



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANALIZA CRISTINA FAGUNDES LEITE**  
**CAMILLA CRISTINA ARAUJO FERREIRA DA LUZ**

**PRODUÇÃO E EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO COM**  
**APLICAÇÃO DE GEOGRELHA- ESTUDO DE CASO BR 101**

Recife  
2018

ANALIZA CRISTINA FAGUNDES LEITE  
CAMILLA CRISTINA ARAUJO FERREIRA DA LUZ

**PRODUÇÃO E EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO COM  
APLICAÇÃO DE GEOGRELHA – ESTUDO DE CASO BR101**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estradas

Orientador: Prof. Maurício Renato Pina Moreira.

Recife

2018

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

L533p Leite, Analiza Cristina Fagundes  
Produção e execução do revestimento asfáltico com aplicação de geogrelha - estudo de caso BR 101 / Analiza Cristina Fagundes Leite, Camilla Cristina Araújo Ferreira da Luz. – 2018.  
66 folhas, il., tabs.

Orientador: Prof. Maurício Renato Pina Moreira

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Departamento de Engenharia Civil, 2018.  
Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Pavimentos flexível. 3. Geogrelha. 4. BR-101.  
5. Construtora Andrade Guedes. I. Luz, Camilla Cristina Araújo Ferreira da. II. Moreira, Maurício Renato Pina (Orientador). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-71



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA  
CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL**

**CANDIDATO(S):** 1 – ANALIZA CRISTINA FAGUNDES LEITE  
2 – CAMILLA CRISTINA ARAUJO FERREIRA DA LUZ

**BANCA EXAMINADORA:**

**Orientador:** PROF. MAURICIO RENATO PINA MOREIRA

**Examinador 1:** PROF WASHINGTON MOURA DE AMORIM JÚNIOR

**Examinador 2:** ME. NATÁLIA ALEXANDRE DE HOLANDA CAVALCANTI

**TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: PRODUÇÃO E  
EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO COM APLICAÇÃO DE  
GEOGRELHA- ESTUDO DE CASO BR 101**

**LOCAL:** RECIFE

**DATA:** 08/02/2018 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 09:00.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: 9,0 (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

**1) ( X ) aprovado(s) (nota  $\geq 7,0$ ),** pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **3,0  $\leq$  nota  $<$  7,0**, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

**2) ( ) reprovado(s). (nota  $<$ 3,0)**

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 08 de Fevereiro de 2018

Orientador: .....

Avaliador 1: .....

Avaliador 2: .....

Candidato 1: .....

Candidato 2: .....

## RESUMO

Este estudo reúne conceitos sobre a produção e aplicação de asfalto na requalificação do trecho de 30,7 quilômetros entre Paulista e Jabotão dos Guararapes da BR 101 nossa análise se concentrará no primeiro trecho entre o quilometro 51,6 ao 52,6 da BR-101Norte. A obra seguirá em direção ao quilômetro 51,6, na qual será efetuada a restauração das alças de acesso ao Centro de Observação e Triagem Professor Everardo Luna (Cotel). Também serão recuperadas as marginais de acesso ao viaduto Dipper, a Paratibe, à Estrada do Pica-Pau e ao bairro de Jardim Paulista. A rodovia receberá intervenção em todo o seu pavimento, com reforço nas camadas asfálticas e de suporte, além da melhoria em sua estrutura de drenagem. Os serviços contemplam ainda a selagem de placas existentes, a recuperação do acostamento e de vias marginais, a adequação e a recuperação de alças viárias e a restauração de trecho na Avenida Recife. O serviço está sendo executado por meio de parceria entre o Dnit e Departamento de Estrada de Rodagem (DER) e será executado por meio do Consórcio Andrade Guedes/Step Engenharia. Foram analisados conceitos básicos de revestimentos asfálticos, seus diferentes tipos, diferenças de características, armazenamento, produção, controle tecnológico e aplicação na mistura asfáltica. Foi realizado levantamento bibliográfico a respeito do asfalto convencional (CAP), tendo em vista suas características mecânicas, custo-benefício, segurança e durabilidade. Também foi realizado estudo de caso com a aplicação de Geogrelha na execução.

Palavras-chave: Pavimento flexível. Geogrelha. BR101. Construtora Andrade Guedes.

## **ABSTRACT**

This study brings together concepts on the production and application of asphalt in the requalification of the 30.7 mile stretch between Paulista and Jaboaão dos Guararapes of BR 101. Our analysis will concentrate not the first stretch between the 51.6 to 52.6 kilometer of BR-101Norte . A work will follow towards kilometer 51.6, in which the restoration of the access units to the Center of Observation and Triage Professor Everardo Luna (Cotel) is carried out. They are also recovered as marginal access to the Dipper viaduct, Paratibe, Pica-Pau Road and Jardim Paulista District. The highway will receive its intervention throughout its pavement, with reinforcement in the asphalt and support layers, as well as the best in its drainage structure. The services also include a sealing of existing plates, a recovery of accidents and marginal roads, a suitability and a recovery of food and a restoration of stretch in Avenida Recife. The service is being executed through a partnership between the Department of Breakdown Structure (DER) and is executed by the Andrade Guedes / Step Engenharia Consortium. The basic concepts of asphalt coatings, their different types, differences in characteristics, storage, production, technological control and application in the asphalt mix were analyzed. A bibliographic survey was carried out regarding conventional asphalt (CAP), considering its mechanical characteristics, cost-benefit, safety and durability. The case study was also carried out with a Geogrid application in the execution.

Keywords: Flexible pavement. Geogrid. BR101. Construtora Andrade Guedes.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seção transversal de pavimento flexível.....	14
Figura 2 – Curva de distribuição granulométrica de uma mistura asfáltica.....	19
Figura 3 – Peneiras padronizadas.....	19
Figura 4 – Mapa situação do trecho estudado.....	30
Figura 5 – Definição dos defeitos dos pavimentos por trecho.....	22
Figura 6 – Usina de Asfalto Contrafluxo Ciber UACF Série iNOVA – 1200 P1 móvel.....	25
Figura 7 – Carregamento dos silos de agregados com a Pá Carregadeira.....	34
Figura 8 – Lançamento do asfalto em caminhão basculante.....	35
Figura 9 – Compactação Marshall – Detalhe da execução dos 75 golpes com soquete.....	37
Figura 10 – Prensa Marshall – Detalhe da leitura da estabilidade Marshall.....	38
Figura 11 – Densidade aparente – Detalhe da pesagem da amostra submersa.....	38
Figura 12 – Caminhão espargidor com operador aplicando RR-1C no trecho.....	41
Figura 13 – Vibro acabadora Ciber AF 4500.....	42
Figura 14 – Funcionário controlando a espessura do revestimento com gabarito.....	42
Figura 15 – Espessura de pré-compactação.....	43
Figura 16 – Rasteleiros realizando emendas durante a pavimentação.....	34
Figura 17 – Aplicação de geogrelha.....	44
Figura 18 – Execução da camada de CBUQ faixa B e espessura 6,0 cm.....	35
Figura 19 – Rolo compactador de Pneus de Borracha.....	36
Figura 20 – AMP devidamente compactado.....	36
Figura 21 – Ensaio de penetração a 25° C.....	38
Figura 22 – Ensaio de Ponto de Fulgor.....	40
Figura 23 – Aparelho Anel e Bola.....	42
Figura 24 – Ensaio de Recuperação e Andamento.....	42
Figura 25 – Extração de material com broca rotativa.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de Geossintéticos. .... 15

Tabela 2 – Ensaio Marshal..... **Erro! Indicador não definido.**

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado À Quente

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DER – Departamento de Estradas de Rodagem

NBR – Norma Brasileira

CPA – Camada Porosa de Atrito

CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo

ME – Método de Ensaio

EM – Especificação de Material

EAP – Emulsão Asfáltica de Petróleo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	11
2.1	Objetivo Geral .....	11
2.2	Objetivos Específicos.....	11
2.3	Histórico da Pavimentação.....	12
<b>3</b>	<b>PAVIMENTO RODOVIÁRIO</b> .....	13
<b>4</b>	<b>TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS</b> .....	15
<b>5</b>	<b>MATERIAIS QUE COMPÕEM O PAVIMENTO ASFÁLTICO</b> .....	16
5.1	Cimento Asfáltico de Petróleo .....	16
5.2	Agregados para Pavimentação .....	17
<b>6</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DA GEOGRELHA</b> .....	24
<b>7</b>	<b>NORMA VIGENTE</b> .....	27
<b>8</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	30
8.1	Contexto da Obra.....	30
8.2	Metodologia escolhida.....	31
8.3	Produção do Revestimento Asfáltico .....	33
<b>9</b>	<b>ESTUDO DO TRAÇO A SER EXECUTADO</b> .....	36
<b>10</b>	<b>EXECUÇÃO DO PAVIMENTO</b> .....	39
<b>11</b>	<b>CONTROLES TECNOLÓGICOS</b> .....	46
<b>12</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	55
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	56
	<b>ANEXOS</b> .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

A engenharia rodoviária é uma das mais antigas artes conhecidas pela humanidade. As principais estradas construídas pelo homem foram feitas em regiões montanhosas ou florestas densas, locais em que haviam empecilhos ao tráfego, e aos longos dos anos novas técnicas foram surgindo e a engenharia em processo evolutivo, veio evoluindo novas técnicas em estradas, vicinais e ruas, melhorando cada vez mais a locomoção nos transportes rodoviários.

O pavimento é uma estrutura constituída de camadas superpostas de espessuras finitas, assentadas sobre uma infraestrutura ou terreno de fundação.

O pavimento mais utilizado nas rodovias brasileiras é o pavimento flexível, o qual possui deformações elásticas nas suas camadas. Essas camadas inferiores podem ser subleito, reforço do subleito, base, sub-base e revestimento.

A camada do pavimento é a camada que recebe a ação do tráfego e todas as tensões, como também, a ação do clima. Essa camada pode ser de forma impermeável, com a aplicação do CBUQ, como também, pode ser de forma permeável, que é a execução de um pavimento permeável sustentável ou a execução de CPA (Camada Porosa de Atrito).

Como o asfalto tem poder aglutinante e impermeabilizante, vedando a passagem de água e materiais indesejáveis na estrutura, o CBUQ é uma mistura a quente altamente impermeável.

As misturas betuminosas com asfalto convencional não vêm tendo uma performance desejável na maior parte, com isso, na tentativa de melhorar as propriedades dos asfaltos, alguns tipos de modificadores têm sido estudados. Dentre eles estão os aditivos, os polímeros os reagentes químicos e a utilização de geogrelhas, onde se encontra a base do nosso estudo de caso. O uso das geogrelhas tem se mostrado como uma boa técnica para aumento da resistência à flexão em base de pavimentos e consequente redução de patologias na camada de rolamento. A geogrelha para pavimentação também é reconhecida pela sua eficiência no controle de reflexão das fissuras em recapeamento asfáltico. Essas técnicas podem ser usadas em pavimentos diversos como de vias urbanas, pátios de estacionamento, aeroportuários, rodoviários, entre outros.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Analisar a execução, os controles tecnológicos e a usinagem de um revestimento asfáltico utilizando geogrelha na rodovia BR-101/PE entre os Km 51,6 e Km 52,6.

### 2.2 Objetivos Específicos

Descrever o processo de usinagem do CBUQ;

Descrever os métodos de controles de temperaturas e tecnológicos;

Descrever a metodologia de execução do revestimento asfáltico em questão;

Estabelecer as diferenças entre o CBUQ convencional e o mesmo com a utilização da geogrelha.

### 2.3 Histórico da Pavimentação

Desde a antiguidade a engenharia vem evoluindo nas construções de estradas pavimentadas tem sido indispensável para o desenvolvimento da humanidade e a pavimentação surge como uma forma eficaz para conservação dessas estradas. Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passado pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento (BERNUCCI et al.,2006).

Segundo Balbo (2007) desde antiguidade, o homem, a fim de obter melhor acesso as áreas cultivadas, as fontes de madeira, rochas e minerais, além da expansão de fronteiras, criou o que hoje é chamado de estrada e provavelmente o relato mais antigo sobre essa ferramenta fundamental é proveniente da China. Posteriormente, os romanos vieram aperfeiçoar as estradas acrescentando pavimentos e drenagem tornando-as mais duradouras.

Conforme a NBR-7207/82 da ABNT, define pavimento como uma estrutura que é técnica e economicamente construído para resistir aos desgastes tanto verticais como horizontais, tornando a superfície do pavimento mais durável, melhorar as condições de rolamento quando se refere ao conforto e segurança.

Por fim DER/SP (2006) define pavimento como: Estrutura constituída por diversas camadas superpostas, de materiais diferentes, construída sobre o subleito, destinada a resistir e distribuir ao subleito simultaneamente esforços horizontais e verticais, bem como melhorar as condições de segurança e conforto ao usuário.

Segundo Balbo (2007) por volta do século XVIII, por iniciativa do governador da capitania de São Paulo foi construída a primeira estrada pavimentada no Brasil. A primeira obra de pavimentação do país que levava em conta os preceitos da engenharia denominava-se. A calçada de Lorena e ligava o Planalto Paulista ao Porto de Santos, a mesma foi construída usando a antiga técnica romana que recebia o nome de “pavimentum”.

### 3 PAVIMENTO RODOVIÁRIO

É uma estrutura construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplenagem com a função principal de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser conseguidos sob o ponto de vista da engenharia, isto é, com a máxima qualidade e o mínimo custo. (SOUZA, 1980; SANTANA, 1993a)

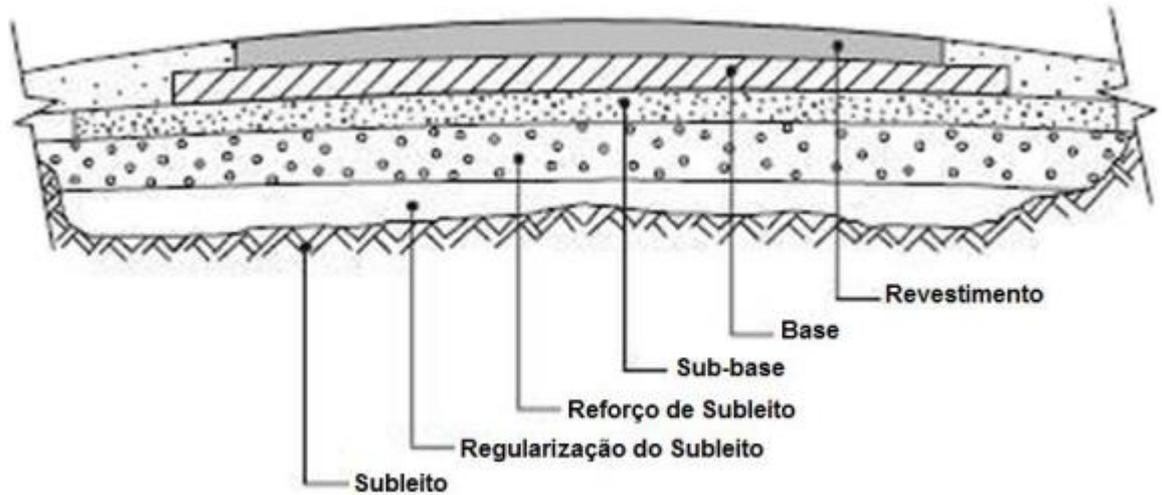
Essa estrutura que se constrói sobre as camadas de fundação e pode variar, quer no que se refere à espessura quer no que se refere aos materiais utilizados, em relação não só com as solicitações, como também com a própria função que a estrada está exercendo, ou deverá exercer.

Segundo a NBR-7207/82 da ABNT, o pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, a melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança, diluir a tensão vertical aplicada para que as camadas inferiores recebam uma parcela muito inferior desta tensão e resistir aos esforços horizontais que nela atuando, tornando mais durável a superfície de rolamento.

O revestimento asfáltico na composição de pavimentos flexíveis é uma das soluções mais tradicionais e utilizadas na construção e recuperação de vias urbanas, vicinais e de rodovias. Conforme dados da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (Abeda), mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico.

A capacidade de suporte do sistema de pavimentação é estabelecida em função das características de distribuição de cargas por um sistema de camadas superpostas onde as de melhor qualidade encontram-se mais próximas da carga aplicada e que é formada por quatro camadas principais: revestimento de base asfáltica, base, sub-base e reforço do subleito (conforme figura 1). De acordo com a intensidade e do tipo de tráfego, do solo existente e da vida útil do projeto, o revestimento pode ser composto por uma camada de rolamento, com traço composto de materiais mais “finos”, tornando mais confortável o tráfego, e camadas intermediárias ou de ligação, composto de materiais mais “grossos” com maior aderência para receber outra camada de pavimento. Mas nos casos mais comuns, utiliza-se uma única camada de mistura asfáltica como revestimento.

**Figura 1 – Seção transversal de pavimento flexível.**



Fonte: Manual de Pavimentação do DNIT (2006).

O asfalto pode ser produzido em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado na própria pista (em casos de tratamentos superficiais, onde ocorre aplicação de uma ou mais camadas de agregados e de emulsão asfáltica). Além da forma de produção, os revestimentos também podem ser classificados quanto ao tipo de ligante utilizado: a quente com o uso de concreto asfáltico, o chamado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ou a frio com o uso de emulsão asfáltica (EAP).

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente é o mais empregado no Brasil. Trata-se do produto da mistura de agregados de vários tamanhos, esses dependem do traço a ser aplicado e cimento asfáltico, ambos aquecidos em temperaturas previamente escolhidas, em função da característica viscosidade-temperatura do ligante.

Mais econômicas, as misturas asfálticas usinadas a frio são indicadas para revestimento de ruas e estradas de baixo volume de tráfego, ou ainda como camada intermediária (com concreto asfáltico superposto) e em operações de conservação e manutenção. Neste caso, as soluções podem ser pré-misturadas e devem receber tratamentos superficiais posteriores.

#### 4 TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

As misturas asfálticas a quente podem ser subdivididas pela graduação dos agregados e fíller (material de enchimento). Segundo o manual "Pavimentação Asfáltica - Formação Básica para Engenheiros", editado pela Petrobras e pela Abeda, os três tipos mais usuais nas misturas a quente são os listados a seguir. Todos eles podem ser empregados como revestimento de pavimentos de qualquer volume de tráfego, desde o muito baixo até o muito elevado.

Concreto asfáltico de graduação densa: possui curva granulométrica contínua e bem-graduada de forma que proporciona uma mistura com pouco volume de vazios. Os concretos asfálticos densos são as misturas asfálticas usinadas a quente mais utilizadas como revestimentos asfálticos nas rodovias no Brasil. Suas propriedades, são muito sensíveis à variação do teor de ligante asfáltico. Em excesso ou em falta, o ligante pode gerar vários problemas de deformação permanente e de perda de resistência.

Mistura de graduação aberta: tem curva granulométrica uniforme com agregados quase que de um mesmo tamanho. Diferentemente do concreto asfáltico, mantém um grande percentual de volume de vazios com ar não preenchidos graças às pequenas quantidades de fíller, de agregado miúdo e de ligante asfáltico. Isso faz com que esse revestimento seja drenante, possibilitando a percolação de água no interior da mistura asfáltica. O tipo de mistura que se enquadra nessa categoria é a camada porosa de atrito (CPA) que é comumente empregada como camada de rolamento quando se quer aumentar a aderência pneu-pavimento sob a chuva.

Mistura de graduação descontínua: os revestimentos desse tipo têm grande proporção de agregados graúdos, cerca de 70% ou mais, completados por certa quantidade de finos. O resultado é um material mais resistente à deformação permanente com o maior número de contatos entre os agregados graúdos. Enquadra-se nessa categoria o Stone Matrix Asphalt (SMA), caracterizado pela macro textura superficialmente rugosa e pela eficiente drenagem superficial.

Todos esses tipos de misturas asfálticas a quente são utilizados como revestimento de pavimentos de qualquer volume de tráfego, sendo que os tipos especiais, SMA e CPA, sempre

são colocados sobre outra camada preexistente de concreto asfáltico ou de concreto de cimento Portland.

Quando a espessura de projeto de revestimento for maior que 7 cm é comum fazer uma subdivisão em duas camadas para fins de execução; a superior que fica em contato com os pneus dos veículos é chamada de camada de rolamento ou simplesmente de “capa” e tem um volume de vazios bastante restritos, para garantir a impermeabilidade e o conforto do tráfego; a camada inferior se refere como camada de ligação, denominada de binder, e pode ser projetada com um índice de vazios um pouco maior, com a finalidade de diminuir o teor de ligante e diminuir o custo da massa asfáltica. Esse procedimento também modificará as características mecânicas e de flexibilidade da mistura, o que deve ser levado em conta no dimensionamento do pavimento.

## **5 MATERIAIS QUE COMPÕEM O PAVIMENTO ASFÁLTICO**

### **5.3 Cimento Asfáltico de Petróleo**

O CAP é um Tipo de ligante asfáltico resultante do refino obtido pelo processo de destilação do petróleo destinado a pavimentação, com capacidade de aglomerar-se a uma fração elevada de materiais termossensíveis, conferindo-lhes coesão e resistência, apresentando-se como um líquido viscoso, semissólido que deve ser usado aquecido. Dentre suas características, destaca-se:

- \*Cor marrom escura a preta;
- \*Impermeabilidade à água;
- \*Viscoelasticidade;
- \*Propriedades adesivas; e
- \*Pouco reativo;

Além do aquecimento, deve se observar em sua utilização a ausência de água, tratá-lo de forma homogênea em suas características, bem como, conhecer a curva viscosidade-temperatura.

No entanto, deve-se observar como única restrição, a não elevação da temperatura ultrapassando os 177 °C, e assim, evitar possível craqueamento térmico do ligante. Bem como, a não aplicação em dias chuvosos, cuja temperatura seja inferior a 10 °C e sobre superfícies molhadas.

O desempenho funcional apresenta-se da seguinte forma:

- Aglutinadora - Torna oportuna uma maior ligação entre agregados, suportando sem alteração à ação mecânica de desagregação produzida pelas cargas dos veículos;
- Impermeabilizadora - Garante ao revestimento vedação eficaz contra penetração da água proveniente da precipitação de chuvas;
- Flexibilidade - Permite ao revestimento sua acomodação sem fissuramento a eventuais recalques das camadas subjacentes do pavimento.

#### 5.4 Agregados para Pavimentação

nchimento (filler): material que passa pelo menos 65% na peneira N° 200 (0,075 mm).

As considerações aplicáveis em uma Pavimentação Asfáltica, além da comprovação da qualidade do material por intermédio dos ensaios atestadores de suas características, bem como, a viabilidade econômica e a capacidade de resistir às cargas que o pavimento irá receber, deve-se considerar as seguintes características: Segundo a semântica aplicada pela ABNT NBR 9935/2005, definindo como agregado, um material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, e dimensões e propriedades adequadas para a produção de argamassas e de concreto.

O Estado de Rigidez apresentado no interior e na superfície do pavimento, influencia na escolha do Agregado a ser utilizado, pois este, necessita apresentar propriedades que permitam a suportar todas as tensões.

Assim, de maneira prévia, é de suma importância submetê-lo a ensaios laboratoriais, de modo a verificar o desempenho das partículas no momento em que são produzidos,

mantendo-as unidas, observando a atuação comportamental no pavimento posterior ao serviço realizado.

Porém, devido à abundância desse item para uso em revestimento asfáltico, cada utilização em particular, necessita de características específicas, o que por vezes impossibilita a utilização de alguns tipos de agregados.

Ressalta-se ainda, que a correspondência destes nas misturas asfálticas, proporcionalmente em Volume e peso, é de aproximadamente 77% e 94% respectivamente.

Originariamente os agregados apresentam-se conforme a seguir:

- a) Naturais (seixo rolado, areia de rio, areia de campo, etc.);
- b) Processados (britagem de rocha ou seixo rolado);
- c) Sintéticos ou Artificiais (escória de alto forno e argila expandida); e

d) Revestimento Fresado (reaproveitamento de materiais de revestimentos destruídos ou recuperados). Vale lembrar que, este último tem se tornado uma fonte importante, pois minimiza o prejuízo ambiental, ocasionado por este tipo de resíduo.

Referenciando-se ao tamanho, este se relaciona com a combinação das partículas conforme a seguir:

Agregado graúdo- material que passa na peneira com abertura de 2" (50,8 mm) e fica retido na peneira Nº 10 (2,0 mm);

Agregado miúdo: material que passa na peneira Nº 10 (2,0 mm) e fica retido na peneira Nº 200 (0,075 mm); e

Agregado de enchimento ou material de e

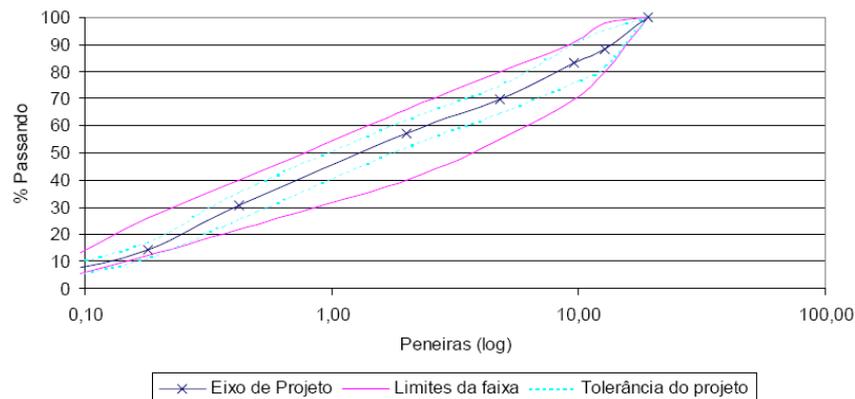
- Granulometria (agregados graúdo e miúdo)
- Índice de Forma (agregado graúdo)
- Absorção de água (porosidade) (agregado graúdo)
- Resistência ao choque e ao desgaste – abrasão Los Angeles (agregado graúdo)
- Durabilidade (sanidade) (agregado graúdo)

- Limpeza (equivalente de areia) (agregado miúdo)
- Adesividade aos produtos asfálticos (agregados graúdo e miúdo)
- Massa específica aparente (agregados graúdo e miúdo)
- Densidade real e aparente do grão (agregados graúdo e miúdo)

O ensaio de granulometria determina a distribuição em percentual de todos os tamanhos de grãos do agregado. É representada pela curva de distribuição granulométrica (porcentagem de material passando na peneira utilizada  $\times$  log do diâmetro da abertura da peneira).

A granulometria afeta quase todas as propriedades importantes de uma mistura asfáltica, dentre elas: rigidez, estabilidade, durabilidade, permeabilidade, trabalhabilidade, resistência à fadiga, resistência à fricção e resistência a danos por umidade. Um exemplo de curva de distribuição granulométrica é apresentado na figura 2.

**Figura 2 – Curva de distribuição granulométrica de uma mistura asfáltica.**



Fonte: Manual de pavimentação asfáltica, formação básica para engenheiros.

Para a realização deste ensaio, a amostra é seca em estufa, e posteriormente pesada e passada em uma série de peneiras padronizadas como mostra a figura 3. Os agregados podem ser peneirados manualmente ou com a utilização de um peneirador mecânico. A distribuição dos diferentes tamanhos dos grãos é calculada através da comparação entre o material retido em cada peneira e o total da amostra ensaiada.

**Figura 3 – Peneiras padronizadas**



Fonte – Acervo pessoal

Teoricamente, pareceria razoável que a melhor graduação para os agregados nas misturas asfálticas fosse aquela que fornecesse a graduação mais densa. A graduação com maior densidade acarreta numa superior estabilidade através de um maior contato entre as partículas e reduzidos vazios no agregado mineral.

Porém, é necessária a existência de um espaço (vazios) tal que permita um volume suficiente de ligante ser incorporado. Isto garante durabilidade e ainda permite algum volume de vazios na mistura para evitar exsudação.

Quanto à forma e textura, fazemos o ensaio de cubicidade para medir a forma do grão nos agregados graúdos, depois de realizada a análise granulométrica do material, os agregados passam por crivos redutores de aberturas diferentes e o material retido em cada crivo é pesado. Para cada fração que compõe a graduação determinam-se, em relação a seu peso inicial, as percentagens retidas em cada crivo redutor.

O resultado do ensaio possui grande influência sobre a estabilidade da mistura asfáltica, pois os agregados lamelares são facilmente quebrados pela ação do tráfego, dando origem à formação acelerada de “panelas” na pista da rodovia. Prefere-se utilizar agregados de textura rugosa e arestas vivas (cúbicas), pois os mesmos tendem a desenvolver mais atrito interno e melhor adesividade. Um bom agregado é livre de partículas muito alongadas, lamelares, achatadas e arredondadas.

- Resistência ao Choque e ao Desgaste – Abrasão Los Angeles (ME 035/94)

Esta é uma propriedade relacionada apenas ao agregado graúdo que deve resistir ao choque e ao desgaste por atrito entre as partículas. Esta resistência é avaliada pelo ensaio de abrasão “Los Angeles”. Neste ensaio, a amostra é pesada e colocada dentro do tambor da máquina Los Angeles juntamente com a carga abrasiva. A carga abrasiva é diretamente proporcional ao número de esferas de aço que são colocadas junto com a amostra dentro da máquina Los Angeles e é função da graduação da amostra. O tambor da máquina realiza 500 revoluções a uma velocidade de 30 a 33 rpm. O material retirado do tambor é passado na peneira de 1,7 mm e o peso dos grãos nela retidos são anotados.

A dureza de um determinado agregado é função do tipo de rocha da qual o agregado é proveniente. O agregado deve possuir dureza suficiente para resistir à degradação provocada pelos equipamentos de compactação, durante a construção do pavimento, e pela ação do tráfego e clima da região, durante a sua vida útil.

- Durabilidade (Sanidade) (DNER - ME 089/94)

Este ensaio avalia a durabilidade dos agregados à desintegração química. No ensaio, o agregado é imerso em uma solução padronizada de sulfato de sódio ( $\text{SO}_4\text{Na}_2$ ) ou de magnésio ( $\text{SO}_4\text{Mg}_2$ ) por um período de 16 a 18 horas a  $21\text{ }^\circ\text{C}$  ( $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ ). Após o período de imersão a amostra é retirada da solução e colocada para secar a uma temperatura entre  $105\text{ }^\circ\text{C}$  e  $110\text{ }^\circ\text{C}$ . Depois da secagem a amostra é esfriada até a temperatura ambiente. O processo de imersão e secagem constitui um ciclo, que deve ser repetido até que o número desejado seja completado (5 ciclos em geral).

Os resultados deste ensaio são decorrentes de exames quantitativos e qualitativos, tais como:

a) Porcentagem em peso de cada fração da amostra que, após o ensaio, passa através da peneira na qual a fração foi originalmente retida;

b) Média ponderada calculada em função da porcentagem de perda de cada fração e com base na granulometria da amostra ou, de preferência, na granulometria da porção do material da qual a amostra é representativa. O resultado é dado como perda em peso, que deve ser menor ou igual a 12%;

c) Número de partículas maiores de 19 mm do ensaio, após; o ensaio quantas foram afetadas e como foram (desintegração, fendilhamento, esmagamento, quebra, laminagem, etc.).

- Limpeza (Equivalente de Areia) (ME 054/94)

Os agregados devem encontrar-se livres de materiais como argila, matéria orgânica, pó, silte, etc., pois, em contato com estes, a adesão com o ligante fica prejudicada. Os materiais plásticos, também, provocam retração e inchamento, fenômenos indesejáveis. A limpeza de um agregado é determinada através do ensaio de equivalente de areia, que verifica a presença de material plástico no agregado. Neste ensaio, o agregado passando na peneira N° 4 é colocado, juntamente com uma solução de trabalho (diluição de 125 ml da solução concentrada em água destilada), em uma proveta graduada. A proveta é agitada por 30 segundos e colocada para descansar durante 20 minutos. Determina-se o nível superior das suspensões argilosa (h1) e da areia (h2). A altura h1 do floculado é lida com uma régua graduada, enquanto a altura h2 do material depositado é obtida com um pistão padronizado introduzido na proveta.

O equivalente de areia deve ser superior ou igual a 55% para que o agregado miúdo possa ser utilizado em misturas betuminosas.

- Adesividade aos Produtos Asfálticos (ME 078/94 E ME 079/94)

Esta propriedade é importante para que não haja deslocamento da película betuminosa pela ação da água. Quanto mais secas, limpas e aquecidas estiverem as partículas, mais adesividade ao ligante elas terão. Para a realização deste ensaio o agregado é envolvido pelo ligante e colocado sobre uma superfície lisa, para que o ligante esfrie.

Para o agregado graúdo, a mistura (500 g de agregado entre as peneiras  $\frac{3}{4}$ " e  $\frac{1}{2}$ " com 17,5 g de asfalto com e sem o dope) é colocada em um frasco de vidro e recoberta com água destilada. O frasco é colocado na estufa a 40 °C. Após 72 horas verifica-se o recobrimento do ligante sobre o agregado. Caso não exista deslocamento da película de ligante, o agregado possui boa adesividade. Caso exista deslocamento parcial ou total da película de ligante, o agregado possui má adesividade.

Para o agregado miúdo, a mistura é colocada em um tubo de ensaio com água destilada, leva-se o tubo de ensaio ao banho (temperatura aproximadamente de 110 °C) e marca-se um minuto de fervura. O tubo é retirado do banho e verifica-se o deslocamento da película betuminosa. Havendo deslocamento total diz-se que o material apresenta má adesividade. Caso não haja deslocamento da película de asfalto, o ensaio é repetido substituindo-se a água por soluções de carbonato de sódio com diferentes concentrações. Verifica-se em qual concentração de solução de carbonato de sódio se dará a separação ou em que solução se inicia a separação e em qual termina.

Quanto à adesividade existem dois tipos de agregados:

A - HIDRÓFILOS: quando úmidos perdem a película betuminosa;

B - HIDRÓFOBOS: quando úmidos mantêm a película betuminosa.

Deve-se procurar utilizar agregados hidrófobos, porém é importante atentar que um mesmo agregado pode possuir estas duas características, dependendo do tipo de ligante utilizado. Em casos extremos é possível melhorar-se a adesividade de um agregado empregando-se substâncias melhoradoras de adesividade (dopes).

- Massa Específica Aparente (ME 064/79)

A massa específica aparente é a relação entre a massa e o volume total do agregado. O material, no estado seco, é colocado em um recipiente de volume conhecido e posteriormente pesado. O ensaio é realizado, no mínimo, duas vezes.

Densidade Real, Aparente E Efetiva Do Grão (ME 084/64 E ME 081/94)

A densidade (real ou aparente) é uma ferramenta empregada para conversão de massa e volume. É definida como a razão da massa de um dado volume de substância dividida pela massa de igual volume de água, à mesma temperatura.

Os termos “densidade” e “massa específica” são frequentemente usados indistintamente. Em unidades métricas eles têm o mesmo valor numérico.

## 6 CARACTERÍSTICAS DA GEOGRELHA

**Tabela 1: Tipos de Geossintéticos.**

Tipo de Geossintético	Função Característica					
	Reforço	Separação	Drenagem	Filtração	Proteção	Barreira
Geotêxtil Tecido	X	X	X		X	
Geotêxtil Não-Tecido	X	X	X	X	X	
Geogrelha	X					
Georrede			X			
Geodrenos			X	X		
Geomembranas		X				X
Geocélulas	X				X	
Geocompostos	X		X	X	X	X

Os tipos de geogrelha são variados em seu material como PEAD (polietileno de alta densidade), PP (polipropileno), PET (poliéster) ou vidro. Além da matéria-prima, a abertura da malha e as características intrínsecas do material diversificam os diferentes tipos de geogrelha para pavimentação, disponíveis no mercado. Dessa forma, é importante verificar o tipo adequado para cada necessidade. Na BR-101 a geogrelha escolhida foi a de poliéster com alta tenacidade com o objetivo de mitigar o efeito de reflexão de trincas, prolongando a vida útil do pavimento. Na recuperação de uma camada asfáltica, o uso da geogrelha para pavimentação, de uma forma geral, tem o mesmo processo do sistema de reparo convencional, isto é, fácil e rápido na instalação. Entretanto, quando comparado ao sistema de reparo tradicional, a incorporação da geogrelha para pavimentação confere durabilidade superior da camada asfáltica de rolamento. Esse benefício é resultante da aderência às camadas de asfalto e consequente reforço, evitando a propagação de trincas de reflexão. Dessa forma, para que uma geogrelha para pavimentação cumpra suas funções de reforço, durante a construção do pavimento, a geogrelha deve resistir aos esforços produzidos pela passagem de equipamento sobre a mesma, aderir nas camadas de asfalto e não ter suas propriedades alteradas pela temperatura de aplicação do asfalto no método a quente e, quando o pavimento

entrar em uso, a geogrelha para pavimentação deve resistir a trações, absorver tensões e permitir que os esforços sejam distribuídos de forma homogênea ao longo de toda vida útil da via.

A utilização do asfalto convencional em camadas de pavimentação já é conhecida: CAP (cimento asfáltico de petróleo) é usado como aglutinante dos agregados minerais, ligando-os flexivelmente. Sob a ação das cargas do tráfego, o pavimento flexível sofre deflexões, em cada ponto de aplicação da carga aparece uma bacia de deformação, que se compõe de regiões comprimidas e tracionadas. Nas regiões comprimidas, os agregados se aproximam mais, ocasionando um atrito com o ligante, no retorno à posição original, os agregados se separam de novo, havendo novamente um atrito entre o ligante em sentido contrário. Similarmente, nas regiões tracionadas os agregados se afastam, causando um alongamento do ligante; no retorno à posição original os agregados se aproximam de novo, havendo um atrito do ligante em sentido contrário. Assim em cada movimento de “vai-e-vem” do pavimento pela aplicação do tráfego, há um atrito duplo do ligante que une os agregados, e em sentidos opostos. Como o asfalto é um sistema coloidal constituído por micelas dispersas num meio oleoso, fica fácil perceber que nesse atrito que a película do ligante sofre, vai haver um deslocamento das 6 micelas nas duas direções. Entretanto, no retorno, nem sempre as micelas voltam ao ponto original, ocasionando um deslocamento micelar residual.

O sucessivo acúmulo desse deslocamento micelar residual, leva à diminuição da capacidade de ir e vir das micelas, por estrangulamento das seções transversais da película do ligante, o que diminui muito a aleatoriedade da reorganização, responsável pela capacidade de fluxo plástico do ligante ao longo do tempo. Depois de um determinado número de aplicações de carga, e conseqüentemente de deslocamento micelar residual, acaba a probabilidade de aleatoriedade de reorganização no retorno das micelas, o que gera a ruptura da seção transversal do ligante naquele ponto, ocasionando o aparecimento de fissuras, que anunciam o final da vida útil do pavimento.

Neste caso, o reforço de pavimentos usando geossintéticos pode aumentar a resistência do pavimento e reduzir o fenômeno de reflexão de trincas.

Segundo a Asphalt Academy (2008), os geossintéticos a serem utilizados em revestimentos asfálticos buscam evitar a reflexão de trincas entre uma camada nova e uma camada antiga, evitar a saída de finos (fenômeno de bombeamento) ou entrada de água, e outros fatores que possam diminuir as condições de resistência da estrutura. Além disso, estes materiais visam aumentar a vida útil da camada asfáltica em relação à fadiga. Na engenharia rodoviária são utilizados basicamente dois tipos de geossintéticos para retardar a reflexão de trincas, os geotêxteis e as geogrelhas. No grupo dos geotêxteis existem os do tipo tecido e os do tipo não tecido, que diferem entre si pelo processo de fabricação. O primeiro tem as fibras alinhadas e no segundo as fibras são dispostas aleatoriamente, Universidade de Brasília 2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7 solidarizadas por processos físicos ou químicos. A geogrelha é definida como um produto com estrutura em forma de grelha, com função predominante de reforço, cujas aberturas permitem a interação com o meio em que estão confinadas. Segundo Monismith et al. (1980), o mecanismo associado ao emprego de geossintético é que este atuará como uma interface entre os revestimentos novo e antigo. Nessa interface ocorrerá também a máxima concentração de energia de deformação plástica o que resultará na máxima concentração de tensões. A geogrelha possui rigidez superior à da mistura asfáltica, e impõe que as trincas provenientes da camada inferior sejam redirecionadas para um plano horizontal. Se a concentração de esforços superar a resistência do reforço ou as tensões advindas da interação revestimento-reforço, o geossintético perdera sua funcionalidade e as trincas começam a se refletir.

Os principais geossintéticos empregados no recapeamento de pavimentos flexíveis são detalhados a seguir:

## 7 NORMA VIGENTE

- ABNT NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos
- NBR 12553 (2003): Geossintéticos - Terminologia

### **Conceito**

Segundo a norma NBR 12553 (2003) o termo geossintéticos é uma denominação genérica de produtos poliméricos (sintéticos ou naturais), industrializados, desenvolvidos para utilização em obras geotécnicas, desempenhando uma ou mais funções, entre as quais se destacam: reforço, filtração, drenagem, proteção, separação, impermeabilização e controle de erosão superficial.

### **Condições gerais**

A aplicação da geogrelha para pavimentação para reforço de base, sub-base e sub-leito tem sido uma alternativa para evitar deformações durante o uso do pavimento, diminuindo a necessidade de manutenção constante. A geogrelha para pavimentação é um tipo de geossintético e também têm se destacado para economizar a quantidade de material demandada pela construção das camadas de sub-leito e base que, por vezes, é limitado, dependendo da localização da obra

### **Condições Específicas**

Um fator fundamental no uso de geossintéticos na reflexão de trincas é que deve existir uma completa aderência entre a camada de reforço (geossintético) e a estrutura antiga, para que o movimento das trincas seja difundido horizontalmente dentro da camada intermediária criando trincas horizontais que se dissipam e não se refletem para cima. Em revestimentos delgados, aos quais as espessuras são menores que 5 cm, a fibra inferior da camada de reforço

se encontra bastante tracionada. O mecanismo de reflexão das trincas se dará principalmente pela fadiga na zona tracionada da camada e será mais influenciada pelas cargas de tráfego e menos pelos ciclos térmicos (Pereira, 2002).

Já em revestimentos maiores que 5 cm de espessura, a reflexão das trincas, além de ser o mecanismo predominante do processo de deterioração do pavimento, ocorrerá tanto devido às cargas de tráfego como devido aos ciclos térmicos. Ao incorporar o geossintético nestas estruturas os seguintes efeitos são esperados absorção de tensões de origem térmica, absorção de deformações das cargas de tráfego, desvio de trincas de reflexão e conseqüentemente atraso na sua reflexão para a capa subjacente, Redução da severidade das trincas refletidas, Impermeabilização.

## 8.2 Composição da Mistura

### **Agregados graúdos**

O agregado graúdo pode ser pedra, escória, seixo rolado, ou outro material que seja indicado nas Especificações Complementares. O agregado graúdo deve constituir-se de fragmentos sãos, duráveis, livres de torrões de argila, substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 55% (DNER-ME 035); admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado desempenho satisfatório em utilização.
- Índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086);
- Durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 089).

### **Agregado miúdo**

O agregado miúdo pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais devem ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55%.

### **Material de enchimento (filler)**

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, não plásticos, secos e isentos de grumos, tais como cimento Portland, cal extinta, pó calcário, cinza volante, ou outros, e que atendam à seguinte granulometria (DNER-ME 083).

As percentagens de ligante referem-se à mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deve ser inferior a 4% do total.

Deve ser adotado o Ensaio Marshall (DNER-ME 043) para a verificação das condições de vazios, estabilidade, fluência e resistência da mistura asfáltica segundo os seguintes valores:

**Tabela 2 - Ensaio Marshall**

<b>Características</b>	<b>Camada de rolamento</b>	<b>Camada de ligação (Binder)</b>
Percentagem de vazios	3 a 5	4 a 6
Relação betume-vazios	75 a 82	65 a 72
Estabilidade, mínima	500 kgf (75 golpes)	500 kgf (75 golpes)
Fluência, mm.	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5
Resistência à tração por compressão diametral a 25°C, kgf/cm <sup>2</sup>	7,0 a 12,0	7,0 a 12,0

## 8 ESTUDO DE CASO

### 8.3 Contexto da Obra

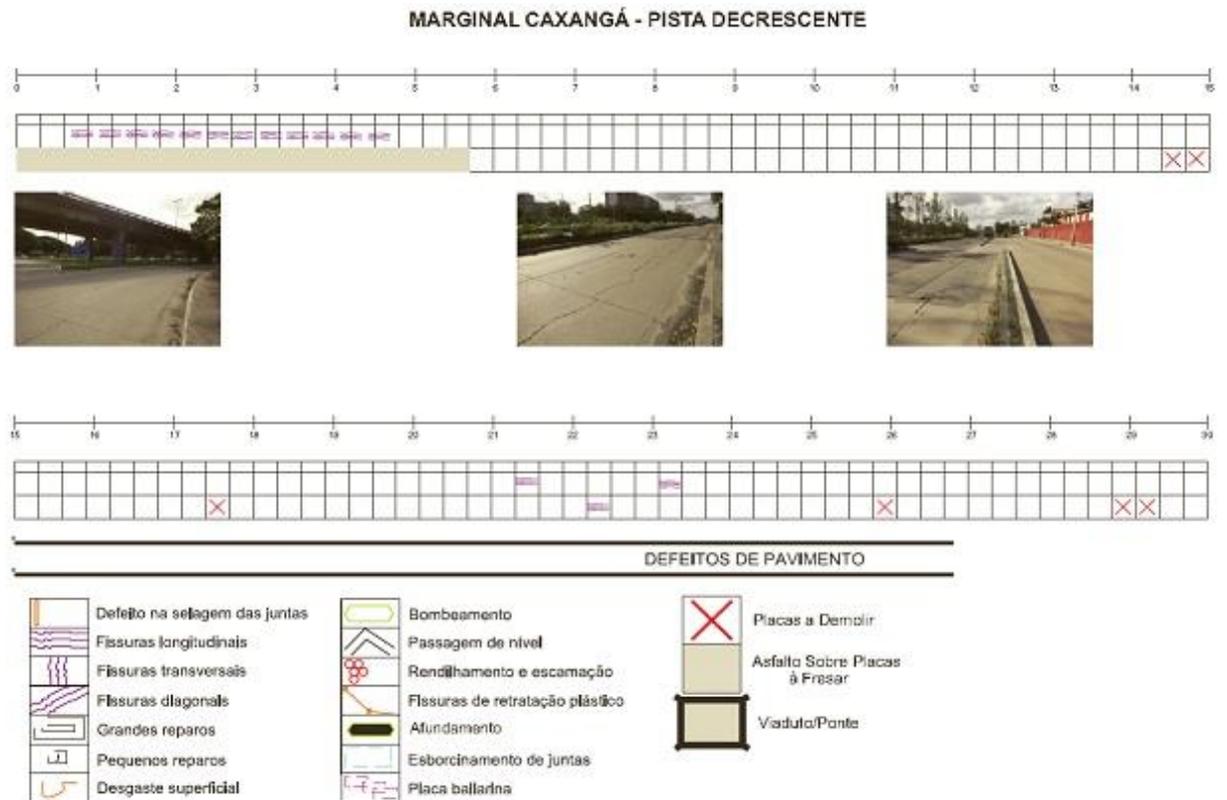
Este estudo reúne conceitos sobre a produção e aplicação de asfalto na requalificação do trecho de 30,7 quilômetros entre Paulista e Jaboatão dos Guararapes da BR 101. Nossa análise se concentra no primeiro trecho entre o quilometro 51,6 ao 52,6 da BR-101Norte. A obra seguirá em direção ao quilômetro 51,6, na qual será efetuada a restauração das alças de acesso ao Centro de Observação e Triagem Professor Everardo Luna (Cotel). Também serão recuperadas as marginais de acesso ao viaduto Diper, a Paratibe, à Estrada do Pica-Pau e ao bairro de Jardim Paulista. A rodovia receberá intervenção em todo o seu pavimento, com reforço nas camadas asfálticas e de suporte, além da melhoria em sua estrutura de drenagem. Os serviços contemplam ainda a selagem de placas existentes, a recuperação do acostamento e de vias marginais, a adequação e a recuperação de alças viárias e a restauração de trecho na Avenida Recife. O serviço está sendo executado por meio de parceria entre o Dnit e Departamento de Estrada de Rodagem (DER) e será executado por meio do Consórcio Andrade Guedes/Step Engenharia.

**Figura 4 – Mapa situação do trecho estudado**



Fonte: Empresa Andrade Guedes.

**Figura 5- Definição dos defeitos dos pavimentos por trecho**



#### 8.4 Metodologia escolhida

A partir de informações técnicas de inspeção de campo, relativa às necessidades corretivas do trecho procedeu-se a determinação das soluções de restauração e manutenção em conformidade com os critérios do programa CREMA do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT), onde o tipo de metodologia escolhida.

A via de Contorno de Recife se constitui atualmente de duas pistas principais

com duas faixas de tráfego cada uma, com pavimentação em Placas de Concreto de Cimento

Portland (PCCP), separadas por um canteiro central de largura variável. Complementa o complexo viário, várias Obras de Arte Especiais, alças de acesso local, marginais e interseções.

A pavimentação desses complementos alterna-se entre pavimentos rígidos e flexíveis. Em função da avaliação do pavimento existente constatou-se que em todo o

trecho há a necessidade de se realizar a sua recuperação, seja por sobreposição de camadas

asfálticas ou por meio do processo de reconstrução do mesmo. Para os pavimentos existentes

em condições regulares ou ruins, propõem-se correções localizadas das placas de concreto mais degradadas e o recapeamento em concreto asfáltico, sendo a última camada de rolamento com uso de ligante modificado de forma a garantir o desempenho face às condições de tráfego intenso e pesado, clima quente e úmido e substrato com elevado potencial de indução de trincas.

Nos segmentos em que as placas de concreto se mostrarem com grau de deterioração bastante elevado, este segmento será totalmente reconstruído com incorporação de uma camada de rachinha e a substituição da solução em placa de cimento por brita graduada tratada com cimento.

No caso dos pavimentos a serem restaurados por sobreposição de camadas asfálticas, verifica-se a necessidade da remoção do revestimento betuminoso existente, visto que sob o revestimento asfáltico existente executado já está refletindo os defeitos e trincas das placas de concreto deterioradas subjacentes, sendo necessário um recapeamento em concreto asfáltico com a aplicação de uma camada antirreflexão de trincas.

Faz-se necessário ainda a utilização da camada antirreflexão de trincas para os pavimentos novos de reconstrução constituídos por bases cimentadas como forma para impedir a propagação das fissuras de retração. Outra necessidade constatada para a reabilitação dos pavimentos é a remoção completa do revestimento asfáltico existente pelo seu grau de deterioração, que encontra-se em sua maioria em condições funcionais ruins pela ocorrência de trincamentos e desagregação, e para a verificação da real necessidade de serviços preliminares de reparos localizados no pavimento de concreto Portland. Para a aplicação do concreto asfáltico, seja pela sobreposição do pavimento por camadas asfálticas ou a reconstrução das camadas de pavimento, propõe-se utilização de um ligante asfáltico modificado como alternativa ao ligante tradicional nas misturas betuminosas convencionais,

sendo esta, uma técnica bastante difundida nos Estados Unidos nos últimos 40 anos, permite criar pavimentos bastante flexíveis e com ganho em termos de desempenho tais como:

- Aumento da durabilidade da mistura;
- Aumento da resistência à fadiga e à deformação permanente;
- Aumento da resistência ao envelhecimento e à oxidação;
- Menor custo de manutenção.

E por fim, está sendo adotada a utilização de geogrelha de poliéster de alta tenacidade previamente ao recapeamento citado para mitigação do efeito de reflexão de trincas e prolongando a vida útil do pavimento.

#### 8.5 Produção do Revestimento Asfáltico

A usinagem do revestimento asfáltico é realizada em uma Usina de Asfalto Contrafluxo Ciber UACF Série iNOVA – 1200 P1 móvel, com as seguintes características:

- Transportabilidade, com rápida montagem em campo;
- Dosagem individual de agregados através de pesagem e monitoramento da velocidade das correias;
- Secador contrafluxo dedicado exclusivamente à secagem dos agregados. Maior eficiência térmica e, menor consumo de combustível;
- Mistura externa - injeção do CAP diretamente em um misturador tipo PugMill - para preservação da qualidade do ligante e garantia de homogeneidade da massa asfáltica;
- Filtro de mangas de alta tecnologia, preservando o meio ambiente de forma rentável;
- Quatro silos dosadores ( $2 \times 5\text{m}^3 + 2 \times 10\text{m}^3$ ) padrão em todas as configurações;
- Capacidade de produção de 80 a 120 T/h;

Segundo o manual técnico da fabricante do equipamento em referência, o controle de produção é obtido através do duplo sistema de operação, automático e manual. “Operação

automática através de um microcomputador industrial, próprio para operação em ambientes agressivos, com tela touch screen de 15”, processamento de dados através de CLP. Tecnologia de última geração, de simples operação. Avançado software de operação, que controla totalmente a usina e sua produção, gerando diversos tipos de relatórios. O software é plug-and-play, pronto para receber qualquer dos opcionais oferecidos. Software com telas de diagnóstico para rápida e fácil localização dos pontos de manutenção. Opção de sistema de monitoramento remoto, com visualização gráfica da produção, alarmes de operação e geração de avisos de manutenção. Operação manual através de botoeiras dispostas de forma simples e intuitiva, facilitando a operação em casos de emergência.

**Figura 6 – Usina de Asfalto Contrafluxo Ciber UACF Série iNOVA – 1200 P1 móvel.**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 7 – Carregamento dos silos de agregados com a Pá Carregadeira.**



Fonte: Autoria própria.

O processo de usinagem do revestimento asfáltico é iniciado pelo aquecimento do com a mistura aos agregados, brita 12, brita 19, areia, pó de pedra e filler, que são distribuídos em

5 silos, sendo 2 silos de 10m<sup>3</sup>, 2 silos de 5m<sup>3</sup> e 1 silos de 2m<sup>2</sup> para a cal hidratada (filler) que são carregados por uma Pá Carregadeira conforme mostra a figura 7, onde os mesmos serão conduzidos por esteiras que passam pelo secador de agregados para serem queimados gradativamente para retirada total da umidade desses materiais que apresentam umidade superficial e/ou absorvida alta para realizar a mistura.

Uma usina de asfalto onde mostra a figura 6, é principalmente um sistema térmico, A entrada dos agregados no tambor é realizada por um helicóide, que conduz os mesmos para dentro do sistema de secagem. Após passar por todo o sistema térmico da usina, os agregados devem estar secos e com a temperatura de projeto, aceitando-se na prática 0,3% de umidade residual dos agregados.

Posteriormente, haverá a liberação dos agregados em suas devidas proporções determinadas no traço da mistura asfáltica aprovada no misturador Pug-Mill contrafluxo onde ocorre a mistura dos materiais de forma homogênea para ser elevada em tubulação e despejada em um caminhão caçamba truncada ou toquinho conforme apresenta a figura 8, sendo tudo controlado pelo operador da usina no computador existente na cabine de comando.

**Figura 4 – Lançamento do asfalto em caminhão basculante**



Fonte: Autoria própria.

## 9 ESTUDO DO TRAÇO A SER EXECUTADO

O método empregado para o estudo do traço asfáltico (projeto de mistura asfáltica), foi a Dosagem Marshall, onde é o mais utilizado no país, que permite a obtenção do teor/quantidade de ligante a ser utilizado na mistura através de compactação por impacto.

**Concreto Asfáltico:** mistura de agregado mineral graduado, filler e asfalto, em usina e a quente.

### Dosagem dos Concretos Asfálticos

Através da dosagem Marshall determina-se a quantidade ótima de ligante a ser utilizada em misturas asfálticas usinadas a quente, destinadas à pavimentação de vias.

#### Ensaio Marshall

- Preparação dos corpos de prova
- Agregado e asfalto são aquecidos separadamente, até temperatura especificada;
- Agregado e asfalto são misturados, mantendo-se a temperatura da mistura;
- A mistura é colocada em molde aquecido e compactada com soquete de 10 libras de peso (4,54Kg), caindo de uma altura de 18” (45,72 cm).
- Compactação
- Aplicar 75 golpes do soquete por face do corpo de prova, conforme a figura 9.
- Devem ser moldados 3 corpos de prova para cada teor de ligante utilizado na dosagem.
- Os corpos de prova são cilíndricos, com 4” (10,16 cm) de diâmetro e 2½” (6,35 cm) de altura.
- Execução do ensaio
- Após a compactação, deve-se esperar que os corpos de prova esfriem, para então realizar sua extrusão, retirando-os do molde metálico.

– Em seguida os corpos de prova devem ser pesados ao ar e imersos, para determinação de seu peso específico aparente conforme a figura 11 (se necessário devem ser parafinados antes da determinação do peso imerso).

– Devem ser realizadas medidas de seu diâmetro e de sua altura, com paquímetro (3 medidas de cada, para se chegar a uma média confiável).

– Os corpos de prova devem ser colocados em banho-maria a 60°C, por 40 min – Imediatamente após a retirada do banho-maria, devem ser levados à prensa do aparelho Marshall apresentada na figura 10, sendo a carga aplicada continuamente ao longo da superfície do 2 cilindro (compressão diametral), à média de 2” (50,8 mm) por minuto, até o rompimento.

– A carga máxima aplicada que provoca o rompimento do cp = valor da estabilidade Marshall (em Kgf).

– A deformação sofrida pelo corpo de prova até o momento da ruptura (deformação máxima) é o valor da fluência. A unidade de fluência é 0,01” (um centésimo de polegada = 0,254 mm) ou 0,1 mm (um décimo de milímetro).

No anexo I, segue a composição do projeto de mistura asfáltica modificada por polímeros elastoméricos efetuada no laboratório da Construtora Andrade Guedes, situado no canteiro de obras no município de Igarassu/PE, conforme as diretrizes evidenciadas anteriormente para o método de Dosagem Marshall.

**Figura 5 – Compactação Marshall – Detalhe da execução dos 75 golpes com soquete.**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 6 – Prensa Marshall – Detalhe da leitura da estabilidade Marshall.**



Fonte: Autoria própria.

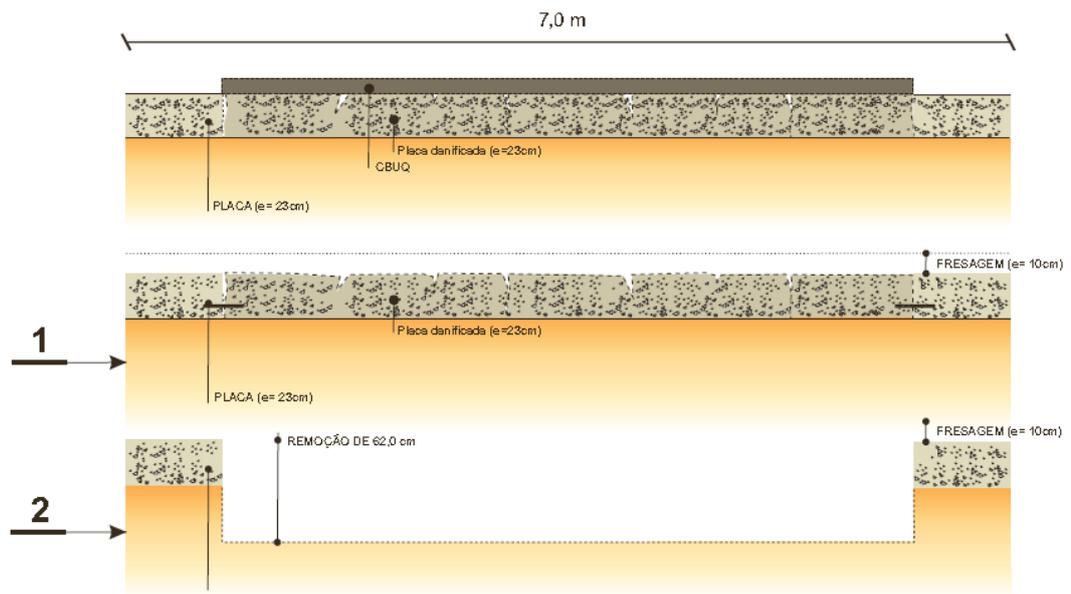
**Figura 7 – Densidade aparente – Detalhe da pesagem da amostra submersa.**



Fonte: Autoria própria.

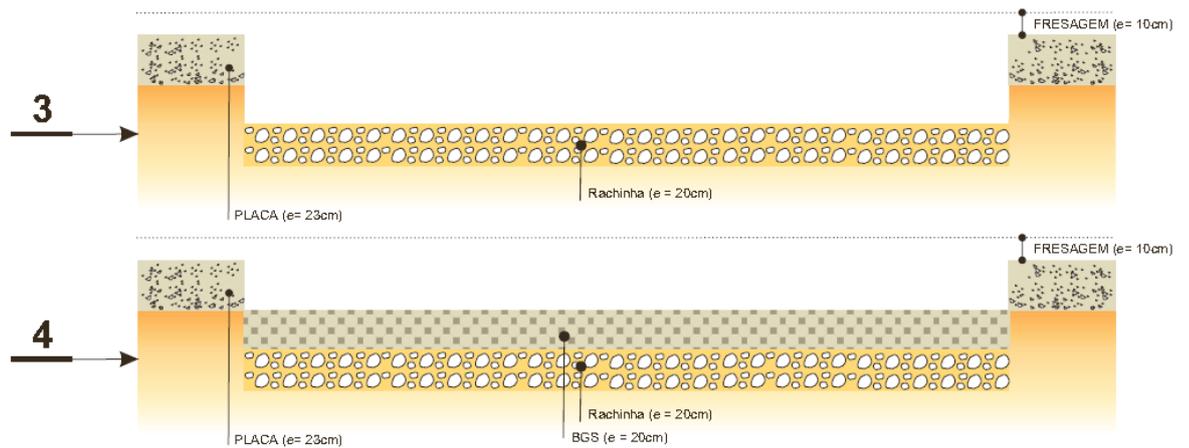
## 10 EXECUÇÃO DO PAVIMENTO

Como citado anteriormente, está sendo mostrada uma solução para cada tipo de problema existente durante o trecho da BR101. Segue um esquema didático fornecido pela empresa Andrade Guedes para o melhor entendimento do procedimento para o caso “REPARO EM PONTOS LOCALIZADOS NO PAVIMENTO RÍGIDO IRLR”.



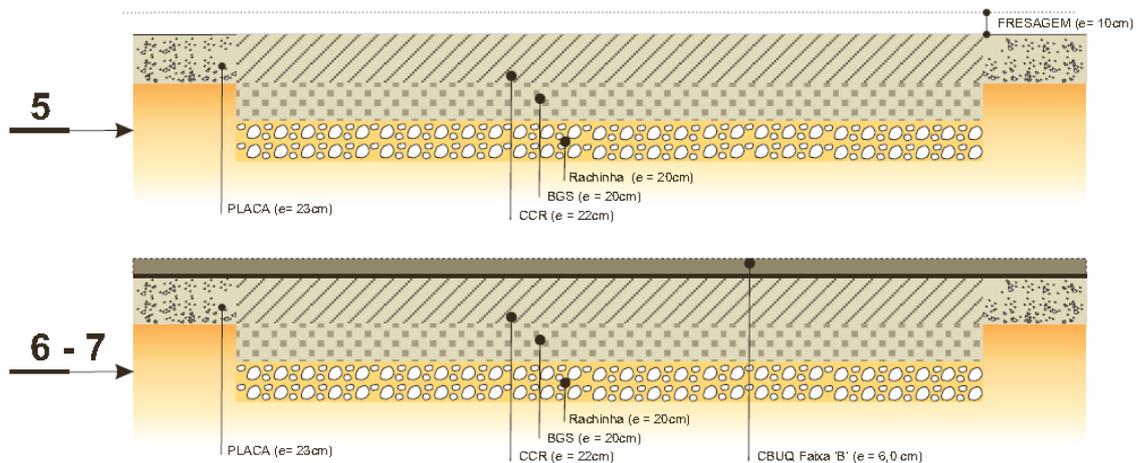
1 – Fresagem do revestimento asfáltico existente com 10cm de espessura média.

2 – Remoção da estrutura de pavimento existente totalizando 62,0 cm de espessura.



3 – Execução da camada Rachinha de espessura 20,0 cm;

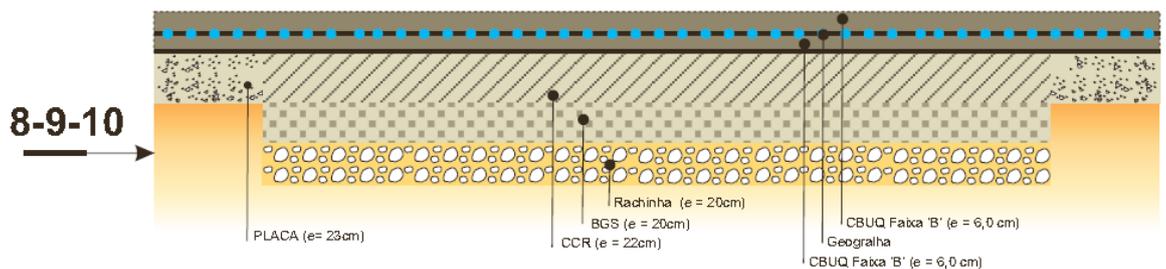
4 - Execução da camada Granular por BGS de 20 cm de espessura



5 – Execução do concreto compactado a rolo com espessura de 22,0 cm

6 – Pintura de Ligação com RR-2C

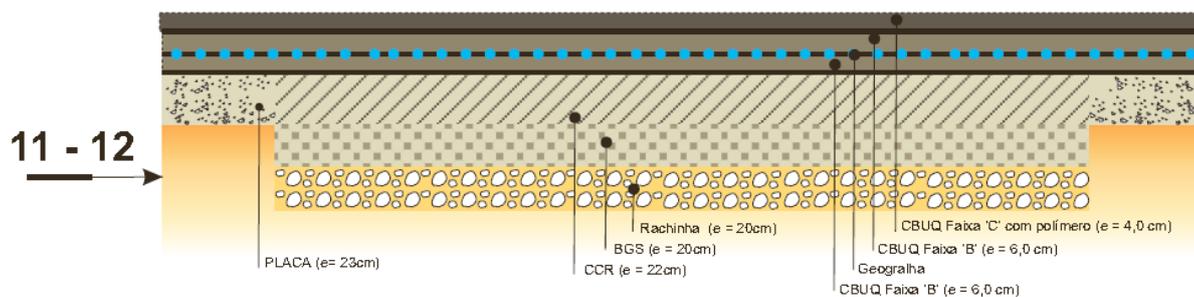
7 – Execução da camada de CBUQ faixa 'B' espessura de 6,0 cm



8 – Pintura de Ligação com RR-1C

9 – Aplicação de Geogrelha

10 – Execução da camada de CBUQ faixa 'B' espessura de 6,0 cm



11- Pintura de Ligação com RR-1C.

12 – Execução da camada de CBUQ faixa 'C' com polímero espessura de 4,0 cm.

**Figura 12 – Caminhão espargidor com operador aplicando RR-1C no trecho.**



Fonte: Autoria própria.

O equipamento utilizado para a aplicação do asfalto no trecho da obra foi a Vibro Acabadora Ciber AF 4500 conforme mostra a figura 14, também conhecida como

“Pavimentadora”, com sistema de pré-compactação através de placas vibratórias, produção de até 300 toneladas por hora e monitoramento total de todas as funções e diagnósticos de funcionamento em tempo real por meio de uma tela exclusiva. Os caminhões basculantes encostam suas rodas traseiras em dois roletes com sistema autolimpante montados em eixo pivotado apropriados para conduzir o mesmo enquanto o material é totalmente descarregado no silo de recebimento da pavimentadora com capacidade de 10,5 toneladas de material. A espessura do asfalto é controlada por um funcionário qualificado, conforme a figura 15, com um gabarito de ferro elaborado pela equipe onde será conferida a espessura de pré compactação onde mostra a figura 16.

**Figura 13 – Vibro acabadora Ciber AF 4500**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 14 – Funcionário controlando a espessura do revestimento com gabarito.**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 15 – Espessura de pré-compactação.**



Fonte: Autoria própria.

Após a vibro acabadora aplicar o material pré compactado no local, os rasteiros, como são chamados os profissionais que utilizam o equipamento chamado de “rastelo” para dar acabamentos manuais, fazem os reparos nas emendas e nivelção no pavimento, como também executam as lombadas. Como o AMP é um material que perde muito rápido a temperatura e é mais “borrachudo”, são necessários mais profissionais e uma rápida execução do acabamento realizado por eles.

**Figura 16 – Rasteiros realizando emendas durante a pavimentação.**



Fonte: Autoria própria.

Após o acabamento manual apresentada na figura 17, uma parte do material “grosseiro” é desperdiçada de acordo com a figura 18, pois como estamos realizando a capa de rolamento (faixa C), é necessário um acabamento melhor do que uma camada de ligação, passando para os condutores de veículos, conforto, segurança e nivelamento da pista com melhor qualidade.

**Figura 17 – Aplicação de geogrelha.**



Fonte: Autoria própria.

Foi feita a colocação de Geogrelha no solo e foi instalada na superfície do pavimento da pista da BR 101, conforme Figura 18. A geogrelha foi desenrolada, diretamente no local a ser posicionado, sem dobras ou rugas. Na execução da camada de asfalto foram seguidos os procedimentos usuais de pavimentação.

**Figura 18 – Execução da camada de CBUQ faixa ‘B’ espessura 6,0 cm.**



Fonte: Autoria própria.

Sobre a geogrelha foi executada uma camada asfáltica, faixa “B” do DNIT, com 6,0cm de espessura. É importante que as máquinas necessárias na execução da camada asfáltica movimentem-se com cuidado sobre a geogrelha, para evitar deslocamento da geogrelha. Figura 19.

**Figura 19– Rolo Compactador de Pneus de Borracha**



Fonte: Autoria própria.

Figura 8 – AMP devidamente compactado.



Fonte: Autoria própria.

## 11 CONTROLES TECNOLÓGICOS

Segundo a norma DNER-ES 385/99, todos os materiais devem ser examinados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNER, devendo satisfazer as especificações em vigor.

### **Controles de qualidade do material**

- **Ensaio de penetração a 25°C (DNER-ME 003)**

Segundo a norma, o ensaio de penetração, consiste na medida (em décimos de mm) do quanto uma agulha padrão penetra verticalmente em uma amostra de material betuminoso sob condições específicas de temperatura (25°C), carga (100g) e tempo (5 segundos).

**Figura 9 – Ensaio de penetração a 25° C**



Fonte: Autoria própria.

A preparação do corpo de prova começa aquecendo a amostra cuidadosamente, em estufa, para evitar superaquecimento local, até que ela se torne fluida. Em seguida, com agitação constante, elevar a temperatura do asfalto de, no máximo, 90°C acima do Ponto de Amolecimento (ABNT NBR 6560/85). Não aquecer a amostra por mais de 30 minutos. Evitar a inclusão de bolhas de ar. A seguir derramar a amostra no recipiente de penetração de modo a ter uma altura de material, após o resfriamento, de no mínimo 10 mm maior que a penetração esperada. Quando variarem as condições de ensaio preparar uma amostra para cada variação.

Colocar a tampa no recipiente para proteger a amostra contra poeira e deixar esfriar numa atmosfera cuja temperatura esteja entre 15°C e 30° C, durante o tempo de 60 minutos a 90 minutos para o recipiente menor, e de 90 minutos a 120 minutos para o recipiente maior.

A seguir, colocar a amostra e a cuba de transferência no banho d'água, mantido na temperatura de ensaio de +/- 0,1 °C, durante os mesmos intervalos de tempo citados para resfriamento à temperatura ambiente.

#### **Execução do Ensaio, segundo a Norma:**

O primeiro passo é, examinar o suporte da agulha e a haste conforme apresenta a figura 21, para verificar a ausência de água e outros materiais estranhos. Limpar a agulha com solvente adequado, secar com pano limpo e inserir no penetrômetro.

A menos que sejam especificadas condições especiais, colocar o peso de 50 g acima da agulha, fazendo com que a carga total seja de 100,0 g para o conjunto de penetração, inclusive a agulha. Colocar o recipiente da amostra dentro da cuba de transferência, encher a cuba com água do banho d'água de tal modo que a amostra fique totalmente submersa. Colocar a cuba de transferência sobre o prato do penetrômetro e executar o ensaio imediatamente. Ajustar a agulha já devidamente carregada à superfície da amostra, fazendo com que coincidam exatamente a imagem da agulha refletida pela amostra com a sua imagem verdadeira. A imagem refletida deve ser obtida usando-se uma fonte de luz que ilumine adequadamente a amostra.

Anotar a leitura do mostrador do penetrômetro ou trazer o seu ponteiro para a posição zero. Após o ajuste da agulha à superfície da amostra e da leitura do mostrador do penetrômetro, liberar rapidamente a agulha durante o tempo especificado, ajustar o instrumento para medir a distância penetrada e anotar esse valor. Caso o recipiente da amostra, à medida que a agulha é aplicada, sofra algum movimento, abandonar o resultado.

Fazer pelo menos três determinações em pontos da superfície da amostra, distantes entre si e da borda do recipiente de 1 cm, no mínimo.

Depois de cada penetração, retirar a cuba de transferência e o recipiente da amostra, do penetrômetro; recolocá-los no banho à temperatura especificada. Limpar a agulha com solvente apropriado, enxugar com um pano limpo e seco e repetir a operação já descrita.

Para valores de penetrações maiores que 200, utilizar no mínimo três agulhas, deixando-as na amostra até completar as determinações.

### **Ensaio de Ponto de Fulgor (DNER-ME 148)**

É um ensaio ligado à segurança de manuseio do asfalto durante o transporte, estocagem e usinagem, onde representa a menor temperatura na qual os vapores emanados durante o aquecimento se inflamam por contato com uma chama padronizada onde mostra a figura 22. Pode ser executado para asfaltos e asfaltos diluídos.

**Figura 10 – Ensaio de Ponto de Fulgor**



Fonte: Autoria própria.

**Ensaio de Ponto de Amolecimento (ABNT NBR-6560)**

Segundo a norma em referência, este método prescreve o modo pelo qual deve ser determinado o Ponto de Amolecimento dos materiais asfálticos na faixa de 30°C a 157°C, utilizando a aparelhagem Anel e Bola apresentada na figura 23.

**Figura 11 – Aparelho Anel e Bola**



Fonte: Autoria própria.

É uma medida empírica que correlaciona a temperatura na qual o asfalto amolece quando aquecido sob certas condições particulares e atinge uma determinada condição de escoamento.

Tem a finalidade de estabelecer uma temperatura de referência, similar à temperatura de fusão dos materiais.

O ensaio consiste em uma bola de aço de dimensões e peso especificados é colocada no centro de uma amostra de asfalto que está confinada dentro de um anel metálico padronizado. Esse conjunto é colocado dentro de um banho de água num béquer e o banho é aquecido a uma taxa controlada de 5°C/min. O asfalto e a bola se deslocam para o fundo do béquer quando o asfalto amolece de tal forma a não suportar mais o peso da bola.

Anota-se a temperatura nesse momento. O teste é feito com 2 amostras do mesmo material: se a temperatura entre elas exceder 2°C, o ensaio deve ser refeito

- **Ensaio de Espuma**

O teor de água deve ser pequeno nos materiais betuminosos, a fim de que não espumem quando aquecidos acima de 100° C. Nos CAPs/AMPs esse controle processe-se pela exigência de que não espumem quando aquecidos a 175° C. Um ensaio simples para a verificação da presença de água no CAP consiste em se aquecer uma quantidade de CAP/AMP, observando o aparecimento de um “borbulhar” na superfície. Caso apareça a formação de bolhas, conclui-se que o CAP continha alguma quantidade indevida de água. O ensaio denominado “Determinação de água em Petróleo e outros materiais betuminosos” (MB-37/1975) fixa o modo de proceder-se à verificação de água existente em Petróleo e materiais betuminosos através de destilação.

- **Ensaio de Recuperação Elástica a 25°C (DNER-ME 382)**

De acordo com a norma, a recuperação elástica é a medida da capacidade de retorno do material asfáltico, após interrupção da tração mecânica especificada, portanto, este método prescreve o modo pelo qual deve ser determinada a recuperação elástica de materiais asfálticos utilizando o ductilômetro onde mostra a figura 24.

**Figura 12 – Ensaio de recuperação elástica em andamento**



Fonte: Autoria própria.

### **Preparação da Amostra**

A amostragem do material asfáltico deve ser realizada de acordo com a NBR 14883. O material asfáltico modificado a ser submetido ao ensaio deve ser aquecido no béquer, até ficar perfeitamente fluido. Esta fluidez deve ser conseguida no menor tempo e na temperatura mínima possível para liquefazer a amostra, em estufa ou em banho de óleo. Passar o material na peneira com abertura de 300  $\mu\text{m}$ . Para ensaios com cimentos asfálticos modificados, para pavimentação, isentos de água, a temperatura da estufa ou do banho de óleo deve ser mantida entre 150°C e 160°C. O resíduo da emulsão asfáltica modificada deve ser passado na peneira de 300  $\mu\text{m}$  (nº 50), misturado e vertido no molde após a sua preparação ter sido feita de acordo com os procedimentos corretos, imediatamente após a sua obtenção. Nos casos de materiais de alta viscosidade que não fluam pela peneira de 300  $\mu\text{m}$  (nº 50), pode ser usada uma peneira de 850  $\mu\text{m}$  (nº 20).

### **Preparação do molde**

A placa de latão que suporta o molde e as suas partes laterais destacáveis s e s' devem ser tratadas com mistura de glicerina e dextrina, em partes iguais, ou talco ou caolin. Reunir o molde, juntando as respectivas partes sobre a placa de latão. Esta deve ser perfeitamente plana e nivelada, de maneira que a superfície do fundo do molde fique sempre em contato com ela, NORMA DNIT 130/2010-ME 3 e que esteja preparada com uma camada de glicerina e dextrina, em partes iguais, ou talco, ou caolin. As partes laterais s e s' também devem ser preparadas.

## Ensaio

Encher o molde, despejando o material do béquer, em movimentos alternados, de uma extremidade a outra, até um pouco acima de sua face superior. Deixar o conjunto composto por placa/molde/amostra esfriar a temperatura ambiente, pelo tempo de 30 a 40 minutos.

Colocar o conjunto no banho d'água à temperatura do ensaio durante 30 minutos, após o que, o excesso de material deve ser cortado por meio de uma espátula ligeiramente aquecida, de maneira a ter o molde cheio e com as faces planas.

Recolocar o conjunto no banho d'água, mantendo a temperatura especificada, com a variação de  $\pm 0,1$  °C, por um período de 85 a 95 minutos.

Levar o conjunto ao ductilômetro, contendo água à temperatura de ensaio, procedendo à retirada da placa. Se o material asfáltico ficar em contato com a superfície da água ou com o fundo do banho, o ensaio não deve ser considerado. A densidade do banho deve ser ajustada por adição de álcool etílico ou cloreto de sódio, para evitar que o material asfáltico venha à superfície da água ou toque o fundo do banho durante o ensaio. Para facilitar este procedimento, moldar uma pequena esfera com o material da amostra e colocá-la no banho, ajustando a sua densidade de modo que a amostra permaneça aproximadamente na metade do nível do líquido.

Encaixar os orifícios existentes em cada extremidade das garras, nos ganchos do ductilômetro. Iniciar a tração da amostra com a velocidade uniforme especificada, até que o corpo de prova se alongue  $(20,0 \pm 0,5)$  cm (L1). Parar a tração, desligando o equipamento. Imediatamente após, o material asfáltico distendido deve ser cortado no centro, com auxílio da tesoura. Deixar o material no ductilômetro em repouso por 60 min, mantendo a temperatura constante. Em seguida acionar o ductilômetro em sentido contrário, até que as duas extremidades do corpo-de-prova encostem uma na outra, quando, então, é feita a leitura na escala do equipamento, em centímetros (L2).

Salvo indicação em contrário, o ensaio deve ser realizado a  $(25,0 \pm 0,5)$ °C, com alongamento de 20 cm e velocidade de  $(5,00 \pm 0,25)$  cm /min.

## Resultado

A recuperação elástica é o valor da média de três ensaios, em %, expressa pelo número inteiro mais próximo. Registrar a temperatura de ensaio, a velocidade e o comprimento após a tração da amostra (L1). Se a amostra romper durante a tração em 3 ensaios, relatar que a recuperação elástica não pode ser obtida sob as condições do ensaio.

## Controles na execução

- **Grau de Compactação**

De acordo com a norma DNER ME 385/99, o controle do grau de compactação - GC da mistura asfáltica deve ser feito através de medidas das densidades aparentes de corpos-de-prova extraídos da mistura espalhada e compactada na pista, por meio de brocas rotativas onde mostra a figura 25. Podem ser empregados outros métodos para determinação da densidade aparente na pista, desde que indicados no projeto. Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos aleatoriamente durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos GC inferiores a 97% da densidade de projeto. O controle do grau de compactação pode, também, ser feito através de medidas das densidades aparentes dos corpos-de-prova extraídos da pista e comparadas com as densidades aparentes de corpos-de-prova moldados no local, desde que autorizado pela Fiscalização. As amostras para a moldagem destes corpos-de-prova devem ser colhidas bem próximas ao local onde serão realizados os furos e antes da sua compactação. Neste caso,  $GC \geq 100\%$ .

- **Espessura da Camada**

Deve ser medida a espessura por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compactação da mistura. Admite-se variação de  $\pm 5\%$  em relação às espessuras de projeto.

**Figura 13 – Extração de material com broca rotativa.**



Fonte: Autoria própria.

## 12 CONCLUSÃO

Ao longo do acompanhamento da fabricação e execução do pavimento observamos às diferenças de etapas e de técnicas para aplicação desse tipo de revestimento. Observou-se que existem soluções diferentes para cada problema encontrado durante o trecho, e que o uso da geogrelha pode ser manipulado em todas elas. É possível afirmar, como citam Anderson e Killeavy (1982 apud TRICHÊS, BERNUCCI, 2004, P. 155), Cancellat et al. Saraiva (2006, p 112) e (1996 apud TRICHÊS BERNICCI, 22004P 155) que dentre os materiais geossintéticos abordados, aquele que obtém melhor desempenho como elemento de reforço é a geogrelha e mais ainda se for aplicada sob a base, (solução essa empregada nos trechos onde as placas de concreto estavam totalmente degradada e a estrutura precisava ser refeita por completo).

Além disso, em relação aos trechos onde a base e sub-base foram aproveitados, podemos perceber que ao aumentar a aderência entre a geogrelha e a mistura asfáltica, pode-se obter um melhor desempenho do geossintético, além de se reduzir problemas de deslizamento do recapeamento em relação à camada antiga, especialmente em zonas de frenagem ou em descidas.

Apesar de não ter a oportunidade de saber se a aplicação da geogrelha vai realmente executar o seu papel em relação a reflexões e trincas, pois a obra ainda está no início e não deu tempo desses fenômenos se manifestarem, pode-se fazer uma comparação com outras obras onde esse recurso foi utilizado e perceber que embora não consiga evitar 100% o aparecimento de reflexão de trincas, a geogrelha contribuiu para que elas demorassem significativamente mais tempo para que o fenômeno se propagasse.

A utilização de geossintéticos em reforço da estrutura apresenta vantagens técnicas e econômicas. A principal vantagem é o baixo custo do método, quando comparado a outros métodos tradicionais. Este benefício é decorrente do preço das matérias primas utilizadas e da facilidade e rapidez de execução. Além de não demandar mão de obra especializada.

Na produção, percebe-se os cuidados nas dosagens e no manuseio da usina de asfalto. Estudamos cada etapa da produção do asfalto e ressaltamos que o fato do asfalto utilizado na obra ter sido modificado por polímero, faz com que a estrutura como um todo se torne ainda mais resistente, tendo como desvantagem no ponto de vista econômico, o fato de o número de rasteiros e serventes ter aumentado em 50% se comparado com as obras que não dispõem desse artifício. Além de um rigoroso controle tecnológico.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Luiz Gustavo de Solza e. **Reforço de pavimentos rodoviários com geossintéticos**, 2008.158 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- BRASIL - ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7207: Terminologia e Classificação de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 1982.
- BALBO, Jose Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2006.
- DER/SP – Departamento de Estradas de Rodagem. **Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos por meio de levantamento visual contínuo de defeitos da superfície**. São Paulo, 2006.
- BRASIL - ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2ª Ed – Rio de Janeiro, 2006.
- LORETO, Guilherme Guimarães Neto. **Estudo comparativo entre a pavimentação Flexível e Rígida**. Belém, 2011.
- MOURA, Edson de. **Classificação de pavimentos e identificação das camadas de pavimento**. São Paulo, 2011.
- SANTANA, H. **Manual de Pré-Misturados a Frio**. Instituto Brasileiro de Petróleo, Comissão de Asfalto, Rio de Janeiro-RJ, 1993.
- SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2ª Ed – São Paulo, 2007.

## ANEXOS

## I – TRAÇO DO CBUQ “FAIXA C”

## GRANULOMETRIA BRITA 12mm

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO (DNER-ME 083/98)					
PESO DA AMOSTRA TOTAL 399,99					
PENEIRAS	Peso retido	% Retido	% Retido acum.	% PASSANDO	MISTURA
1 1/2"					
1"	0,00	399,99	0,00	100,00	100,0
3/4"	0,00	399,99	0,00	100,00	87,0
3/8"	33,00	366,99	8,25	91,75	78,0
04	99,40	267,59	33,10	66,90	52,0
10	261,00	6,59	98,35	1,65	46,0
40	3,80	2,79	99,30	0,70	24,0
80	1,40	1,39	99,65	0,35	12,0
200	0,64	0,75	99,81	0,19	3,0
FUNDO	0,75	0,00		-	
PESO DA AMOSTRA TOTAL 1.287,30					
PENEIRAS	Peso retido	% Retido	% Retido acum.	% PASSANDO	MISTURA
1 1/2"					
1"	0,00	1.288,00	0,00	100,00	100,0
3/4"	0,00	1.288,00	0,00	100,00	87,0
3/8"	32,20	1.255,80	2,50	97,50	78,0
04	990,00	265,80	79,36	20,64	52,0
10	259,20	6,60	99,49	0,51	46,0
40	4,00	2,60	99,80	0,20	24,0
80	1,30	1,30	99,90	0,10	12,0
200	0,60	0,70	99,95	0,05	3,0
FUNDO	0,70	0,00		-	
OBS.:					
C.B.U.Q FAIXA (B) DNIT					
RODOVIA: BR 101 PE	TRECHO: CONTORNO DO RECIFE		SUB-TRECHO:		
PROCEDÊNCIA: C.B.U.Q	COLETA: ESTOQUE		CALCULISTA: 		
TIPO DE A GREGADO: BRITA 12	VISTO:				
OPERADOR: EQUIPE	DATA: 31/10/17				
SETOR DE BETUMES					

### GRANULOMETRIA BRITA 25mm

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO (DNER-ME 083/98)					
PESO DA AMOSTRA TOTAL 1.394,21					
PENEIRAS	Peso retido	% Retido	% Retido acum.	% PASSANDO	MISTURA
1 1/2"					
1"	0,00	1.394,21	0,00	100,00	100,0
3/4"	242,20	1.152,01	17,37	82,63	87,0
3/8"	1.075,20	76,81	94,49	5,51	78,0
04	74,00	2,81	99,80	0,20	52,0
10	1,12	1,69	99,88	0,12	46,0
40	0,70	0,99	99,93	0,07	24,0
80	0,89	0,10	99,99	0,01	12,0
200	0,00	0,10	99,99	0,01	3,0
FUNDO	0,10	0,00		-	
PESO DA AMOSTRA TOTAL 1.378,80					
PENEIRAS	Peso retido	% Retido	% Retido acum.	% PASSANDO	MISTURA
1 1/2"					
1"	0,00	1.378,80	0,00	100,00	100,0
3/4"	252,00	1.126,80	18,28	81,72	87,0
3/8"	1.056,20	70,60	94,88	5,12	78,0
04	68,20	2,40	99,83	0,17	52,0
10	1,30	1,10	99,92	0,08	46,0
40	0,60	0,50	99,96	0,04	24,0
80	0,40	0,10	99,99	0,01	12,0
200	0,10	0,00	100,00	0,00	3,0
FUNDO	0,00	0,00		-	
OBS.:					
C.B.U.Q FAIXA (B) DNIT					
RODOVIA: BR 101 PE	TRECHO: CONTORNO DO RECIFE		SUB-TRECHO:		
PROCEDÊNCIA: C.B.U.Q	COLETA: ESTOQUE		CALCULISTA: 		
TIPO DE AGREGADO: BRITA 25	VISTO:				
OPERADOR: EQUIPE	DATA: 31/10/17				
SETOR DE BETUMES					

## GRANULOMETRIA PÓ DE PEDRA

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO (DNER-ME 083/98)					
PESO DA AMOSTRA TOTAL 1.445,20					
PENEIRAS	Peso retido	% Retido	% Retido acum.	% PASSANDO	MISTURA
1 1/2"					
1"	0,00	1.445,20	0,00	100,00	100,0
3/4"	0,00	1.445,20	0,00	100,00	87,0
3/8"	0,00	1.445,20	0,00	100,00	78,0
04	9,20	1.436,00	0,64	99,36	52,0
10	552,20	883,80	38,85	61,15	46,0
40	532,00	351,80	75,66	24,34	24,0
80	145,20	206,60	85,70	14,30	12,0
200	113,20	93,40	93,54	6,46	3,0
FUNDO	93,40	0,00		-	
PESO DA AMOSTRA TOTAL 1.417,20					
PENEIRAS	Peso retido	% Retido	% Retido acum.	% PASSANDO	MISTURA
1 1/2"					
1"	0,00	1.417,20	0,00	100,00	100,0
3/4"	0,00	1.417,20	0,00	100,00	87,0
3/8"	0,00	1.417,20	0,00	100,00	78,0
04	12,00	1.405,20	0,85	99,15	52,0
10	540,00	865,20	38,95	61,05	46,0
40	530,00	335,20	76,35	23,65	24,0
80	136,00	199,20	85,94	14,06	12,0
200	112,00	87,20	93,85	6,15	3,0
FUNDO	87,20	0,00		-	
OBS.:					
C.B.U.Q FAIXA (B) DNIT					
RODOVIA: BR 101 PE	TRECHO: CONTORNO DO RECIFE		SUB-TRECHO:		
PROCEDÊNCIA: C.B.U.Q	COLETA: ESTOQUE		CALCULISTA: 		
TIPO DE AGREGADO: PÓ DE PEDRA	VISTO:				
OPERADOR: EQUIPE	DATA: 31/10/17				

## GRANULOMETRIA AREIA

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO (DNER-ME 083/98)					
PESO DA AMOSTRA TOTAL 659,60					
PENEIRAS	Peso retido	% Retido	% Retido acum.	% PASSANDO	MISTURA
1 1/2"					
1"	0,00	659,60	0,00	100,00	100,0
3/4"	0,00	659,60	0,00	100,00	87,0
3/8"	0,00	659,60	0,00	100,00	78,0
04	0,00	659,60	0,00	100,00	52,0
10	38,40	621,20	5,82	94,18	46,0
40	245,60	375,60	43,06	56,94	24,0
80	189,20	186,40	71,74	28,26	12,0
200	96,20	90,20	86,33	13,67	3,0
FUNDO	90,20	0,00		-	
PESO DA AMOSTRA TOTAL 698,60					
PENEIRAS	Peso retido	% Retido	% Retido acum.	% PASSANDO	MISTURA
1 1/2"					
1"	0,00	698,60	0,00	100,00	100,0
3/4"	0,00	698,60	0,00	100,00	87,0
3/8"	0,00	698,60	0,00	100,00	78,0
04	0,00	698,60	0,00	100,00	52,0
10	36,20	662,40	5,18	94,82	46,0
40	251,20	411,20	41,14	58,86	24,0
80	186,20	225,00	67,79	32,21	12,0
200	194,00	31,00	95,56	4,44	3,0
FUNDO	31,00	0,00		-	
OBS.:					
C.B.U.Q FAIXA (B) DNIT					
RODOVIA: BR 101 PE	TRECHO: CONTORNO DO RECIFE		SUB-TRECHO:		
PROCEDÊNCIA: C.B.U.Q	COLETA: ESTOQUE		CALCULISTA: 		
TIPO DE AGREGADO: AREIA	VISTO:				
OPERADOR: EQUIPE	DATA: 31/10/17				
SETOR DE BETUMES					

## ENSAIO DE CARACTERÍSTICAS DO RR1C

ENSAIOS		UNID:	RESULTADO		MEDIA	ESPC.
<b>PENEIRAÇÃO</b>		PESO %	0,01	0,01	0,01	MÁX. 0.1
MB 005/94						
<b>VICOSIDADE</b>		Seg	23	24	23,5	MÁX. 90
ORIFICIO						
FUROL UNIVERSAL						
<b>SEDIMENTAÇÃO</b>		PESO %	2,6	2,5	2,55	MÁX. 5,0
APÓS 5 DIAS						
NBR 6570						
<b>RESIDUO</b>		PESO %	63,2	63,8	63,5	MIN. 62,2
DENSIDADE RELATIVA 25°C/25°C		PESO	0,998	0,998	0,998	-
ME' TODO						
DO PICNÔMETRO						
RODOVIA:		TRECHO:				
BR- 101 PE		KM 51,6 A 82,3				
PROCEDÊNCIA:		Nº DA NOTA FISCAL:				
BRASQUIMICA		5490				
DATA:		VISTO:		CALCULISTA:		
27/10/2017						

## RESUMO DE ENSAIO BGS

DNIT				RESUMO DE ENSAIO E CONTROLE ESTATÍSTICO - BGS																						
RODOVIA:				TRECHO:				SEGMENTO:				CAMADA : BGS				PERÍODO:										
BR 101 PE				KM51,6A82,3				EXTENSÃO: KM 30,7				LOCALIZAÇÃO :				01/10/2017 A 31/10/2017										
CAMADA	DATA	POSICÃO	PROFUND. (cm)	GRANULOMETRIA								FAIXA AASHO	Limites Físicos			LG.	CLASSIFICAÇÃO	Ensaio no Laboratório					Laboratório Campo			ESTACA
				PENEIRAS									LL.	IP.	Energia de Compactação 56 Golpes do Soquete Padrão					Densidade "IN SITU "						
				1 1/2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	Densid (kg/m³)				Umid (%)			I.S.C	EXP.	Adotada	EX P.	Densid (kg/m³)	Umid (%)	Grau Compac t (%)		
BGS	04/10/2017	LE	19	100%	100%	73%	59%	42%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,255	6,9	101	0	100	0,3	2,363	6,6	101,6	117	
BGS	04/10/2017	LE	19	100%	100%	73%	59%	42%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,269	6,9	101	0	100	0,3	2,341	6,6	100,1	90+5	
BGS	04/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	59%	42%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,269	6,9	101	0	100	0,3	2,340	6,6	100,0	79	
BGS	04/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	59%	42%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,269	6,9	101	0	100	0,3	2,340	6,8	100,0	43	
BGS	04/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	59%	42%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,254	6,9	101	0	100	0,3	2,329	6,8	100,2	55	
BGS	05/10/2017	LE	20	100%	100%	74%	59%	44%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,247	6,4	100	0	100	0,3	2,425	6,4	104,7	21	
BGS	05/10/2017	LE	20	100%	100%	74%	59%	44%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,247	6,4	100	0	100	0,3	2,417	6,4	104,3	28	
BGS	05/10/2017	LE	20	100%	100%	74%	59%	44%	21%	8%	D	NL	NP	0	A.1B	2,247	6,4	100	0	100	0,3	2,318	6,4	100,1	29	
BGS	19/10/2017	LE	21	100%	100%	74%	59%	42%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,248	7,7	100	0	100	0,3	2,408	6,9	103,9	575	
BGS	19/10/2017	LE	20	100%	100%	74%	59%	42%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,248	7,7	100	0	100	0,3	2,368	6,9	102,2	578	
BGS	20/10/2017	LE	22	100%	100%	75%	59%	44%	22%	7%	D	NL	NP	0	A.1B	2,263	7,5	102	0	100	0,3	2,335	6,9	100,1	568	
BGS	20/10/2017	LE	22	100%	100%	75%	59%	44%	22%	7%	D	NL	NP	0	A.1B	2,263	7,5	102	0	100	0,3	2,347	6,9	100,6	565	
BGS	20/10/2017	LE	22	100%	100%	75%	59%	44%	22%	7%	D	NL	NP	0	A.1B	2,263	7,5	102	0	100	0,3	2,334	6,9	100,0	561	
BGS	24/10/2017	LE	21	100%	100%	73%	58%	42%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,268	6,6	100	0	100	0,3	2,339	6,4	100,0	557	
BGS	24/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	58%	42%	21%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,268	6,6	100	0	100	0,3	2,390	6,4	102,2	550	
BGS	25/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	57%	43%	23%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,275	6,3	101	0	100	0,3	2,361	6,4	100,7	536	
BGS	25/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	57%	43%	23%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,275	6,3	101	0	100	0,3	2,346	6,4	100,0	537	
BGS	25/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	57%	43%	23%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,275	6,3	101	0	100	0,3	2,357	6,4	100,5	529	
BGS	26/10/2017	LE	21	100%	100%	74%	58%	43%	23%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,265	6,4	101	0	100	0,3	2,355	6,4	100,9	520	
BGS	26/10/2017	LE	20	100%	100%	74%	58%	43%	23%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,265	6,4	101	0	100	0,3	2,337	6,4	100,1	494	
BGS	27/10/2017	LE	21	100%	100%	75%	57%	42%	23%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,263	6,8	101	0	100	0,3	2,365	6,8	101,4	500	
BGS	27/10/2017	LE	20	100%	100%	75%	57%	42%	23%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,263	6,8	101	0	100	0,3	2,355	6,2	100,9	501	
BGS	28/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	56%	42%	22%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,259	6,3		0	100	0,3	2,357	6,2	101,2	483	
BGS	28/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	56%	42%	22%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,259	6,3		0	100	0,3	2,348	6,2	100,8	462	
BGS	28/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	56%	42%	22%	6%	D	NL	NP	0	A.1B	2,259	6,3		0	100	0,3	2,363	6,4	101,5	435	
BGS	31/10/2017	LE	19	100%	100%	73%	58%	43%	23%	7%	D	NL	NP	0	A.1B	2,249	6,5		0	100	0,3	2,340	6,4	100,9	370	
BGS	31/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	58%	43%	23%	7%	D	NL	NP	0	A.1B	2,249	6,5		0	100	0,3	2,347	7	101,2	374	
BGS	31/10/2017	LE	19	100%	100%	73%	58%	43%	23%	7%	D	NL	NP	0	A.1B	2,249	6,5		0	100	0,3	2,346	7	101,2	387	
BGS	31/10/2017	LE	20	100%	100%	73%	58%	43%	23%	7%	D	NL	NP	0	A.1B	2,249	6,5		0	100	0,3	2,333	7	100,6	394	

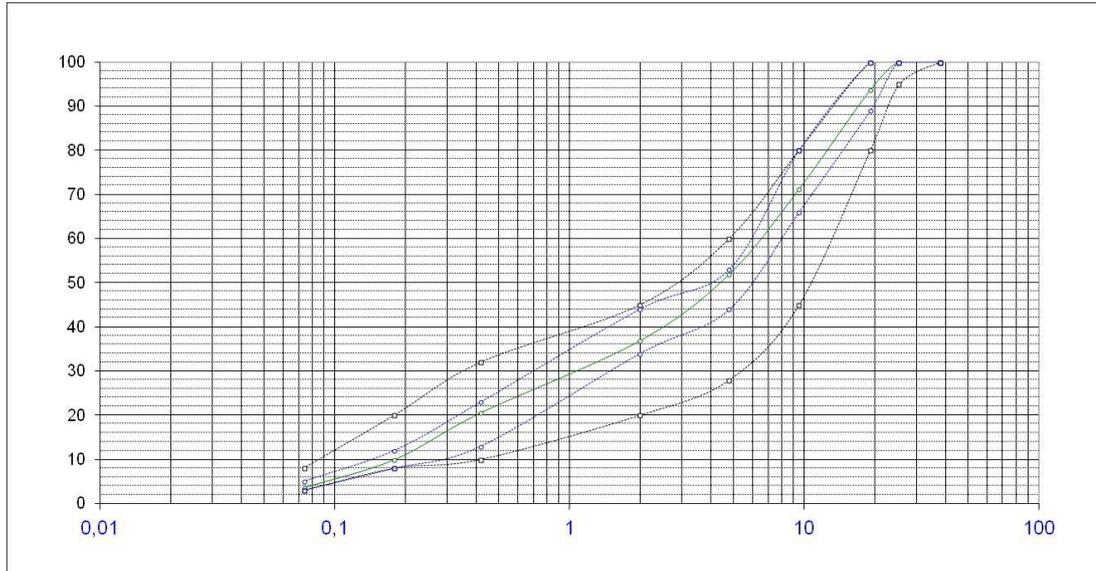
Cálculo dos Parâmetros				
Serviço	X	s	X + ks	X - ks
Compactação	101,1	1,840	101,1	101,1

Critério de Aceitação - Projeto / Norma EC-PAV-05	
a - Para Compactação ==>	X - ks ≥ 100%.
b - Para ISC ==>	X - ks ≥ 100 %.
Aceitação do Serviço	
BGS	SIM

## DOSAGEM DE MISTURA BETUMINOSA – MÉTODO MARSHALL

 <b>CONCRETO ASFÁLTICO- DNIT 031/2006 FAIXA-(B)</b> <b>ENSAIO MARSHALL- (DNER ME 043)</b>																				
RODOVIA: BR-101 PE										DATA:30/10/2017										
TRECHO: CONTORNO DO RECIFE										CALCULISTA: 										
OPERADOR: EQUIPE ESTACA 195 A 245 2ª CAMADA										VISTO:										
ENSAIO NA USINA																				
Estabilidade Marshall / Resist. Tração C. Diamet. (75 Golpes)					Traço			Agreg		C/Lig.		Extração de Betume								
Corpo de prova nº.	1	2	3	4	Media	B-25	22,0%	20,9%			Amost+Tara(g)		1.865,0							
Altura do C. Prova (cm)	6,39	6,33	6,32			B-12	29,0%	27,6%			Tara (g)		1.365,0							
Peso ao ar (g)	1200,1	1198,4	1197,2			Pó Pedra.Ø4,8	37,0%	35,2%			Amostra (g)		500,0							
Peso lmerso(g)	691,0	690,0	691,0			AREIA	12,0%	11,4%			Insol.+Tara(g)		1.839,9							
Volume (cm3)	509,1	508,4	506,2			FILLER					Solúvel (g)		25,1							
Densid. aparent.(g/cm3)	2,357	2,357	2,365		2,360	CAPflex 50/70		5,0%			Teor Betume %		5,02							
Densid. teórica .(g/cm3)	2,479	2,479	2,479		2,479	Granulometria														
Volume de vazios %	4,9	4,9	4,6		4,8	Peneiras		Peso	%	%	Faixa Trabalho		Faixa-"B" DNIT							
V. C. B. %	11,49	11,49	11,53		11,5	Pol	mm	Retido(g)	Retido	Pass.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.						
V. A. M. %	16,39	16,39	16,13		16,3					100	100	100	100	100						
R. B. V. %	70,1	70,1	71,5		70,6	1 1/2"	38,1	0,0	0,0	100	100	100	100	100						
Estab.Leit.Defl.(001mm)	490	500			495	1"	25,4	0,0	0,0	100	100	100	95	100						
Estabilid. Encont. (kg)	924	943			934	3/4"	19,1	30,0	443,2	94	89	100	80	100						
Estabilid. Corrig. (kg)	914	943			929	3/8"	9,5	106,2	337,0	71	66	80	45	80						
Resist.T.C.Diam.Leitur.			320		320	nº 4	4,8	90,2	246,8	52	44	53	28	60						
Resist.Trç.C.Diam.(MPa)			1,30		1,30	nº 10	2,0	72,2	174,6	37	34	44	20	45						
Fluência (mm)						nº 40	0,42	77,2	97,4	21	13	23	10	32						
<b>Ensaio de Ligante CAPflex 50/70</b>						Result.	Result.	MEDIA	nº 80	0,18	50,2	47,2	10	8	12	8	20			
Retorno Elástico 25°C (ME 382/99 (%))									nº 200	0,074	30,2	17,0	4	3	5	3	8			
Penetraç.(ME-03/99)25°C-100g-5s-0,1mm									Fundo		17,0			Prensa - k 1,887						
Ponto de Fulgor - °C									Peso depois g		473,2			Correção da Estabilidade						
Ponto de Amolecimento (ME-247/94) - °C									Peso Antes g		474,9			volume-fator cor	volume-fator cor.					
Espuma - 175 - °C (Sim / Não)									Densid.Relativa ME-243/94		2,479				478 - 480 = 1,06	501 - 503 = 0,99				
Viscos.Saybolt Furol - sSF-135°C									Dens. Mistura (Projeto)		2,480				481 - 483 = 1,05	504 - 506 = 0,98				
<b>Controle Temperat.°C</b>						1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Media			484 - 487 = 1,04	507 - 509 = 0,97				
Ligante (aplicação)						155	156	155	155	155	154	155			488 - 490 = 1,03	510 - 513 = 0,96				
Massa na Saida Usina						169	168	167	169	169	170	169			491 - 494 = 1,02	514 - 517 = 0,95				
Massa Cheq. na Pista													Prod.Usina	t	H.Trab.	495 - 497 = 1,01	518 - 521 = 0,94			
Rolagem						155	155	155	155	155	155	155					498 - 500 = 1,00	522 - 526 = 0,93		
Obs						Fator Corr.(500-Vol.)/x0,3/100+1														



EQUIVALENTE DE AREIA



## CONSTRUTORA ANDRADE GUEDES

OBRA : BR 101 PE CONTORNO DO RECIFE

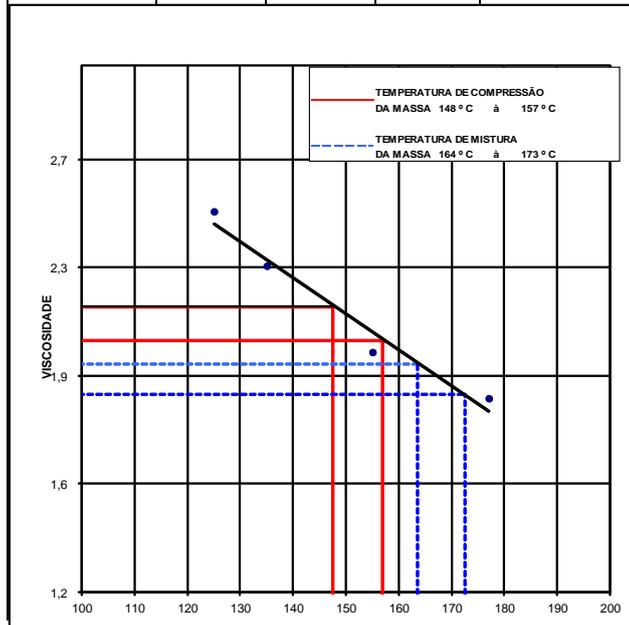
DATA :28/10/2017

Nº DE SÉRIE: 5486

ENSAIOS	OBTIDO	CRITÉRIO	CALCULISTA:
PENETRAÇÃO	52	> 50mm	
PONTO DE FULGOR	305	> 235°C	
I. S TÉRMICA	-0,9	-1,5 á 1,0	VISTO:
ESPUMA	NÃO	175°C NESP	
VISC. Á 135°C	177	> 110	

## CURVA DE VISCOSIDADE x TEMPERATURA Á CADA 100 TON

TEMP. °C	VSSF		MÉDIA	LOG
	1ª PROVA	2ª PROVA		
125	318	316	280	2,502
135	207	206	177	2,316
155	105	107	115	2,021
177	71	72	73	1,863



DIGITAR VALORES QUE SE VISUALIZA NA RETA DE TANGENCIA DO GRÁFICO

Eixo "X" 1ª Temp. compressão

Min.	Máx.
147,5	157

DIGITAR VALORES QUE SE VISUALIZA NA RETA DE TANGENCIA DO GRÁFICO

Eixo "X" 2ª Temp. Mistura

Máx.	Min.
172,5	163,5

— TEMPERATURA DE COMPRESSÃO  
DA MASSA 148 ° C á 157 ° C

- - - TEMPERATURA DE MISTURA  
DA MASSA 164 ° C á 173 ° C