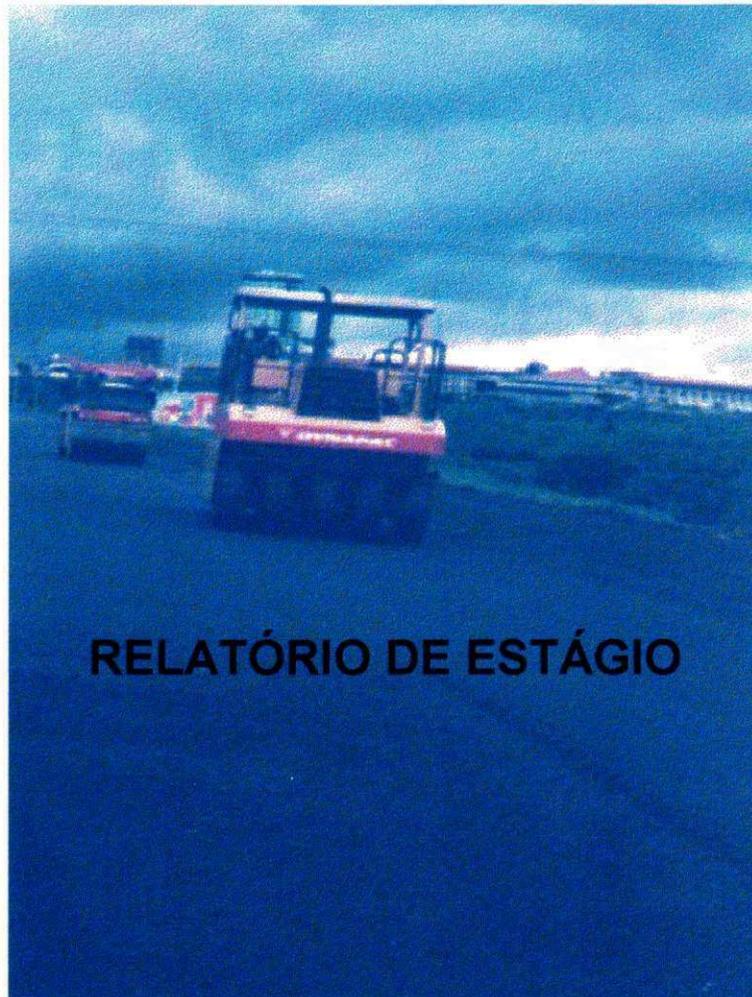


**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTO DO INTERIOR**

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE GEOTECNIA



**RELATÓRIO DE ESTÁGIO**

- *DIANA ITAMÊ MARIA LIMA FÉLIX DE SOUZA*
- *HUMBERTO MAYNART SANTOS*

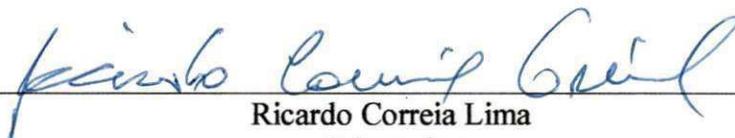
Campina Grande – Paraíba  
Agosto de 2000



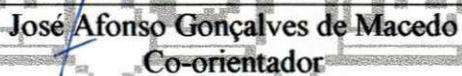
Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

# RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO



Ricardo Correia Lima  
Orientador



José Afonso Gonçalves de Macedo  
Co-orientador



Gentil Felizola Lins de Araújo  
Supervisor



Raimundo Leidimar Bezerra  
Examinador



Diana Itamé Maria Lima Felix de Souza  
Estagiária



Humberto Maynard Santos  
Estagiário

Campina Grande – Paraíba  
Agosto de 2000

# RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Área de Estágio: Pavimentação

Orientador: Ricardo Correia Lima

Co-orientador: José Afonso Gonçalves de Macêdo

Supervisor: Gentil Felizola Lins de Araújo

Coordenadora: Maria Constância Ventura Crispim Muniz

Local de Estágio: Duplicação da Rodovia BR-230/PB

Entidade Concedente: Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba (DER-PB).

Endereço: Av. José Américo de Almeida, s/n, João Pessoa – Paraíba

Campina Grande – Paraíba  
Agosto de 2000

## **Agradecimentos**

Para que esse trabalho pudesse ser realizado foi necessário a colaboração de pessoas ligadas à área administrativa da Universidade e do Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba (DER). Agradecemos de forma especial à coordenadora de estágio Maria Constância Crispim Diniz, os professores Ricardo Correia Lima e José Afonso Gonçalves de Macêdo e os engenheiros do DER/PB Gentil Felizola Lins de Araújo e Ivan Braga. Agradecemos também aos técnicos do DER/PB que deram sua contribuição passando suas experiências para os estagiários.

## **Apresentação**

Este presente relatório apresenta uma revisão bibliográfica acompanhada de todas as atividades desenvolvidas pelos estagiários Diana Itamê Maria Lima Félix de Souza e Humberto Maynard Santos, durante o período de estágio na duplicação da BR-230/PB, trecho Campina Grande – João Pessoa, destacando também técnicas e materiais utilizados na construção da rodovia.

A finalidade do estágio supervisionado é proporcionar ao graduando um contato direto com a prática, onde surgirão problemas e soluções, fazendo com que o estagiário associe os mesmos aos conhecimentos teóricos desenvolvidos na Universidade. Assim sendo, o graduando estará apto a ingressar no mercado de trabalho.

O estágio foi realizado no período de 20 de março a 31 de julho de 2000, com a carga horária de 20 horas semanais, finalizando com um total de 372 horas sob a orientação do Professor Ricardo Correia Lima.

## **Símbolos/Siglas**

**DNER:** Departamento Nacional de Estradas e Rodagem;

**DER-PB:** Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba;

**AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials

**USACE:** U. S. Army Corps of Engineers

**CBUQ:** Concreto Betuminoso Usinado a Quente;

**PMQ:** Pré-Misturado à Quente

**CBR:** (California Bearing Ratio) ou Índice de Suporte Califórnia;

**BGS:** Brita Graduada Simples;

**CAN:** Cimento Asfáltico Natural;

**CAP:** Cimento Asfáltico de Petróleo;

**CM:** Cura Média;

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas;

**NBR:** Norma Brasileira;

**ME:** Método de Ensaio.

# Índice

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MATERIAIS PÉTREOS</b> .....	<b>2</b>
2.1. DEFINIÇÃO.....	2
2.2. CLASSIFICAÇÃO.....	2
2.2.1. <i>Quanto a Natureza:</i> .....	2
2.2.2. <i>Quanto ao Tamanho:</i> .....	3
2.2.3. <i>Quanto à Graduação:</i> .....	3
<b>2.3. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS</b> .....	<b>4</b>
2.3.1. <i>Conceituação</i> .....	4
2.3.2. <i>Determinação das Características</i> .....	4
2.3.2.1. <i>Agregado Graúdo</i> .....	4
<b>2.4. PRODUÇÃO DE AGREGADOS</b> .....	<b>10</b>
2.4.1. <i>Conceituação Básica</i> .....	10
2.4.2. <i>Britadores</i> .....	10
2.4.3. <i>Usina para Mistura</i> .....	14
2.4.3.1. <i>Tipo</i> .....	14
2.4.3.2. <i>Operação</i> .....	16
2.4.3.3. <i>Manutenção</i> .....	17
2.4.3.4. <i>Problemas Operacionais</i> .....	17
<b>3. LIGANTES ASFÁLTICOS</b> .....	<b>18</b>
3.1. <i>CONCEITOS</i> .....	18
3.2. <i>PRODUÇÃO</i> .....	19
3.3. <i>CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO (CAP)</i> .....	20
3.3.1. <i>Constituição</i> .....	21
3.3.2. <i>Comportamento</i> .....	21
3.3.3. <i>Caracterização dos CAPs</i> .....	22
3.3.4. <i>Especificações</i> .....	23
3.3.5. <i>Utilização</i> .....	24
3.4. <i>IMPRIMAÇÃO</i> .....	25
3.4.1. <i>Materiais Asfálticos</i> .....	25
3.4.2. <i>Equipamentos</i> .....	26
3.4.3. <i>Execução</i> .....	26
3.4.4. <i>Controle</i> .....	27

<b>4. ESTUDOS.....</b>	<b>28</b>
4.1. ESTUDOS DE TRÁFEGO.....	28
4.1.1. <i>Dados Coletados</i> .....	28
4.1.2. <i>Pesquisas Fluxogramétricas</i> .....	28
4.1.3. <i>Pesquisas de Passagem de Eixos</i> .....	29
4.1.4. <i>Pesquisas Atuais</i> .....	29
4.1.5. <i>Análises</i> .....	29
4.1.5.1. Crescimento do Tráfego.....	29
4.1.5.2. Número "N".....	30
4.1.5.3. Capacidade e Nível de Serviço.....	30
4.2. ESTUDO TOPOGRÁFICO.....	31
4.3. ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....	33
4.3.1. <i>Estudo do Pavimento Existente</i> .....	33
4.3.2. <i>Estudo do Terreno Natural e das Ocorrências de Materiais para Emprego nas Camadas de Terraplenagem, Pavimentação e Restauração do Pavimento Existente</i> .....	36
4.4. ESTUDO HIDROLÓGICO.....	37
<b>5. PROJETOS.....</b>	<b>39</b>
5.1. PROJETO GEOMÉTRICO.....	39
5.2. PROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	41
5.3. PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTE.....	42
5.3.1. <i>Dimensionamento</i> .....	43
5.3.2. <i>Obras de Arte Especiais</i> .....	45
5.4. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....	46
5.4.1. <i>Dimensionamento</i> .....	47
5.4.1.1. Método do DNER.....	47
5.4.1.2. Método da Resiliência.....	49
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>53</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Neste relatório serão apresentados os serviços executados no canteiro de obras da construção da duplicação da BR-230/PB trecho Campina Grande – João Pessoa, durante o estágio supervisionado no período citado na página anterior. Durante tal período, foram executados serviços de terraplenagem, pavimentação, construção de obras de arte, além dos trabalhos na produção da brita graduada simples (BGS) e processo de mistura, assim como, a produção de CBUQ e ensaios de laboratório.

Também serão tratados o controle e produção dos materiais utilizados nos serviços citados acima, bem como, assuntos referentes as fases de estudos, projetos e discussão de resultados.

## **2. MATERIAIS PÉTREOS**

### **2.1. Definição**

Na pavimentação são usados materiais pétreos conhecidos sob a denominação genérica de agregados.

### **2.2. Classificação**

Os agregados usados em pavimentação podem ser classificados quanto à natureza, tamanho e distribuição dos grãos.

#### **2.2.1. Quanto a Natureza:**

Os agregados podem ser naturais ou artificiais:

- Agregados naturais são constituídos de grãos oriundos da alteração das rochas pelos processos de intemperismo ou produzidos por processos de britagem: pedregulhos sexos britagem areia etc.

- Agregados artificiais são aqueles em que os grãos são provenientes de subproduto de processo industrial por transformação física e química do material: escoria de alto forno, argila calcinada, argila expandida, etc.



**Figura 1: jazida de materiais pétreos**

#### 2.2.2. Quanto ao Tamanho:

O agregado graúdo é o material que fica retido na peneira n° 10 (2,0mm).

O agregado miúdo é o material que passa na peneira n° 10 (2,0mm) e fica retido na peneira n° 200 (0,074mm).

E o agregado de enchimento é o que passa pelo menos 65% na peneira n° 200 (0,074mm).

#### 2.2.3. Quanto à Graduação:

Os agregados são classificados em graduação densa, aberta e tipo macadame.

- Agregados de graduação densa é aquele que apresenta uma curva granulométrica de material bem graduado e contínua, com quantidade de material fino, principalmente na peneira nº 200, suficiente para preencher os vazios entre as partículas maiores.

- Agregado de graduação aberta é aquele que apresenta uma curva granulométrica de material bem graduado e contínua, com insuficiência de material fino, principalmente na peneira nº 200, para preencher os vazios entre as partículas maiores.

- Agregado tipo macadame é aquele que possui partículas de um único tamanho, o chamado "one size aggregate". Trata-se, portanto de um agregado de granulométrica uniforme onde o diâmetro máximo é aproximadamente o dobro do diâmetro mínimo.

## **2.3. Características Tecnológicas**

### **2.3.1. Conceituação**

As características tecnológicas de um agregado servem para a distinção entre materiais de modo a comprovar sua uniformidade, e a escolha de um material que resista às cargas que o pavimento irá suportar.

### **2.3.2. Determinação das Características**

#### **2.3.2.1. Agregado Graúdo**

- *Amostragem*

A amostra ensaiada deve ser representativa do agregado.

São colhidas várias amostras, em diferentes pontos do material estocado, formando as amostras parciais que após reunidas formarão a amostra total.

Esta amostra total deverá ser misturada e quarteada através de quarteador ou quarteamento manual com a finalidade de corrigir a segregação.

Para o quarteamento com quarteador, procede-se do seguinte modo:

coloca-se o agregado no quarteador, em seguida recolhe a amostra dividida através da grade, em dois recipientes, uma parte é separada, e a outra é então passada outra vez no quarteador, dividindo-se em duas outras porções. Este procedimento é feito até que se obtenha a quantidade de amostra desejada.

- *Densidade Real do Grão ("Apparent Specific Gravity")*

A densidade real do grão é a relação entre a massa específica real do material ( $M_r$ ) e a massa específica da água ( $\gamma_a$ ) nas condições de ensaio.

$$D_r = \frac{M_r}{\gamma_a}$$

- *Densidade Aparente do Grão (Bulk Specific Gravity)*

A densidade aparente do grão é a relação entre a massa específica aparente do grão ( $M_a$ ) e a massa específica da água ( $\gamma_a$ ) nas condições de ensaio.

$$D_a = \frac{M_a}{\gamma_a}$$

Para a determinação em laboratório requer o seguinte procedimento:

A amostra quarteada ( $\pm 800g$ ) é lavada e imersa em água à temperatura ambiente por 24 horas. Após este período, a amostra é retirada da água de imersão e enxuta superficialmente com uma toalha e pesada (Ph).

Determina-se o peso da amostra úmida imersa, em uma cesta de malha nº 10 ( $P_i$ ). Posteriormente seca-se em estufa a 105 °C – 110 °C até peso constante ( $P_s$ ). Desconta-se sempre o peso da cesta. Então, tem-se:

$$D_r = \frac{P_s}{P_s - P_i} \quad D_a = \frac{P_s}{P_h - P_i}$$

sendo:

$P_s - P_i$  = Volume de partículas sólidas.

$P_h - P_i$  = Volume de partículas sólidas + volume de poros preenchidos pela água.

#### *Observação:*

A finalidade principal da determinação das densidades é o cálculo de densidades teóricas de misturas betuminosas.

A principal diferença entre a densidade aparente e a densidade real é que os vazios permeáveis são incluídos no volume do agregado para a densidade aparente e excluídos no volume do agregado para a “apparent”.

Uma parcela do material betuminoso penetra nos poros do agregado e outra parcela envolve o agregado. Como o veículo para determinação das densidades é a água e, conseqüentemente, o volume de poros preenchidos pelo asfalto é menor que o volume de poros preenchidos pela água, a densidade efetiva ( $D_{ef}$ ) a ser considerada numa mistura betuminosa é diferente das densidades anteriormente determinadas. Assim a densidade efetiva é a relação entre a massa do grão do agregado e seu volume de partículas sólidas, mais o volume de poros impermeáveis e o de poros no qual o material betuminoso penetrou durante o tempo de recobrimento do agregado. E para absorção maior que 1%, alguns autores consideram o seguinte critério para o cálculo da densidade efetiva:

$$Def = \frac{Dr + 2Da}{3}$$

- *Absorção:*

É a relação entre peso de água absorvida pelo material após 24 horas de imersão à temperatura ambiente e peso de material seco, em percentagem.

$$a = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

sendo:

a – absorção da água, em % em peso.

- *Granulometria*

Visa determinar a distribuição dos diferentes tamanhos dos grãos do agregado.

Requer o seguinte procedimento:

Pesa-se a amostra seca em estufa, depois peneira-se em uma série de peneiras padrão. Com o material retido em cada peneira é calculada a percentagem, em peso, passando, do total da amostra ensaiada.

- *Adesividade*

A adesividade do agregado ao ligante betuminoso é medida em laboratório misturando-se cerca de 500g de agregado obtido entre as peneiras  $\frac{3}{4}$ " e  $\frac{1}{2}$ ", limpo e seco, com 17,5g de asfalto com e sem o dope. O cimento asfáltico é aquecido a 130 °C para

proporcionar uma boa mistura com o agregado. Após seu resfriamento, ou cura ou rompimento, os agregados envolvidos são colocados em um vidro com água e levados à estufa a 40 °C por 72 horas. É verificado se o recobrimento é perfeito (boa adesividade) ou se houve o deslocamento de películas de ligante betuminoso (má adesividade).

- *Perda por Abrasão*

A perda à abrasão Los Angeles, consiste em submeter cerca de 5000g (mi) de agregado a 500 a 1000 revoluções no interior do cilindro de uma máquina Los Angeles. Cerca de dez esferas padrões de aço misturadas ao agregado induzem impactos violentos nos grãos por ocasião do movimento de rotação do cilindro.

$$LA = \frac{mi - mf}{mi} \times 100$$

O resultado do ensaio é avaliado pela perda de material em relação a massa inicial da amostra:

- *Índice de Forma*

O ensaio de cubicidade tem por finalidade medir a forma do grão. Os agregados são passados por crivos redutores e é calculado um índice de forma (f) que varia de 0 a 1. Quando f = 1, diz-se que o agregado é de ótima cubicidade; e quando f = 0, ele é lamelar (achatado ou alongado).

- *Resistência ao Choque*

O ensaio de choque consiste em dar uma série de golpes com um soquete padrão no agregado colocado dentro de um cilindro. Determina-se a perda de peso do agregado após a ação do impacto.

- *Esmagamento*

Esse ensaio mede a resistência do agregado à compressão de uma carga de 40 tf, aplicada uniformemente sobre os agregados colocados dentro de um cilindro, a uma razão de 4 tf/min.

- *Sanidade*

Esse ensaio visa determinar a resistência dos agregados à desintegração química.

O basalto se deteriora formando argila, que não serve para pavimentação.

#### 2.3.2.2. Agregado Miúdo

- *Amostragem*

Nos agregados miúdos o problema de amostragem é bem mais atenuado que nos agregados graúdos. A segregação dos grãos é menor, pois trata-se de material de granulometria fina, passando na peneira de malha 2,0 mm (Nº 10). Contudo, devem ser tomados cuidados para que a amostra coletada seja representativa do material.

- *Grumos*

São pequenos torrões formados pela aglutinação de partículas quando o material está úmido. Os grumos não podem estar presentes no “Filler” por não ser este submetido, necessariamente, ao aquecimento por ocasião da confecção das misturas betuminosas. O cimento, por exemplo, fica endurecido com a presença de umidade.

O ensaio consiste em verificar se há presença ou ausência de grumos, pelo simples atrito entre os dedos.

- *Massa Específica Real*

A finalidade é caracterizar o material, sendo um dos parâmetros usados para o cálculo de densidades teóricas de misturas betuminosas.

## **2.4. Produção de Agregados**

### **2.4.1. Conceituação Básica**

Cominuição é o conjunto de operações de redução de tamanho de partículas minerais, executado de maneira controlada e de modo a cumprir um objetivo pré-determinado. Isto inclui as exigências de controlar o tamanho máximo dos produtos e de evitar a geração de quantidades excessivas de finos.

Cominuição envolve britagem e moagem. Elas são diferentes não só em termos da faixa de tamanhos considerada como, principalmente, dos mecanismos de redução de tamanhos envolvidos. Nos processos de moagem se restringem às frações mais finas e utilizam mecanismos de abrasão e arredondamento.

### **2.4.2. Britadores**

- *Tipos de Britadores*

Existem inúmeros tipos de britadores, mas nem todos têm aplicação industrial tão generalizada.

O processo de redução de diâmetro dos agregados se faz por:

FASE 1 – Britagem Primária – Britadores de mandíbula.

FASE 2 – Britagem Secundária – Rebritadores de mandíbula/girosféricos (rebritadores de cone).

FASE 3 – Britagem Terciária – Giroféricos (rebritadores de cone).

FASE 4 – Britagem Quaternária – Hircônicos, giroféricos/rocha, ou moinhos de barra ou de bola.

Vale salientar que a necessidade de todas essas fases no processo de britagem estão ligadas diretamente às faixas e aos volumes granulométricos exigidos pelo projeto.



**Figura 2: visão geral do britador**

- *Seleção de Britadores*

A escolha de um britador para um dado serviço deve atender uma série de exigências, cada qual independente das demais, são elas:

a) condição de recepção: o britador deve ter um gape grande para deixar passar o fragmento máximo da alimentação e fazê-lo chegar até uma posição dentro da câmara de britagem em que haja condição dele ser britado;

b) condição de processo: o britador deve gerar a distribuição granulométrica desejada pelo engenheiro de processos. Cada britador tem uma série de regulagens limitada e é preciso verificar se ele opera na abertura desejada;

c) Capacidade: varia com o seu tamanho e, para cada tamanho, com a abertura.

- *Fator de Serviço*

É necessário utilizar um fator de serviço para que o britador possa atender à capacidade necessária. Este fator é 1,5 para os britadores primários e 1,25 para os demais.

- *Desgaste de Peças de Britadores*

É importante saber calcular o consumo das peças e poder prever o momento de sua troca .

O método para calcular o desgaste consiste em:

- *Calcular a energia consumida na britagem através da equação de Bond:*

$$W = \frac{10 \times WI}{\sqrt{P}} - \frac{10 \times WI}{\sqrt{F}}$$

sendo:

W = é a energia consumida na britagem em Kwh/t;

WI = é o “work index” de Bond, expresso em Kkh/st;

P = malha por onde passa 80% do produto;

F = malha por onde passa 80% da alimentação.

- *Operação (Lubrificação)*

A lubrificação do britador é uma preocupação constante. Muitos modelos têm um dispositivo de proteção (intertravamento) que quando liga-se o equipamento, inicialmente é acionada a bomba de óleo lubrificante. Somente quando este penetrou entre os eixos e mancais é que o motor do britador é liberado para a partida.

- *Operação (Regulagem)*

A regulagem da abertura do britador é o parâmetro operacional mais importante. Nos britadores de mandíbulas é feita mediante a cunha ou encosto da abanadeira. Nos britadores da família dos giratórios é feita levantando ou abaixando o cone.

A regulagem hidráulica é feita com uma câmara cheia de óleo, por baixo do cone, sustentando-o. Bombeando-se óleo para esta câmara, o cone é levantado. Para abaixá-lo, retira-se óleo. Em caso de sobrecarga do britador, entrada de alguma peça metálica, como um

dente de escavadeira, existe um dispositivo de alívio que abre o britador, descarrega a peça e depois retorna às condições normais de operação.

- *Problemas Operacionais*

Um britador pode trabalhar mal por diversas razões:

a) empastamento: quando a alimentação tem grande proporção de finos e está úmida, ela pode grudar nas mandíbulas;

b) entupimento: blocos grandes, maiores que o tamanho máximo admitido pelo britador podem entrar nele. Acontecendo isto, o britador não pode quebrá-los e eles ficam entalados, numa posição tal que impedem o movimento da mandíbula;

c) atolamento: as partículas podem se arrumar dentro do britador de mandíbulas de tal maneira que formam um arco que sustenta as partículas acima dele e impede a sua passagem;

d) “Choking”: conforme o material vai sendo britado, o volume total ocupado pelas partículas aumenta-fenômeno do empolamento. Dentro do britador existe uma posição onde a capacidade de vazão é mínima. Se a vazão com que o britador é alimentado excede esta vazão crítica, o britador atola.

### 2.4.3. Usina para Mistura

#### 2.4.3.1. Tipo

- usina móvel

- usina fixa

A construção da camada de base do pavimento da duplicação da BR-230/PB, trecho Campina Grande – João Pessoa, é feita com brita graduada simples (BGS) que tem no seu processo de fabricação uma usina fixa para mistura dos agregados formados pelos seguintes elementos:

- silo dividido em três compartimentos com comportas;
- esteira rolante para levar os agregados até o misturador;
- misturador com comporta;
- painel de controle;
- reservatório de água;
- motor elétrico.

A figura abaixo mostra uma visão geral da usina de mistura utilizada



**Figura 3: Usina de Mistura**

#### 2.4.3.2. Operação

A operação da usina para mistura citado anteriormente, parte da seleção granulométrica do material que é feita nos compartimentos do silo, que por sua vez são preenchidos com pó de brita, pedrisco, brita 1 e brita 2. Em seguida esse material será lançado à esteira rolante passando por uma comporta que antecipadamente deve ser graduada de acordo com a quantidade estimada pelo traço adotado para o BGS. Ao cair na esteira esse material é levado até o misturador onde recebe um jato de água com vazão regulada de acordo com a umidade do agregado e um bom reconhecimento a olho de uma boa homogeneização da mistura e umidade ótima adequada. Essa mistura após homogeneizada por um sistema de palhetas é lançada por uma comporta na caçamba estacionada abaixo da mesma.

A figura abaixo mostra o misturador em plena operação.



**Figura 4: misturador de brita graduada**

#### *2.4.3.3. Manutenção*

A usina tem um sistema mecânico simples de fácil manutenção, mas de grande importância para que se mantenha um funcionamento regular, dando a produção necessária para ajudar a cumprir o cronograma exigido pela consultoria (DER) e o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).

Para o bom funcionamento da usina é necessário fazer com determinada frequência trabalhos de manutenção, tais como:

- lubrificação dos roletes que fazem o deslocamento da esteira;
- troca dos roletes sempre que os mesmos não estejam em 100% de funcionamento;
- limpeza das comportas do silo para que não haja alterações nas quantidades calculadas;
- troca das palhetas do misturador sempre que a mesma quebrar ou soltar do eixo;
- desobstrução dos orifícios que permitem a passagem do jato d'água;
- reparos na parte elétrica do painel de controle.

#### *2.4.3.4. Problemas Operacionais*

A usina de mistura é um setor do canteiro de obras de uma rodovia que deve ser dado uma atenção especial a sua manutenção preventiva para que sejam diminuídas ao máximo possível o número de problemas operacionais e até mesmo reduzi-los, se possível, a zero. Para isso deve-se manter a equipe de manutenção com profissionais experientes capazes de resolver os problemas de forma rápida, econômica e segura.

A usina de mistura do canteiro da duplicação da BR-230/PB Lote III, sempre trabalhou de forma bastante regular sem muitos problemas operacionais devido a boa manutenção nela existente. Os problemas operacionais mais comuns são:

- obstrução de uma das comportas por algum agregado de diâmetro maior que a abertura da comporta;
- alguns roletes param o funcionamento, prejudicando o desenvolvimento da esteira;
- quebra de alguma palheta;
- falta de material em um dos compartimentos do silo;
- falta d'água no reservatório.

### **3. LIGANTES ASFÁLTICOS**

#### **3.1. Conceitos**

- *Materiais Betuminosos*

São misturas de hidrocarbonetos que são grandes moléculas de carbono e hidrogênio encontradas no estado natural ou artificial como resíduo de destilação do petróleo. Estes materiais e seus derivados têm forte poder aglutinante, impermeabilizante e solúvel em bisulfeto de carbono (CS<sub>2</sub>).

- *Asfalto*

Material betuminoso de consistência variável, com forte poder aglutinante, obtido diretamente na natureza em jazidas ou por processo industrial através da destilação do petróleo.

- *Cimento Asfáltico de Petróleo*

São materiais oriundos de processo industrial através de destilação do petróleo denominado CAP, ou sendo natural denominado CAN. Tais materiais apresentam-se em estado semi-sólidos.

- *Emulsões Asfálticas*

Consistem em uma suspensão de asfalto na água (transformação temporária) mantida estável pelo emprego de um agente estabilizador ou emulsificador. A substância estabilizadora pode ser um sabão à base de ácido graxo, resinas, silicato de sódio, goma arábica, sais orgânicos, etc. A porcentagem do agente é, no máximo 2%.

### **3.2. Produção**

Os ligantes asfálticos têm origem em processos industriais, seja através de destilação dos cimentos asfálticos e utilização de agentes emulsificadores.

- *Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)*

Para pavimentação, os asfaltos são produzidos através da destilação direta, sem alterações significativas na sua composição química .

São produzidos diversos tipos de CAP com características diferentes em relação à viscosidade e temperatura, são eles: CAP-30/45; CAP-50/60; CAP-85/100; CAP-150/200 (classificação por penetração), CAP-7; CAP-20 e CAP-40 (classificação por viscosidade).

Para a fabricação da mistura asfáltica utilizada na construção da BR-230 foi utilizado o CAP-50/60.

- **Asfalto Diluído**

São obtidos pela diluição dos cimentos asfálticos de petróleo (CAP) em solventes originários da destilação fracionada do petróleo.

Solventes utilizados:

- gasolina;
- querosene;
- óleo Diesel.

No processo de produção de emulsão utilizada para imprimação e pintura de ligação da BR-230 usou-se o asfalto diluído CM-30

### **3.3. Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)**

Os cimentos asfálticos de petróleo (CAP) é originado do processo de destilação fracionada do petróleo, apresentando-se em estado semi-sólido.

Por serem originários de materiais betuminosos os asfaltos entram no pavimento com as funções de: dar coesão entre os agregados, impermeabilizar e dar flexibilidade ao pavimento.

Tipos de asfalto utilizados na duplicação da BR-230, lote III, trecho Campina Grande – João Pessoa:

- Cimento asfálticos de petróleo CAP-50/60;
- Asfalto diluído CM-30.

### 3.3.1. Constituição

Os cimentos asfálticos de petróleo são constituídos de 90 a 95% de hidrocarbonetos e 5% a 10% de heteroátomos (oxigênio, enxofre, nitrogênio e metais – vanádio, níquel e ferro) através de ligações covalentes.

Os processos de fracionamento mais simples separam as frações dos asfaltos em asfaltenos e maltenos. Os asfaltenos na sua percentagem de ocorrência está associada à consistência dos asfaltos. Os maltenos, que podem ainda ser separados em outras frações (óleos aromáticos, óleos saturados), constituem a fase de aspecto oleoso.

### 3.3.2. Comportamento

O comportamento dos asfaltos é afetado pela presença de oxigênio, da radiação ultravioleta e da duração da solicitação da carga que lhe é imposta: para solicitações de curta duração, o asfalto responde como um sólido elástico; para as solicitações de grande duração, ele apresenta um comportamento de um líquido viscoso. A maior complexidade de comportamento é verificado no caso de solicitações de duração intermediária.

O cimento asfáltico é um material em que a consistência varia com a temperatura (materiais termoplásticos), o que pode gerar sérios problemas para a mistura durante a compactação, devido às variações que ocorrerão na consistência do ligante, uma maior rigidez da mistura betuminosa, endurecimento, acarretando fissuras e desagregação da mistura. Esse comportamento pode ser observado durante a usinagem sob altas temperaturas e presença de ar durante o espalhamento e compactação, e a vida útil do pavimento.

### 3.3.3. Caracterização dos CAPs

Os cimentos asfálticos de petróleo (CAP) são classificados pelo seu grau de dureza retratado no ensaio de penetração, ou pela sua viscosidade.

Na construção de duplicação da BR-230 Lote-III, trecho Campina Grande – João Pessoa, foi adotado a classificação por penetração, a qual leva a ser realizados todos os ensaios que constam na norma do DNER. Este procedimento é feito em cada carregamento de CAP que chega ao canteiro de obras.

#### Ensaio Realizados:

- 01 ensaio de viscosidade absoluta a 60 °C (ABNT NBR-5847) quando o asfalto for classificado por viscosidade ou 01 (um) ensaio de penetração a 25 ° (DNER – ME 003) quando o asfalto for especificado por penetração para todo carregamento que chegar a obra;
- ponto de fulgor;
- índice de susceptibilidade térmica para cada 100t, determinado pelos ensaios DNER -ME 003 ABNT NBR 6560;

- ensaio de espuma;
- ensaio de viscosidade Saybolt-Fural (DNER – ME 004);
- Ensaio de viscosidade em diferentes temperaturas (DNER – ME 004) para o estabelecimento da curva Viscosidade X Temperatura, para cada 100t.

A penetração de um CAP é definida como a distância em décimos de milímetro que uma agulha padronizada penetra verticalmente em uma amostra de cimento asfáltico, sob condições especificadas de carga, tempo e temperatura, ou seja, 100g, 5s e 25 °C, respectivamente.

O Instituto Brasileiro de Petróleo e o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) especificam 4 (quatro) tipos de CAP, pela sua penetração: CAP 30-45; CAP 50-60; CAP 85-100 e CAP 150-200.

A classificação pela viscosidade se enquadra em 3 (três) grupos: CAP-7; CAP-20; CAP-40.

#### 3.3.4. Especificações

Além do que foi mostrado no item anterior sobre os ensaios a realizar que estão previstos em especificações, as especificações do DNER também normaliza outros serviços, tais como:

- instalar depósitos em locais afastados de cursos d'água;
- vedar o refugo de materiais usados à beira da estrada e em outros locais onde possam causar prejuízos ambientais;

- os depósitos para ligantes betuminosos deverão possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nas especificações. Estes dispositivos também deverão evitar qualquer superaquecimento. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para no mínimo 3 (três) dias de serviço.

Na duplicação da BR-230, trecho Campina Grande – João Pessoa, o depósito de CAP também chamado de “jumbo” esteve sempre com temperatura de 60 °C quando estava com o produto.

Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deverá ter certificado de análise, além de apresentar indicações relativas ao tipo e procedência de transporte entre a refinaria e o canteiro de serviço.

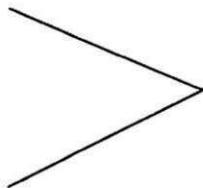
O cimento asfáltico de petróleo (CAP) que chegava no canteiro de obras da duplicação da BR-230, sempre apresentaram certificado de análise com todos os dados citados acima, que, por sua vez, o descarregamento só era autorizado após ensaios de laboratório acompanhados pela fiscalização do DER-PB.

### 3.3.5. Utilização

Os cimentos asfálticos de petróleo têm sua aplicação na construção civil no uso de impermeabilizante e em serviços de pavimentação onde são aplicados de acordo com as características da obra, ou seja, os ligantes mais adequados, levam em conta por exemplo: as condições ambientais, tráfego esperado, tipo de agregado, topografia da região, estrutura do pavimento proposto, viabilidade econômica, etc.

Utilização dos CAP's em obras de pavimentação.

- CAP-85/100; CAP-20
- CAP-50/60; CAP-40
- CAP-30/45



- Pré-misturado à quente.
- Concreto betuminoso usinado à quente.
- Areia asfalto à quente.

Para a obra de duplicação da BR-230 foi escolhido o CAP-50/60.

### **3.4. Imprimação**

É a aplicação de uma camada de material betuminoso sobre a superfície de base granular concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilizar e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado.

#### **3.4.1. Materiais Asfálticos**

Dependendo do objetivo da aplicação e da textura da camada a ser tratada podem ser usados os seguintes produtos asfálticos:

- asfaltos diluídos (à quente ou a frio);
- emulsões asfálticas (a frio);
- cimentos asfálticos (à quente);
- alcatrões AP-2 a AP-6.

A escolha do ligante betuminoso adequado será feito em função da textura do material da base.

Para a duplicação da BR-230 foi escolhido o asfalto diluído CM-30, na temperatura de 38 a 60 °C, visto que a imprimação seria feita sobre uma base de material que formava uma camada de textura aberta.

#### 3.4.2. Equipamentos

- caminhões-tanque para conduzir o material asfáltico dotados de sistema de aquecimento, dispendo de tacômetro, calibradores e termômetros com precisão de  $\pm 1$  °C;
- bombas para aplicar o material asfáltico sob pressão;
- barra espargidora de largura variável, de acordo com a largura da camada a ser tratada.

#### 3.4.3. Execução

Para se iniciar a execução da imprimação deve-se estar com temperatura ambiente superior a 10 °C e, a partir daí, limpar a camada que vai receber a imprimação retirando o pó, galhos de árvores, pontas de cigarro, fósforos, pedaços de papel ou qualquer entulho que possa interferir na qualidade do serviço.

Além do que foi dito no parágrafo anterior, deve-se tomar os seguintes cuidados na execução de uma imprimação:

- verificar que nenhum dos orifícios da barra espargidora esteja obstruído;
- não deixar que haja superposição dos jatos sobre a mesma área;
- o equipamento espargidor deve iniciar seu movimento fora da área a ser tratada;

- a área imprimada deve ser protegida de qualquer contato, proibindo-se o tráfego antes de concluída a total penetração e cura ou secagem do material asfáltico.

- controle permanente da temperatura.

#### 3.4.4. Controle

O controle do material asfáltico para imprimação, que no caso da duplicação da BR-230 refere-se ao CM-30, o material deve ser examinado em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNER e satisfazer as especificações em vigor. Dessa forma são executados os seguintes ensaios:

- ensaio de viscosidade Saybolt-Furol a 50 °C (DNER-ME 004);

- ensaio de viscosidade Saybolt-Furol a diferentes temperaturas para estabelecer a relação viscosidade temperatura;

- ensaio de carga da partícula.

O controle da quantidade de material aplicado por metro quadrado é feito pela quantidade total aplicada e pela área tratada. O tanque do caminhão que contém o material deve ter uma régua metálica graduada cuja graduação marca a quantidade de litros contidos no tanque. A relação entre a quantidade utilizada e o tamanho de área tratado nos dará a taxa de aplicação em l/m<sup>2</sup>.

A taxa de aplicação é aquela que pode ser absorvida pela base em 24 horas, devendo ser determinada experimentalmente no canteiro de obra. As taxas usuais são da ordem de 0,8 a 1,61 l/m<sup>2</sup>.

## **4. ESTUDOS**

### **4.1. Estudos de Tráfego**

O estudo do tráfego na rodovia BR-230 PB visou detectar propriedades características do fluxo de veículos na rodovia, determinar os indicadores dos Níveis de Serventia, condições operacionais e funcionais, bem como elementos necessários ao projeto de reestruturação do pavimento.

#### **4.1.1. Dados Coletados**

Foram consultados todos os órgãos envolvidos com transportes. Os dados julgados referentes à rodovia constam no estudo do tráfego com suas fontes de consulta e a aplicabilidade do mesmo.

#### **4.1.2. Pesquisas Fluxogramétricas**

Os dados históricos de tráfego na BR-230 PB referem-se aos postos de pesquisa de tráfego estabelecidos pelo antigo convênio SUDENE/DNER/DER-BA. Além destes dados, mas um plano de pesquisas automatizadas do DNER e, estudos elaborados por empresas consultoras, tais como:

- projeto expedido de restauração;
- projeto de engenharia para restauração.

Os dados mais relevantes, e disponíveis, constam do "Censo de Tráfego Rodoviário do DNER".

#### 4.1.3. Pesquisas de Passagem de Eixos

Para a determinação do número “N”, usou-se os valores indicados pela “lei da balança”, para as diversas categorias de veículos, pelo método da AASHTO e da USACE.

#### 4.1.4. Pesquisas Atuais

Para indicação do tráfego atual, foram efetuadas pesquisas volumétricas classificatórias durante 72 horas, com os seguintes resultados médios:

Tabela 2: Pesquisa volumétrica classificatória

<b>Tipos</b>	Auto	Ônibus	2Cs	2C	3C	nSi	VR	TOTAL	VHM
<b>%</b>	65,5%	2,5%	10,2%	10,2%	13,8%	5,0%	0,3%	100%	7,1%

Foram efetuadas pesquisas direcionadas nas principais interseções ao longo do segmento, durante o horário mais movimentado.

#### 4.1.5. Análises

##### 4.1.5.1. Crescimento do Tráfego

Com os dados históricos coletados mais a pesquisa de campo, e utilizando-se o método estatístico dos mínimos quadrados, determinaram-se as correlações para quatro principais tipos de equações. As melhores correlações foram as equações de regressão linear que indicaram as seguintes taxas médias anuais de crescimento:

Tabela 3: Taxas de crescimento do tráfego

TIPO	Autos e 2Cs	Ônibus	CAM. 2C	CAM. 3C	nSi	TOTAL
<b>Linear</b>	3,2%	1,6%	1,8%	2,8%	3,6%	3,0%

Estes resultados indicam a compatibilidade de crescimento com a economia regional, da ordem dos 3% ao ano para os principais indicadores econômicos, porém com maior intensidade dos veículos com reboques e semi-reboques.

#### 4.1.5.2 Número "N"

Com os Fatores de Veículos indicados, mais as projeções do tráfego, calcularam-se os "Números de Repetições do Eixo Simples Padrão N", pela seguinte expressão:

$$N_{\text{anual}} = 365 \times K \times \Sigma (V_{mi} \times F_{vi})$$

sendo:

- K = fator de carregamento para a faixa de projeto (para pistas simples: 0,50 = 50% do tráfego = 0,40 do tráfego nos dois sentidos);
- $V_{mi}$  = volume médio de cada categoria de veículo comercial;
- $F_{vi}$  = fator de veículo médio de cada categoria de veículo comercial;

#### 4.1.5.3. Capacidade e Nível de Serviço

Os Níveis de Serviços ofertados foram calculados com base nas características físicas, operacionais e de tráfego de cada segmento, pelo método de HCM-85.

O nível de serviço ofertado no ano de 1999 consta como “D” – fluxo instável; e em 2013, nível “E” – já funcionando com 66% da capacidade da rodovia. Este fato indica a necessidade de ampliação da capacidade no segmento que, se duplicado, funcionaria no nível de serviço “A”, mesmo no ano de 2013.

## **4.2. Estudo Topográfico**

O estudo topográfico foi realizado objetivando o fornecimento das informações necessárias à elaboração dos projetos geométricos, de terraplenagem, de drenagem, etc.

Constou no seguinte:

- Locação e Amarração do Eixo.

A locação foi desenvolvida pelo lado esquerdo da rodovia, a 1,0 m do bordo da pista de rolamento. Iniciou na estaca 0 em João Pessoa e encerrou na estaca 1520 em Campina Grande.

O eixo locado foi estaqueado e piqueteado de modo contínuo, cravados de 20 em 20 metros, nos trechos em tangente e nos trechos em curvas foi estaqueado em cordas de 10 metros.

- Nivelamento e Contranivelamento

Todos os piquetes do eixo locado foram nivelados e contranivelados, sendo controlados por uma rede de RN's, espaçada, no máximo, de 500 em 500 m.

A tolerância dos serviços de nivelamento e contranivelamento foi 2cm por quilômetro e a diferença acumulada máxima foi inferior ou igual à obtida pela fórmula:

$$\hat{\sigma}_{m\acute{a}x} = 12\sqrt{n}$$

sendo:

-  $\hat{\sigma}_{m\acute{a}x}$  = erro máximo admitido, em mm;

- n = extensão, em km.

- Levantamento das Seoes Transversais

realizado para caracterizar o terreno natural e a plataforma da estrada existente.

- Levantamento das Obras de Arte Correntes

Todas as obras de arte foram levantadas, através do lançamento de seoes transversais acompanhando o eixo de cada obra. Foram nivelados a plataforma, o talvegue, muros de testa e calçadas.

- Levantamento de Obras de Arte Especiais

Foi efetuado o levantamento das obras de arte existentes, e o estudo para o projeto de travessia do Rio Bacamarte.

- Cadastro

As interseoes no trecho foram cadastradas para sua adequao ao projeto.

### 4.3. Estudos Geotécnicos

O Estudo Geotécnico foi desenvolvido com o objetivo de fornecer os elementos necessários à elaboração dos Projetos de Terraplenagem, Pavimentação e Reabilitação do Pavimento existente.

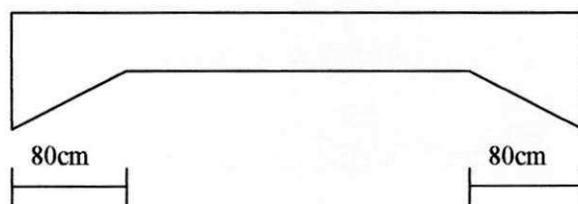
O referido estudo foi dividido nos seguintes itens:

- estudo do pavimento existente;
- estudo do terreno natural e das ocorrências de materiais para emprego nas camadas de terraplenagem, pavimentação e para a restauração do pavimento existente.

#### 4.3.1. Estudo do Pavimento Existente

O pavimento do lote III em estudo da BR-230/PB, é constituído de:

- revestimento: 4,0 cm de CBUQ;
- camada de ligação (Binder): 10,0 cm de PMQ;
- base: Concreto de Cimento Portland, com placas de 6,0 x 3,5 m e espessura variável de 0,23 m (bordos) e 0,17 m (Centro). Essa variação acontece numa faixa com largura de 0,80 m;



- subleito: solo local com CBR = 6%.

O pavimento existente foi objeto de avaliação de suas atuais características estruturais e funcionais.

O processo inicial de avaliação consistiu em identificar os trincamentos e as demais manifestações de ruína superficial.

Foi feita uma modificação nos métodos usuais de avaliação superficial para uma avaliação dos defeitos ocorrentes de forma contínua, através de um processo de varredura ao longo de todo o trecho e não, de estaca em estaca.

Para isso, utilizou-se um equipamento de avaliação ultra moderno, o Paragon-Hic Highway Inventory Computer System, acoplado a um veículo-teste adequadamente preparado.

Em seguida, procedeu-se à avaliação das características de deformação permanente do pavimento a partir do levantamento dos graus de irregularidade de seus perfis longitudinal e transversal.

No âmbito das características de deformação em perfil, duas componentes se apresentaram, nas trilhas de roda:

- a irregularidade transversal, produzida pelos afundamentos plásticos ou de consolidação;
- a irregularidade longitudinal, atribuída aos afundamentos plásticos ou de consolidação, ondulação e corrugações.

Para a avaliação da irregularidade do perfil transversal do pavimento existente, admitiu-se o levantamento de seções transversais dispostas em intervalos regulares, de estaca em estaca. Tais levantamentos podem se processar de forma contínua, através de registros

gráficos ou por meio de avaliações pontuais, traduzidos pelos valores individuais das flechas das trilhas de roda.

Para a avaliação do grau de deformação longitudinal, lançou-se mão de um sistema medidor de irregularidade tipo resposta: o Roughrider Computer, equipamento constituído por um sistema controlado por microprocessador, que utiliza os recursos de um microcomputador tipo laptop para automatizar a coleta dos dados fornecidos pelo Sistema Medidor de Irregularidade Tipo Resposta.

De forma a propiciar uma divisão mais adequada dos segmentos homogêneos, elegeu-se como representante das características de deformabilidade elástica, a deflexão reversível máxima –  $D_{máx}$ , que quando combinada com as características de degradação superficial e de deformação em perfil, consubstancia o processo de grupamento, emprestando-lhe um caráter mais abrangente e consistente.

Em função dos levantamentos de campo e da tabulação dos dados, de acordo com as metodologias já referidas, culminando com a obtenção dos três índices de condição do pavimento existente, relativos à degradação superficial, deformabilidade permanente e deformabilidade elástica, é possível determinar o Índice de Serventia do Pavimento – ISP, denominado de Índice de Serventia Paragon e, desta forma, possibilitar a divisão dos trechos em segmentos de características homogêneas, possibilitar um diagnóstico preciso de um estado de degradação, associado às causas que os motivaram e fornecer os elementos básicos para os diversos dimensionamentos que deverão ser elaborados, possibilitando, assim, encontrar a solução mais adequada, do ponto de vista econômico, para a reabilitação do trecho.

#### 4.3.2. Estudo do Terreno Natural e das Ocorrências de Materiais para Emprego nas Camadas de Terraplenagem, Pavimentação e Restauração do Pavimento Existente.

##### *a) Estudo do Terreno Natural*

Este estudo foi realizado para desenvolver o traçado das futuras pistas, envolvendo as seguintes atividades:

- foram executadas sondagens a pá e picareta, com espaçamento variável entre os furos, em função da variação dos materiais e locais através de observações feitas “in loco”. As sondagens atingiram a profundidade de 1,0 m;
- durante a execução das sondagens, em furos alternados, foram determinados os teores de umidade e densidade “in situ”;
- as amostras coletadas nos diversos horizontes foram submetidos aos ensaios de granulometria por peneiramento, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação e CBR.

##### *b) Estudo das Ocorrências de Materiais*

O Estudo das Ocorrências de Materiais foi desenvolvido com o objetivo de localizar saibreiras, empréstimos, areais e pedreiras, de modo a suprir as necessidades dos serviços de terraplenagem, drenagem e pavimentação da rodovia.

### *c) Esquema de Localização das Ocorrências*

São apresentados dois gráficos lineares contendo as ocorrências dos materiais estudados, sendo o primeiro com a localização dos empréstimos a ser utilizados na terraplenagem e o segundo mostrando os demais materiais para uso na pavimentação e drenagem da rodovia. Também são mostrados os tratamentos estatísticos realizados para caracterização dos solos que irão compor o futuro corpo de aterro, com especial atenção com o material selecionado para o subleito do pavimento a ser construído.

O Estudo Geotécnico ressalta que a região atravessada pela rodovia BR-230/PB se apresenta escassa em termos de materiais granulares para pavimentação. Dentro desta realidade, optou-se pelo emprego de brita graduada na camada de base e solo estabilizado granulo metricamente sem mistura na camada de sub-base.

## **4.4. Estudo Hidrológico**

- *Coleta de Dados*

O Estudo Hidrológico para a rodovia BR-230/PB no segmento entre Ingá e Campina Grande, teve como finalidade caracterizar o clima e a pluviometria da região.

- *Clima*

A classificação climática de Wladimir de Köppen é das mais aceitas em todo o mundo caracterizando a área do projeto como As: clima quente e úmido com chuvas de outono – inverno e período seco no verão.

- *Análise de Chuvas*

#### Caracterização do Regime Pluviométrico:

Para a obtenção do regime de chuvas na região, foi utilizado como parâmetro de referência os estudos existentes elaborado pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento, cujos resultados servem principalmente para o Estudo Hidrológico das enchentes dos cursos d'água.

#### Estudo das Intensidades das Precipitações:

As intensidades das precipitações obtidas e alturas de chuva foram calculadas pela equação:

$$P = T^K \cdot [at + b \cdot \log(1 + ct)] \quad e \quad K = \frac{(\alpha + \beta)}{T^\gamma}$$

sendo:

- P = precipitação máxima em mm;
- T = tempo de recorrência em anos;
- t = duração da precipitação em horas;
- $\beta$  = valores que dependem da duração da precipitação;
- $\alpha$ , "a", "b" e "c" = valores constantes para cada posto de observação.

## 5. PROJETOS

### 5.1. Projeto Geométrico

Pode-se dizer que o projeto geométrico faz parte da segunda etapa da fase de planejamento de uma rodovia onde serão colocados em desenhos todos os elementos que formam a rodovia, assim como o traçado da sua plataforma em plantas, perfil, seção transversal, detalhes, etc.

No projeto geométrico também estão localizadas, ao longo do traçado da rodovia, as construções de obras de arte, tais como:

- pontes;
- passarelas;
- bueiros;
- etc.

Para elaboração do projeto geométrico faz-se necessário os conhecimentos dos resultados da fase de estudos, são eles:

- estudo de tráfego;
- estudo topográfico;
- estudo geográfico;
- estudo hidrográfico.

Tais resultados definem o traçado da rodovia (retas, curvas horizontais e verticais), localização das obras de arte, etc.

O projeto geométrico da duplicação da BR-230 teve como base a pista já existente. A Consultora implantou alterações apenas onde foi imperiosa a necessidade sob o ponto de vista da operação viária, ou seja, as características geométricas em planta e perfil da pista duplicada em relação a pista existente não são muito diferentes da atual.

Em perfil o greide manteve-se conforme o existente uma, vez que a duplicação não permitiu grandes desníveis entre pistas, salvo em casos especiais em função de concordâncias necessárias que possibilitaram menor custo com cortes em rocha ou aterros altos em função do terreno lateral.

A seção tipo proposta indica que a pista existente permaneça com 7,00 m e a pista a implantar com 7,20 m; esta última de acordo com as normas do DNER. A figura abaixo mostra a seção tipo proposta:

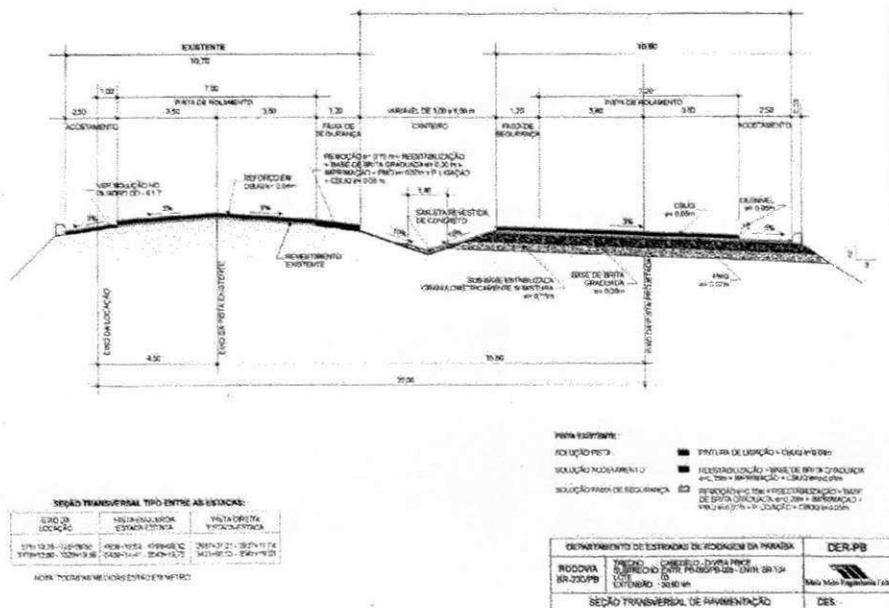


Figura 5: seção transversal tipo.

## 5.2. Projeto de Terraplenagem

A elaboração do projeto de terraplenagem toma-se por base o projeto geométrico, a qualidade dos materiais dos cortes que irão ser escavados e a classificação desse material em 1ª, 2ª e 3ª categorias, bem como a definição dos materiais que irão compor a camada superior da terraplenagem ou camada final.

O projeto de terraplenagem consta de:

- projeto-tipo para alargamento da plataforma de aterros existentes;
- desenhos de localização dos empréstimos, com suas características geotécnicas;
- seções transversais-tipo da terraplenagem;
- quadros de rebaixamento de corte;
- quadros de distribuição dos empréstimos para a camada de material selecionado;
- quadros do movimento de terras de cortes e aterros;
- resumo dos quantitativos dos serviços a executar.

No projeto de terraplenagem da duplicação da BR-230 consta especificações de serviços tais como:

- todos os cortes deverão ser rebaixados em 40 cm de espessura e preenchidos com material selecionado, compactado a 100% do Proctor Normal. Os materiais de corte classificados em 1ª e 2ª categorias, inclusive aqueles

decorrentes dos rebaixamentos, deverão ser utilizados no preenchimento dos aterros próximos. Os materiais de 3ª categoria não serão utilizados nos aterros, são materiais de bota-fora.

- a camada superior de todos os aterros terá espessura de 30 cm, devendo ser executada com material selecionado. O grau de compactação da camada de material selecionado deverá atingir, no mínimo, 100% da energia do Proctor Normal. As camadas subjacentes dos aterros deverão ser executadas com grau de compactação mínimo de 95% de Proctor Normal.

Os taludes de cortes e aterros a adotar são os seguintes:

- cortes em solo: 1,5 (V) : 1,0 (H);
- cortes em rocha: 5,0 (V) : 1,0 (H);
- aterros: 1,0 (V) : 1,5 (H).

### **5.3. Projeto de Drenagem e Obras de Arte**

Drenagem e obras de arte são construções isoladas que fazem parte da estrada com a finalidade de proporcionar um bom funcionamento da rodovia no aspecto de conservação, funcionabilidade e segurança para os usuários.

O projeto de drenagem superficial tem como objetivo coletar e conduzir as águas que chegarem à plataforma, até os locais convenientes dos seus deságües, sem que haja transbordamentos e erosões prejudiciais a estrutura e ao funcionamento da rodovia.

Um projeto de drenagem compreende as seguintes estruturas:

- valetas de proteção de cortes e aterros, em concreto;
- sarjetas de corte revestidos em concreto;
- banquetas de concreto;
- entradas, calhas e saídas d'água em concreto;
- meios-fios em concreto;
- aberturas nos meios-fios para deságüe em caixas coletoras situadas à montante dos bueiros e nos canteiros centrais.

### 5.3.1. Dimensionamento

Considerando o projeto de drenagem da duplicação da BR-230/PB, trecho Campina Grande – João Pessoa, pode-se adotar a seguinte metodologia para o dimensionamento.

A determinação da descarga de projeto, ou seja, a estimativa da quantidade de água que solicita os componentes do sistema de drenagem, foi realizada pela Fórmula Racional com a seguinte configuração:

$$Q = \frac{CIA}{36}$$

sendo:

Q = descarga em m<sup>3</sup>/seg;

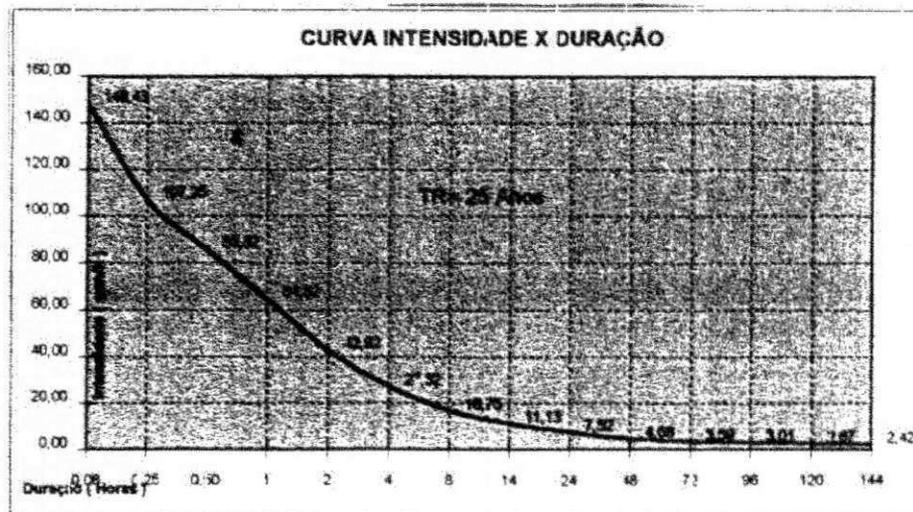
C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

I = intensidade de chuva em cm/h;

A = área de contribuição em m<sup>2</sup>;

A intensidade da Chuva (I) é obtida diretamente da Curva Intensidade x Duração x Freqüência.

Exemplo da Curva Intensidade x Duração para 25 anos.



Para a determinação da capacidade de escoamento dos dispositivos adotados, foi utilizada a fórmula de Manning aliada a equação da continuidade:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}, \quad e \quad Q = A \cdot V$$

sendo:

V = velocidade média;

n = coeficiente de rugosidade, adimensional;

$\gamma$  = raio hidráulico em m;

S = declividade da linha de energia em m/m;

Q = capacidade de escoamento em m<sup>3</sup>/seg;

A = área molhada em m<sup>2</sup>.

Para o dimensionamento considera-se que a velocidade de escoamento não deverá ultrapassar a velocidade de erosão do material que constitui as paredes da estrutura adotada.

Para verificação da capacidade dos bueiros utiliza-se as seguintes informações:

- estudo das chuvas intensas obtidos dos estudos hidrológicos;
- projeto geométrico;
- levantamento e cadastro das obras existentes;
- inspeção “in loco”.

### 5.3.2. Obras de Arte Especiais

Elementos como pontes e passarelas são chamados de obras de arte especiais que também são projetados em função dos dados dos estudos hidrológicos, estudos de tráfego, projeto geométrico, estudos de população que atravessa a plataforma da pista, inspeção “in loco”, etc.

Na duplicação da BR-230/PB, trecho Campina Grande – Riachão do Bacamarte, foram construídas e restauradas cinco (05) pontes de concreto armado, entre elas vale

salientar a construção da ponte sobre o Rio Bacamarte que cruza a rodovia na estaca 4199 + 16,85. Tal ponte tem as seguintes características:

- comprimento: 36,00 m;
- largura útil: 10,90 m;
- largura total: 11,70 m;
- superestrutura: concreto armado;
- fundação: tubulão a ar-comprimido e a céu-aberto, com 1,2 m de diâmetro externo;
- classe: 45 toneladas.

#### **5.4. Projeto de Pavimentação**

Para o desenvolvimento do projeto de pavimentação dos segmentos da BR-230/PB foram considerados os seguintes tópicos para formação do projeto:

- elementos básicos para o desenvolvimento;
- dimensionamento do pavimento;
- resumo das soluções adotadas;
- apresentação do projeto.

Os elementos básicos considerados para elaboração do projeto de pavimentação são:

- estudo de tráfego;
- estudo Geotécnico;
- estudo Geométrico;
- projeto de terraplenagem.

#### 5.4.1. Dimensionamento

Para o dimensionamento do projeto de pavimentação dos segmentos da duplicação da BR-230/PB foram utilizados dois métodos, a saber:

- Método do DNER;
- Método da Resiliência para pavimentos novos.

##### 5.4.1.1. Método do DNER

Neste método a capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes dos pavimentos é feita pelo CBR, adotando-se o método de ensaio preconizado pelo DNER em corpos de prova indeformados ou moldados em laboratório para as obtenções de massa específica aparente e unidade específica para o serviço.

A estrutura constituída por esses materiais deverá ser dimensionada para proteção de subleito de ações de uma carga representada pelo número "N" de repetições de um eixo padrão de 8,2 t (1800 lbs). Para determinação desta carga utiliza-se os seguintes parâmetros:

- número "N" – número de repetições da carga de um eixo padrão de 8,2 tf;

- período de projeto “P”;
- volume médio diário de tráfego durante o período de projeto “Vm”;
- fator de eixo, “FE” – reflete o número médio de eixos da frota de tráfego;
- fator de equivalência de carga, “FC” – usado para transformar a carga de um determinado eixo no equivalente de carga do eixo padrão de 8,2tf;
- fator de veículos,  $FV = (FE \times FC)$  – é um número que multiplicado pelo número de veículos que operam, dá diretamente o número equivalente ao eixo padrão;
- fator climático regional, “FR” – que tem a função de levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano, uma vez que essas variações influenciam na capacidade de carga dos materiais.

Desta forma o número “N” é calculado pela expressão:

$$N = 365 \cdot Vm \cdot P \cdot FV \cdot FR$$

- Espessura do revestimento

A espessura do revestimento é dado em função de intervalos de valores do número “N”. Tais valores apresentam-se em tabelas.

- Espessura das demais camadas do pavimento

O método apresenta um monograma em que se obtém as espessuras em função do número "N" e do CBR.

#### 5.4.1.2. Método da Resiliência

Neste método considera-se a resiliência, ou seja, a deformação resiliente que se configura como sendo a deformação elástica ou recuperável de solos e de estruturas de pavimentos sob a ação de cargas repetidas.

O procedimento proposto admite o cálculo da espessura total do pavimento em termos de camada granular, segundo o exposto no método de pavimentos flexíveis do DNER, de forma a proteger o subleito quanto ao aparecimento de deformações permanentes excessivas. Os materiais de base e sub-base devem ter uma capacidade de carga definida no ensaio CBR superior a 80% e 20%, respectivamente. Além desse critério, o procedimento leva em consideração os indicadores mais importantes na definição de uma estrutura de pavimento:

- deflexão na superfície;
- diferença entre as tensões horizontais de tração e vertical de compressão na face inferior do revestimento;
- tensão vertical no subleito.

Os dois primeiros estão relacionados com a fadiga e o último com a deformação permanente ou plástica.

- espessura do Pavimento

A espessura total do pavimento é dada pela expressão:

$$Ht = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598}$$

sendo:

Ht = espessura total do pavimento em termos de material granular com coeficiente de equivalência estrutural  $K = 1,00$ ;

N = Número de repetições do eixo padrão de 8,2tf para o período de projeto.

Observação: não se dispõe no Brasil, por enquanto, de elementos experimentais para tal fixação e, como tem sido adotado a embebição dos corpos de prova CBR, como norma geral, fica-se quase sempre do lado da segurança, adotando-se um  $FR = 1$ .

Como os critérios resilientes determinam que a espessura da camada betuminosa deve ser superior a 11,1 cm, tem-se o seguinte resumo da solução adotada para a construção do pavimento da duplicação da BR-230/PB, trecho Campina Grande – João Pessoa.

Para os pavimentos novos, as camadas constituintes do pavimento serão assim constituídas:

- Sub-base:

Estabilizada granulometricamente sem mistura com espessura constante de 15,0 cm.

- Base:

Constituída de brita graduada com espessura constante de 20,0 cm.

- Camada Betuminosa

É constituída de uma camada de 7,0 cm de espessura média de PMQ, faixa “B”, recobrando toda a plataforma e 5,0 cm de CBUQ, faixa “C” do DNER, aplicado na pista de rolamento e na faixa de segurança.

O projeto de pavimentação deve apresentar ainda as seções transversais – tipo de pavimentação, os quadros de distribuição de materiais e o gráfico linear contendo a localização das ocorrências de materiais utilizadas na pavimentação.

A figura abaixo mostra a construção da primeira camada betuminosa com 7,0 cm de espessura.



**Figura 7: camada betuminosa com 7cm de espessura.**

## 6. CONCLUSÃO

O período de estágio supervisionado não teve apenas a utilidade de complementação curricular, mas, principalmente foi possível compatibilizar os conhecimentos teóricos obtidos na universidade e os conhecimentos práticos que foram aparecendo a cada dia no estágio. Desta forma, e dentro do que foi apresentado nesse relatório, pode-se dizer que todos os serviços executados na duplicação da BR-230/PB, trecho Campina Grande – João Pessoa, durante este período de estágio foram feitos dentro de técnicas corretas, com material de qualidade e características que satisfazem às normas do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).

O estágio supervisionado possibilitou conhecer a filosofia, diretrizes, organização e funcionamento de um canteiro de obras, assim como a convivência diária no ambiente do canteiro de obras, possibilitando não só o aprendizado de técnicas construtivas mas também, um relacionamento com pessoas de diferentes formações intelectuais e personalidades das mais variadas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Projeto Final de Engenharia para Restauração e Duplicação. Vol 3, Memória Justificativa, Maia Melo Engenharia Ltda. Recife-PE, Novembro/1999.
- Revista M&T, Manutenção & Tecnologia, Edição nº 53, Junho/Julho 1999.
- Prof. Salomão Pinto, Materiais Pétreos e Concreto Asfáltico: conceituação e dosagem, 1996.
- Curso AM8, Asfalto e Misturas Asfálticas Módulo AM 8.1, Materiais Asfálticos, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica.
- Notas de Aula da disciplina, Pavimentação no período 99.2.

## AVALIAÇÃO DOS RELATÓRIOS DE ESTÁGIO

ALUNO	PROF.	DIANA				HUMBERTO				
		AFONSO	RICARDO	LEIDIMAR	MÉDIA	AFONSO	RICARDO	LEIDIMAR	MÉDIA	
QESITOS										
DOMÍNIO DO ASSUNTO		6	7	8,5	7,2	6,5	7,5	9	7,7	
ESTRUTURA DO TEXTO		8	8	8,5	8,2	8	8	8,5	8,2	
CLAREZA & PRECISÃO DE LINGUAGEM		7,5	8	9	8,2	8	8	8,5	8,2	
APRESENTAÇÃO		7	7	8	7,3	7,5	7	8	7,5	
		<b>MÉDIA FINAL</b>					<b>MÉDIA FINAL</b>			
		7,7					7,9			

CAMPINA GRANDE, 17 DE OUTUBRO DE 2000

Eng. J. Afonso G. Macêdo

Prof. Ricardo Correia Lima

Prof. Raimundo Leidimar Bezerra