	9,5	67,5
9,5	87,5	4,75	40,9	4,75	35
4,8	67,5	2,4	20,3	2,4	20
2	52,5	0,6	11,3	0,6	10
0,42	27,5	0,3	8,4	0,3	8,5
0,18	19	0,15	6,3	0,15	6,5
0,074	7,5	0,075	4,7	0,075	4,5
Fundo	0	Fundo	0	Fundo	0

Fonte: O Autor (2016).

Na tabela 07 estão os resultados dos ensaios de caracterização realizados nos agregados utilizados neste trabalho. Todos os ensaios descritos foram realizados nas dependências do LMS da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

Tabela 07 - Resultados os ensaios de densidade aparente e densidade real dos agregados utilizados na pesquisa.

Agregado	Massa específica real (g/cm ³)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Absorção (%)
Graúdo	3,019	2,928	1,0
Intermediário	3,019	2,928	1,0
Fino	2,960	2,960	

Fonte: O Autor (2016).

Na tabela 06 são apresentadas as composições granulométricas. Nela, foi possível notar que as misturas do tipo GAP GRADED apresentaram uma malha de peneiras diferenciada, apresentando uma maior quantidade de material graúdo, porém com a quantidade necessária de material miúdo e fino para que tornasse a mistura estável, com volume de vazios baixo, porém com distribuição aberta.

3.2. DOS LIGANTES

Quanto a caracterização dos ligantes, os parâmetros da tabela 08 foram obtidos dos laudos de inspeção fornecidos pelas empresas fabricantes e tem como objetivo

apresentar as características do ligante CAP 50/70, empregado na mistura da composição granulometria da Faixa C do DNER, como sendo a faixa de referência, e as do ligante TYREFLEX AB8, com adição de borracha reciclada, utilizado nas misturas das composições granulometrias apresentadas pela BR Distribuidora e pelo Caltrans.

Tabela 08 - Ensaio de caracterização do ligante.

CARACTERIZAÇÃO	CAP 50/70	TYREFLEX AB8
Ponto de amolecimento [°C]	46	58,7
Penetração, 100g, 5 s, 25 °C [0,1 mm]	50-70	43
Recuperação Elástica, 20cm, 25 °C [%]		59
Viscosidade Brookfield 175 °C [cP]	57-285	1140
Ponto de fugor [°C]	235	280
Massa específica a 25 °C [kg/m ³]	1,03	1,026

Fonte: O Autor (2016).

3.3. DOSAGEM DAS MISTURAS ASFÁLTICAS.

Para a realização dos ensaios descritos na tabela 09, moldou-se cinco corpos de prova com base no teor ótimo de ligante obtido através do ensaio Marshall já descrito no item 2.4. Assim, na tabela 09, constam os teores ótimos de ligantes de cada composição granulométrica bem como outros parâmetros obtidos através do Ensaio Marshall.

Tabela 09 - Caracterização em função do teor de betume das composições granulométricas.

	Faixa C DNER	Faixa Gap Graded BR DISTRIBUIDORA	Faixa Gap Graded CALTRANS
Teor ótimo de betume (%)	5,7	6,8	5,2
Volume de Vazios (%)	4	5,7	5,2
Relação Betume/vazios (%)	78	74	73,2
D. M. Teórica (g/cm ³)	2,67	2,62	2,73

Fonte: O Autor (2016).

3.4. RESISTÊNCIA à TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL.

Dispondo os corpos de prova na prensa utilizada para os ensaios Marshall foi possível obter a média da carga de ruptura dos 3 (três) corpos de prova de cada teor ensaiados. Conforme a norma do DNIT 136/2010, para a obtenção da resistência à

tração dos corpos de prova foi necessário aplicar os dados na formula constante na mesma.

Os resultados estão dispostos na tabela 10.

Tabela 10 – Resistência à tração.

Faixa C DNER	Faixa Gap Graded BR DISTRIBUIDORA	Faixa Gap Graded CALTRANS
16,52 Kgf/cm ²	7,60 Kgf/cm ²	8,21 Kgf/cm ²

Fonte: O Autor (2016).

3.5. DESGASTE POR ABRASÃO CÂNTABRO.

Considerando que o ensaio consistiu em determinar a resistência a desagregação dos corpos de prova, e com base nos resultados apresentados na tabela 11 foi possível salientar que a mistura que apresentou o maior desgaste foi a mistura de referência – Faixa C do DNER.

Tabela 11 - Desgaste por abrasão Cântabro.

Faixa C DNER	Faixa Gap Graded BR DISTRIBUIDORA	Faixa Gap Graded CALTRANS
9%	4%	7%

Fonte: O Autor (2016).

3.6. MANCHA DE AREIA.

Utilizando o método da mancha de areia para a determinação da macrotextura superficial dos corpos de prova, é possível obter um parâmetro associado ao Manual de Recuperação de Pavimentos Asfálticos – DNIT que relacionou o resultado encontrado com a resistência a derrapagem dos veículos. Na tabela 12 estão apresentados os valores da macrotextura superficial em milímetros bem como a sua classificação.

Tabela 12 - Classificação da macrotextura superficial.

Faixa C DNER	Faixa Gap Graded BR DISTRIBUIDORA	Faixa Gap Graded CALTRANS
0,38mm	0,91mm	0,79mm
Fina ou Fechada	Grosseira ou Aberta	Grosseira ou Aberta

Fonte: O Autor (2016).

3.7. DRENABILIDADE.

No ensaio de drenabilidade, para os 3 (três) corpos de prova de cada teor, foram medidos 4 (quatro) tempos para a drenagem de 1 (um) litro de água, obtendo-se a média, como demonstrado na tabela 13.

Tabela 13 - Ensaio de drenabilidade.

Faixa C DNER	Faixa Gap Graded BR DISTRIBUIDORA	Faixa Gap Graded CALTRANS
0,28 cm/s	2,62 cm/s	2,81 cm/s

Fonte: O Autor (2016).

4. CONCLUSÕES

- Observou-se que as composições granulométricas tipo abertas, melhoram a macrotextura superficial permitindo uma melhor drenagem superficial e de drenabilidade;
- Que estas características melhoram o contato entre pneu e o pavimento;
- Que a mistura tida como referência, não satisfaz as características acima mencionadas;
- Que a mistura de referência, pelos resultados, é a que menor segurança oferece em dias de chuva;
- Observou-se que há uma diferença muito grande, quanto a superfície de rolagem, em que as de granulometria aberta oferecem maior resistência à derrapagem;
- Que por possuírem uma maior drenabilidade, as composições abertas são mais seguras, o que favorece a frenagem, oferecendo maior segurança.
- Que misturas mais abertas evitam o spray e a aquaplanagem;

- Quanto a resistência e a durabilidade das misturas asfálticas, apesar das misturas do tipo Gap Graded, não terem apresentado um resultado tão satisfatório, quanto ao ensaio de tração por compressão diametral em relação a mistura de referência, contudo, quando os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de desgaste por abrasão Cântabro, quando mediu-se a resistência à desagregação dos componentes granulares, as composições com ligante borracha apresentaram um melhor desempenho, podendo ser um fator importante na deterioração precoce nas vias no sul do Brasil.
- Que pelo ensaio do desgaste Cântabro, sobressaiu que o ligante modificado com borracha, apresentou o melhor resultado, nas misturas utilizadas;
- Que, face ao melhor desempenho ao desgaste, essas misturas, quando submetidos aos esforços durante a vida útil, terão, com certeza, um melhor desempenho;
- Conseqüentemente, a desagregação superficial será retardada;
- Que a faixa granulométrica Caltrans, apesar do menor teor de betume, apresentou a maior velocidade de drenagem, ficando em segundo lugar a BR Distribuidora, a menor foi a da faixa utilizada como referência.

Sugestões de trabalhos posteriores:

- a) Analisar um comparativo entre os parâmetros de resistência e desagregação de misturas do tipo Gap Graded com ligante CAP 50/70 e com o ligante com adição de borracha.
- b) Medir o tempo necessário para que houvesse a percolação da camada de revestimento, que não viesse afetar a capacidade de impermeabilizar as camadas subjacentes à via ao empregar-se as misturas do tipo Gap Graded.
- c) Realizar o ensaio de deformação permanente por trilha de roda para certificar a presença ou ausência de afundamento por fluência e sua relação com a composição granulométrica.

5. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique**. ASMT E 965:2015.

_____. **Pavement Texture Drainage Using an Outflow Meter**. ASTM E 2380/E2380:2015/2015.

BERNUCCI, L. B. Et al. Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, 2006, 504p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Misturas betuminosas usinadas a quente - ensaio Marshall.** DNER-ME 043/95. 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio.** DNIT 136/2010 – ME. 2010.

_____. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** Publicação IPR – 720. 2006.

NETO, Silvrano A. D. FARIAS, Márcio M. PAIS, Jorge C. Comportamento mecânico de misturas asfálticas de graduação descontínua (Gap Graded). Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP. 2006.

STATE OF CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Asphalt Rubber Usage Guide.** California, 2003.

THIVES, Liseane P. Et al. Influência do tipo de asfalto base no desempenho mecânico de misturas com asfalto borracha. XVI Congresso Ibero - Latinoamericano de Asfalto. 2011.

VIEIRA, Tiago. Et al. Avaliação da macrotextura média de superfícies de pavimentos: comparação entre as técnicas com drenômetro e com mancha de areia. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. 2013.