

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

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

**Considerações sobre Projeto, Execução e
Controle da Br-232/PE - Trecho: Recife - Caruaru - Lote II.**

ALUNO: Fabiano Pereira Cavalcante

**Campina Grande – Paraíba
Outubro de 2001**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ÁREA: Pavimentação.

**ORIENTADORES: Ricardo Correia Lima
José Afonso Gonçalves de Macedo**

SUPERVISORES DE OBRA: José Aguinaldo Pereira de Melo.

CORDENADORA: Maria Constância Ventura Crispim.

LOCAL DO ESTÁGIO: Duplicação da Rodovia BR-232/PE.

ENTIDADE CONCEDENTE: JBR Engenharia Ltda.

**ENDEREÇO: AV. Correia de Brito, 271 – Campo Grande - Recife/PE.
CEP. 52040-360
Fone (081) 3241-8508
Fax: (081) 3241-7742
E-Mail: jbr@clogica.com.br**

Campina Grande – Paraíba

Outubro de 2001.



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Ricardo Correia Lima

8,3 (oito e três)

Ricardo Correia Lima
Orientador

JL

José Afonso Gonsalves de Macedo
Co - Orientador

8,0 (oito)

R Bezerra

9,3 (nove e três)

Raimundo Leidimar Bezerra
Examinador

JAP

José Aguinaldo Pereira de Melo
Supervisor

Campina Grande - Paraíba
Outubro de 2001

ÍNDICE

ÍNDICE

1.0 - APRESENTAÇÃO	05
2.0 - INTRODUÇÃO	08
2.1 - RODOVIAS NO BRASIL.....	08
2.1.2 - A PRIMEIRA ESTRADAS DE RODAGEM DO BRASIL.....	09
3.0 - MAPA DE SITUAÇÃO	11
4.0 - ESQUEMA GERAL DO LOTE	13
5.0 - INFORMAÇÕES TÉCNICAS	
5.1 - RESUMO DA SOLUÇÃO TÉCNICA.....	16
5.2 - SEÇÕES TRANSVERSAIS.....	18
6.0 - ESTUDOS	
6.1 - ESTUDO DE TRÁFEGO, CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇOS.....	22
6.2 - ESTUDO TOPOGRÁFICO.....	30
6.3 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....	33
6.4 - ESTUDO HIDROLÓGICO.....	38
7.0 - PROJETOS	
7.1 - PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO.....	49
7.2 - PROJETO GEOMÉTRICO.....	53
7.3 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	56
7.5 - PROJETO DE DRENAGEM.....	59
7.7 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....	64
7.8 - PROJETO DE ARTE ESPECIAIS.....	86
8.0 - SERVIÇOS DE EXECUÇÃO	
8.1 - TERRAPLENAGEM.....	92
8.2 - CCR (CONCRETO COMPACTADO À ROLO.....	95
8.3 - IMPRIMAÇÃO.....	99
8.4 - PLACAS DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND.....	101
9.0 - ENSAIOS DE LABORATÓRIO E DOSAGENS	105

10.0 – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA.....	122
11.0 – CONCLUSÃO.....	129
12.0 – BIBLIOGRAFIA.....	131

1.0 - APRESENTAÇÃO

O Estágio Supervisionado tem por escopo cumprir com as normas internas da Universidade Federal da Paraíba para a conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil. Além de proporcionar ao graduando um contato direto com a prática, onde os problemas e soluções que se farão presentes trarão ao estagiário amplos ensinamentos podendo estes serem associados com os conhecimentos teóricos desenvolvidos na Universidade. Sendo assim, o estagiário torna-se ~~se~~ apto a ingressar no mercado de trabalho. X

A construção de novas estradas tem importância muito grande do ponto de vista econômico, pois permite o escoamento da produção, a exploração de potencialidades turísticas e a ligação de pólos, consolidando uma economia regional.

Quando um projeto de estradas é solicitado, o engenheiro não pode projetar a mesma seguindo apenas conhecimentos técnicos. É necessário que o mesmo tenha bom senso e experiência para projetar uma estrada que seja tecnicamente possível, economicamente viável e socialmente abrangente (Glauco Pontes Filho, 1998). *teve*

~~Ao iniciar o período de~~ *de* estágio na JBR ENGENHARIA LTDA ~~obteve~~ *teve* como *finalizado* ~~carota~~ acompanhar os Serviços de Duplicação da Rodovia:

BR - 232/PE;
Trecho: Recife-Parnamirim;
Subtrecho: Km 71,5 - Km 129,9;
Segmento: Km 71,5 - Km 114,9;
Extensão: 43,4 Km;
Lote: II

O projeto da BR-232/PE foi composto por vários estudos e projetos abaixo descritos.

a. Estudos:

- Tráfego e Capacidade de Segurança Viária;
- Topográficos;
- Hidrológicos e
- Geotécnicos.

b. Projetos:

- Geométrico;
- Terraplenagem;
- Drenagem;
- Pavimentação;
- Obras de Artes Especiais;

- Interseções e Travessias Urbanas;
- Sinalização;
- Obras Complementares;
- Proteção Ambiental;
- Remanejamento de Redes de Serviços Públicos e
- Desapropriação.

Assim, procurou-se indicar, para cada um dos grupos acima, os diferentes tipos de serviços, as soluções concebidas, os materiais a empregar, as distâncias médias de transporte, enfim, tudo o que pudesse interessar para a determinação dos preços unitários dos serviços.

O mesmo será feito em várias etapas. Inicialmente como estudos para então dar-se início ao anteprojeto, que se aprovado pelo órgão solicitante será desenvolvido transformando-se assim em projeto. X

No período de estágio foram executados serviços de Desapropriação, Terraplenagem, Pavimentação, Drenagem e Obras de Arte Especiais, todos respeitando o Manual de Especificações Técnicas do DNER. Porém, foi dada uma ênfase maior nos serviços executados no que concerne a Pavimentação. X

O Estágio foi realizado no período de 13 de junho de 2001, com carga horária semanal de 28 (vinte e oito) horas e finalizando com um total de 360hs sob orientação dos professores Ricardo Correia Lima e José Afonso Gonçalves de Macêdo e supervisão dos Engenheiros José Agnaldo Pereira de Melo e Flávio Eduardo de Oliveira. X

2.0 – INTRODUÇÃO

2.1 – Rodovias no Brasil

2.1.1 – Breve Histórico do “Rodoviarismo” Federal no Brasil:

Deixando de lado os caminhos de carroças que ligavam cidades e vilas brasileiras desde o século XVI, foi apenas com a inauguração da estrada União Indústria, em 1861, que a história do “rodoviarismo” nacional começava a ser escrita (ver “A Primeira Estrada de Rodagem do Brasil”). Entretanto, mesmo depois da União Indústria e até alguns anos após a criação do DNER, em 1937, essa história continuava sem ter muito o que dizer.

Em 1927, o governo federal fundou a Comissão de Estradas de Rodagem Federais, uma espécie de ancestral do DNER. Com um “fundo especial” de financiamento, obtido a partir de sobretaxas nos impostos sobre gasolina, veículos e acessório, a Comissão chegou a construir importantes obras para a época, como a Rio-Petrópolis e a parte fluminense da primeira ligação entre Rio de Janeiro e São Paulo.

Em 1931 é extinta a Comissão e, em 1932, o Fundo Especial passa a ser incorporado ao Orçamento da União. Em 1937, o DNER foi fundado, porém não era uma autarquia, não possuía recursos próprios e suas atividades eram desvinculadas do sistema rodoviário estadual e municipal.

Como resultado da política rodoviária adotada até então, o Brasil chegava aos meados da década de 40 com modestos 423 km de rodovias pavimentadas, entre federais e estaduais. Mas a situação à qual o rodoviarismo havia sido relegado no âmbito federal não poderia se sustentar por mais tempo. Assim, em 27 de dezembro de 1945, o então ministro da Viação e Obras Públicas, Maurício Joppert da Silva, levava à sanção do presidente o Decreto-lei, que conferia autonomia técnica e financeira ao DNER. Era a Lei Joppert, a Lei Áurea do “rodoviarismo” brasileiro, que criava também o Fundo Rodoviário Nacional.

Na década de 70, o DNER continuou com as grandes obras rodoviárias, mas então para garantir a unidade e soberania nacionais, através das interligações regionais. Assim, nasceram a Transamazônica, a Belém-Brasília, a construção da Ponte Presidente Costa e Silva (Rio-Niterói), entre tantas outras obras. O Brasil chegava em 1980 com 47 mil km de rodovias federais pavimentadas.

Com a escassez de recursos, novas alternativas foram colocadas em prática na década de 90, a exemplo do Programa de Concessões Rodoviárias, o Programa de Descentralização e Restauração da Malha, e o programa Crema, de restauração e manutenção rodoviárias por períodos de 5 anos.

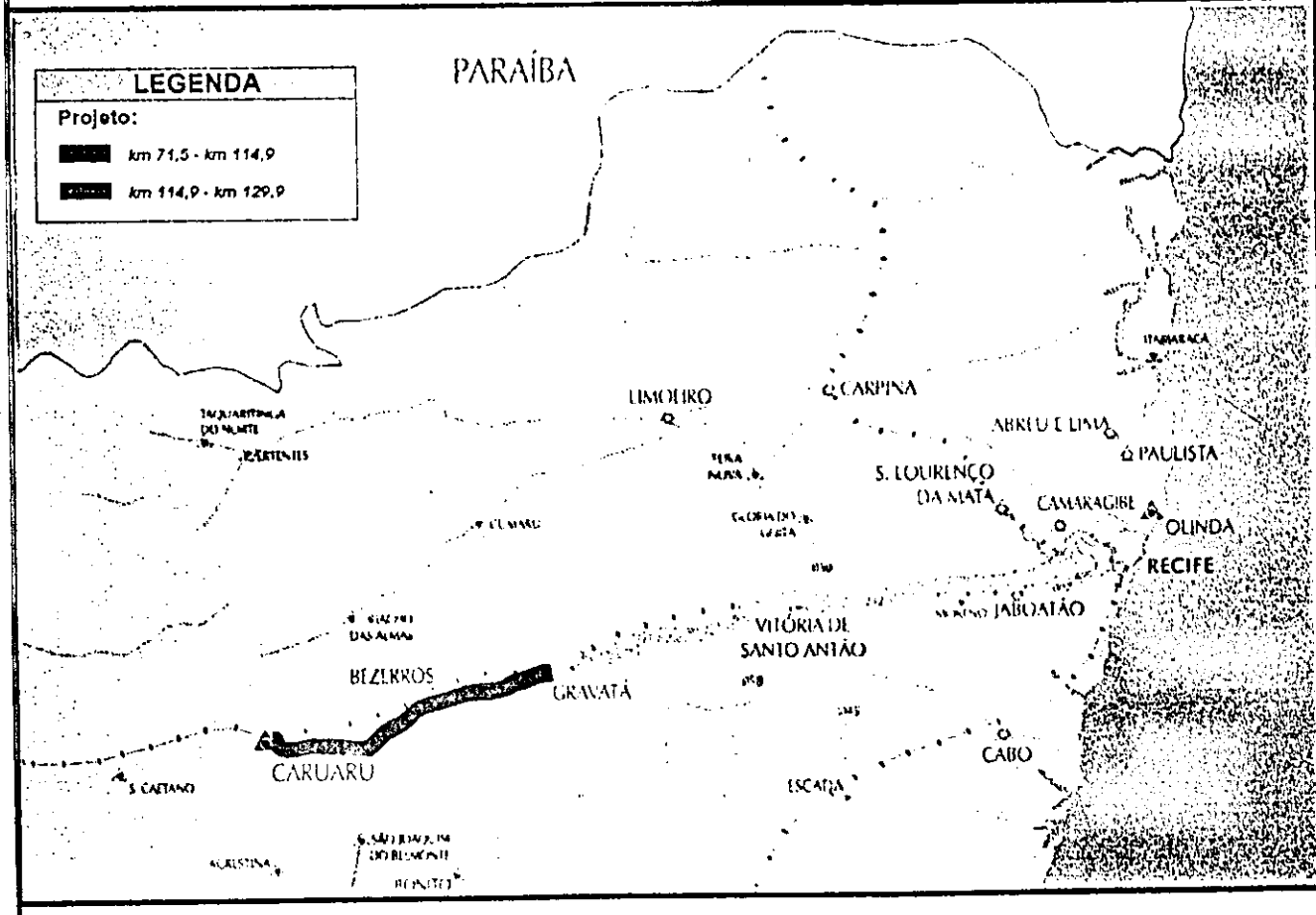
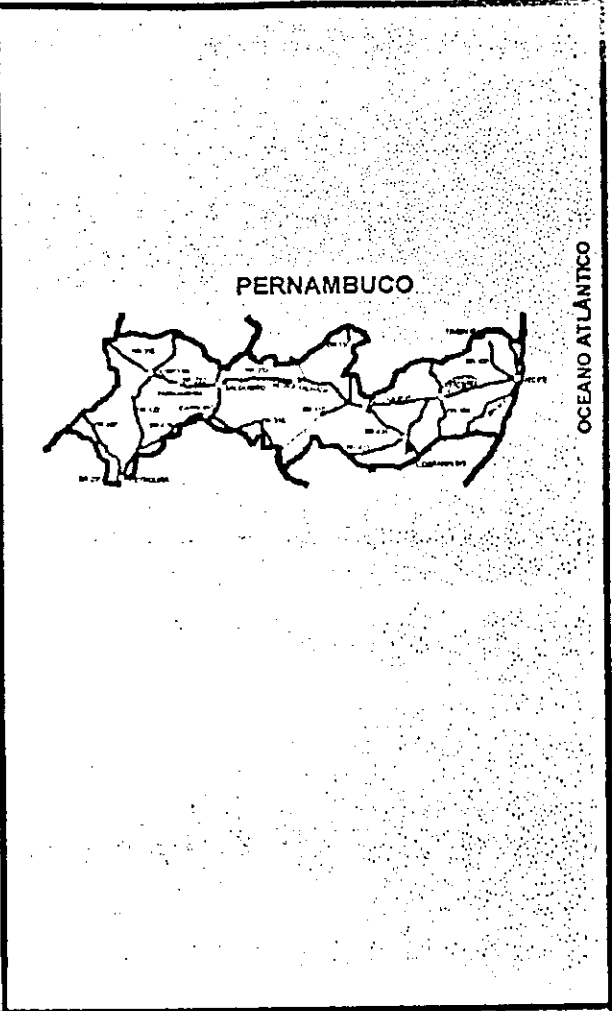
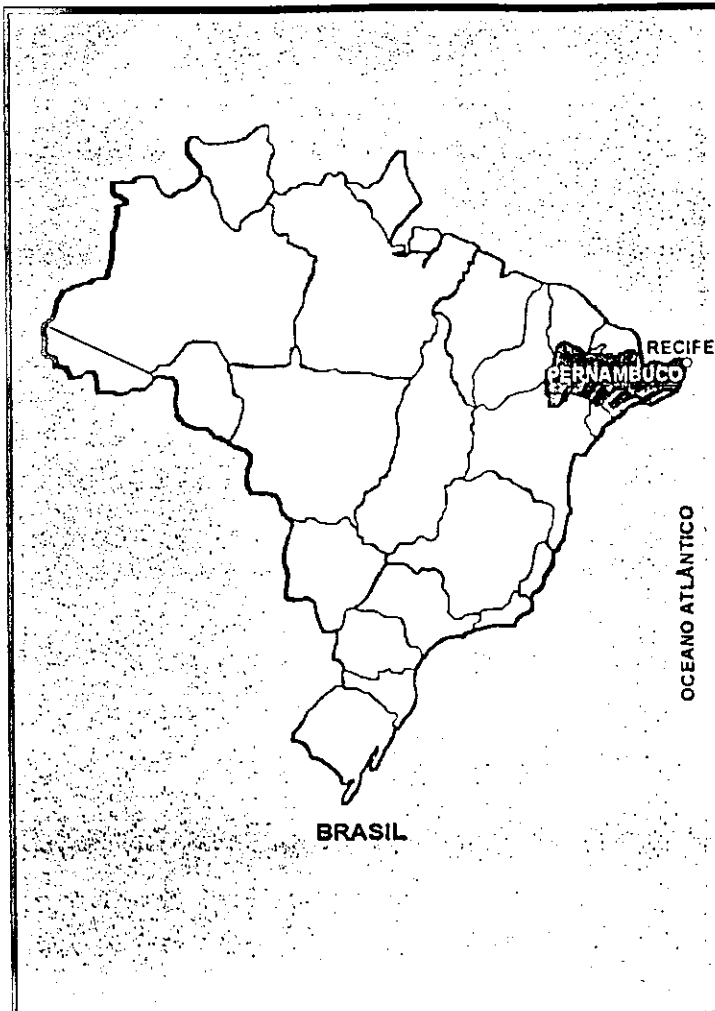
2.1.2 – A Primeira Estrada de Rodagem do Brasil

A origem dessa primeira Estrada de Rodagem do Brasil, maior obra de engenharia na América Latina em seu tempo, deu-se a 7 de agosto de 1852, quando o visionário Mariano Procópio obteve, graças ao decreto do governo imperial n.º 1.301, a autorização para a construção, melhoramento e conservação de duas linhas de estradas. O empreendimento, considerado por muitos como impossível de ser realizado foi iniciado em 12 de abril de 1856, com a presença e o incentivo de D. Pedro II. A obra exigia, entretanto, um esforço notável para os engenheiros e operários, já que a estrada era entrecortada por cursos d'água e pelas escarpas graníticas da serra do Taquaril. Mariano Procópio, então, contratou profissionais alemães. O brasileiro Antônio Maria Bulhões ficou responsável pelo trecho entre Petrópolis e Três Rios, enquanto o alemão Keller assumia a responsabilidade do trecho Três Rios a Juiz de Fora, na época a Cidade do Paraibuna.

A primeira estrada macadamizada do continente pôde ser concluída a 23 de julho de 1861. Nascia, assim, a rodovia União Indústria, com 144 km de extensão, sendo 96 km no estado do Rio de Janeiro e 48 km em Minas Gerais.

A estrada União Indústria permitiu o desenvolvimento dessas duas regiões, proporcionando infra-estrutura adequada para o escoamento de produtos e mercadorias. Em 1867, contudo, a chegada da estrada de ferro à localidade de Três Rios marcou o início da decadência da União Indústria.

3.0 – MAPA DE SITUAÇÃO



DER-PE

MAPA DE SITUAÇÃO

4.0 – ESQUEMA GERAL DO LOTE

SEGMENTO 2

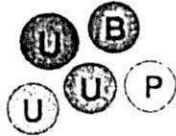
SEGMENTO 1

km 129,9
Final do Trecho

km 114,9

km 110,0 Cantelro de Obras

km 71,5
Início do Trecho



-  PEDREIRA
-  BRITAGEM
-  USINA DE CONCRETO
-  USINA DE ASFALTO
-  USINA DE SOLOS

c064-esquema do lote

DER - PE

ESQUEMA GERAL DO LOTE

QD - 2.2

5.0 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS

5.1 – RESUMO DA SOLUÇÃO TÉCNICA

Segmento I (Km 71,5 – Km 114,9)

a. Características Técnicas

Região	:	Ondulada
Rampa Máxima	:	5,261 %
Raio Mínimo	:	614,63
Velocidade Diretriz	:	100 Km
Classe	:	1
Extensão da Menor Tangente	:	2905,73
Extensão da Maior Tangente	:	7078,73

b. Características do Pavimento

b.1 – Pista Principal

Sub-base Concreto Rolado	:	0,10 m
Placa de Concreto de Cimento Portland	:	0,22 m

b.2 – Acostamentos

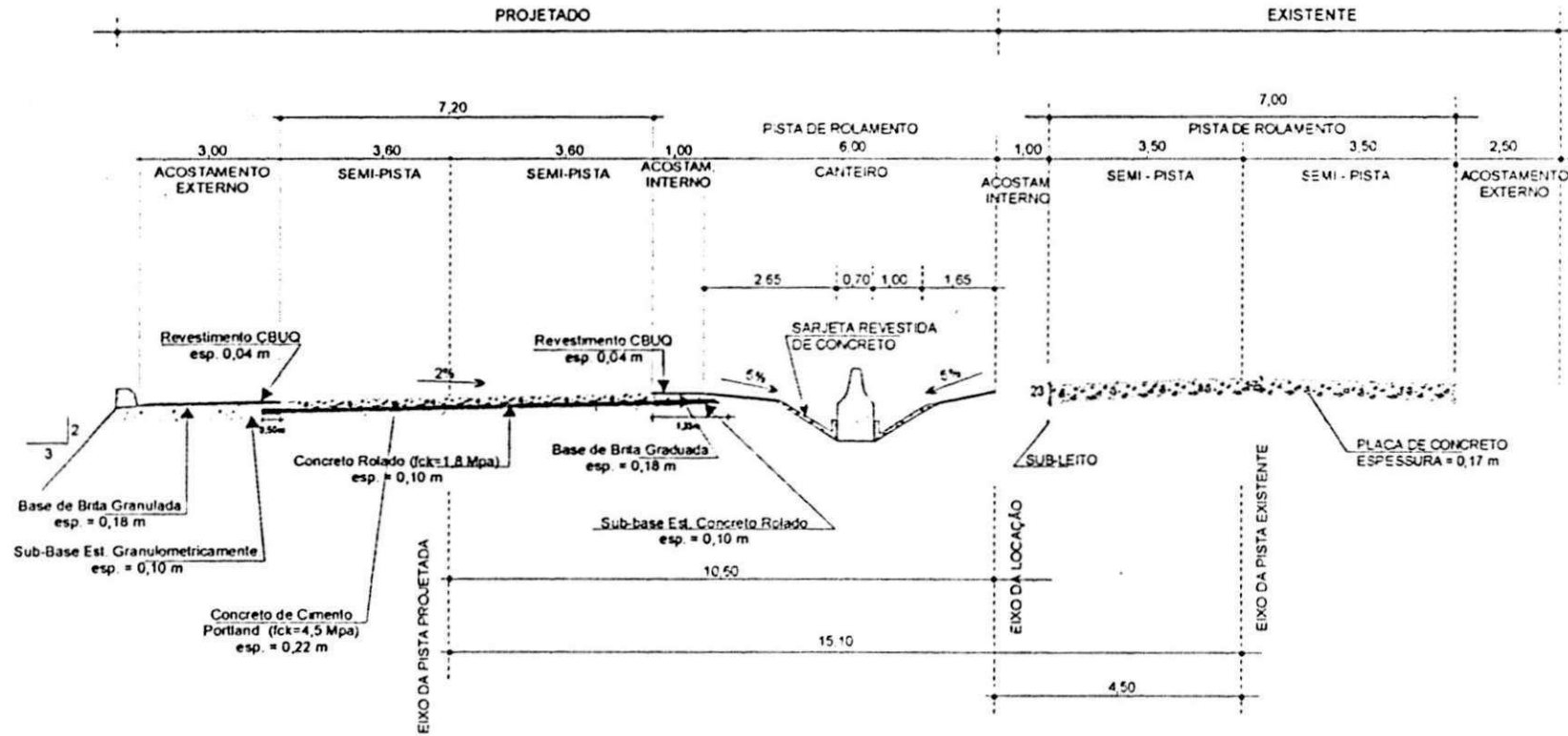
Sub-base	:	0,10 m
Base	:	0,22 m
Revestimento	:	0,04 m

c. Características da Pista

Nº de Pistas	:	2,0 und
Faixa de Rolamento	:	2,0 und
Acostamento Externo	:	3,0 m
Acostamento Interno	:	1,0 m
Canteiro Central	:	6,0 m

**5.2 – SEÇÕES TRANSVERSAIS DO
PAVIMENTO**

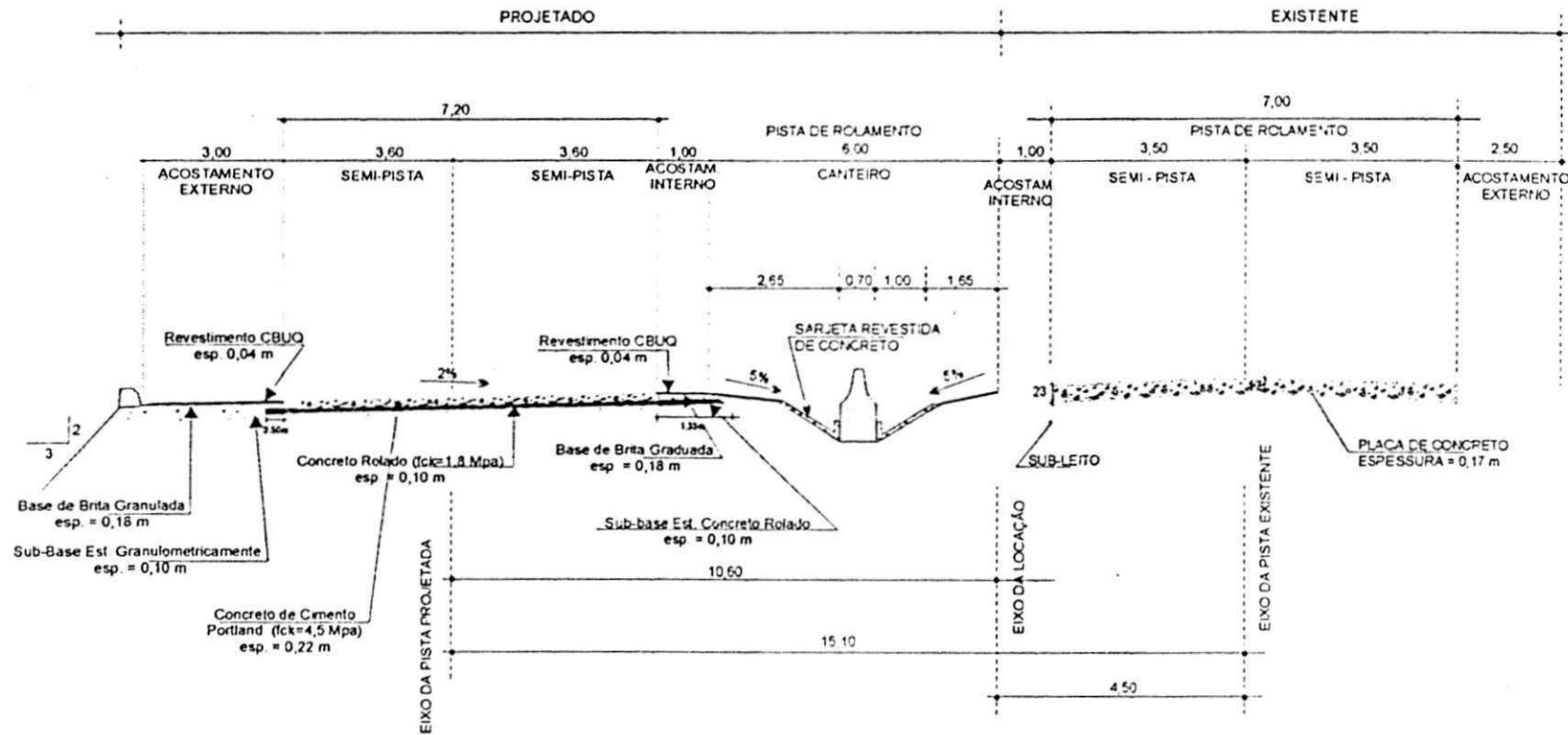
SEÇÃO TRANSVERSAL EM ÁREA RURAL



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE PERNAMBUCO

RODOVIA BR-232/PE	TRECHO	RECIFE - FARNAMIRIM	DER-PE
	SUBTRECHO	RECIFE - CARUARU	
	SEGMENTO	km 71,5 km 129,9	
	EXTENSÃO	58,4 km	
SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO			QD - 4 2 1

SEÇÃO TRANSVERSAL EM ÁREA RURAL



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE PERNAMBUCO

RODOVIA
BR-232/PE

TRECHO RECIFE - PARNAMIRIM
SUBTRECHO RECIFE - CARUARU
SEGMENTO km 71,5 km 129,9
EXTENSÃO : 58,4 km

DER-PE

SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO

QD. - 4.2.1

6.0 – ESTUDOS

**6.1 – ESTUDO DE TRÁFEGO, CAPACIDADE
E NÍVEL DE SERVIÇO**

6.1.1 - Objetivo

O Estudo de Tráfego da Rodovia BR- 232/PE teve a finalidade básica de caracterizar o tráfego, a sua composição por tipo de veículos, a projeção para o período de vida útil do projeto, avaliação da capacidade da via, bem como definir os parâmetros necessários para as soluções que foram adotadas no projeto.

6.1.2 – Tarefas Desenvolvidas

- Coleta de dados Históricos;
- Contagem Volumétrica e Classificatória;
- Pesagem dos Veículos Comerciais;
- Processamento de Dados;
- Cálculo do “Número N” ;
- Estudo das Travessias Urbanas;
- Análise de Pontos críticos de acidentes.

6.1.3 - Metodologia

6.1.3.1 – Coleta de dados históricos

Conforme preconizado nos termos de referência, foram levantados e analisados todos os dados de tráfego disponíveis no DNER/DER, em particular aqueles oriundos dos Estudos de Tráfego elaborado pela JBR Engenharia Ltda, para o DER e o projeto de duplicação do subtrecho em estudo.

Com vistas à aferição do número “N” foram adotados os resultados das pesagens de veículos coletivos e de carga, das rodovias da região e também foram realizadas as novas pesagens de veículos comerciais.

Com vistas à avaliação dos pontos críticos da pista existente foram analisados os dados de acidentes, com especial atenção aos dados dos “ Planos e Programas de Avaliação de Acidentes da Divisão de Educação e Segurança de Trânsito” (DEST) do DNER, bem como o tipo e a causa do acidente de forma a se promover a redução dos mesmos.

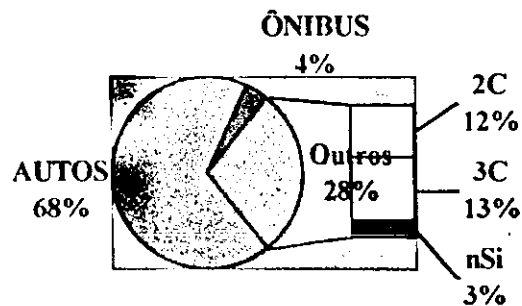
6.1.3.2 – Contagens volumétricas e classificatórias

Os dados existentes coletados e utilizados no presente estudo foram os seguintes:

- Estudos de tráfego e de capacidade constantes do Projeto Básico elaborado pela JBR para o Programa de Exploração da Rodovia BR-232/PE, para o DNER no ano de 1998;

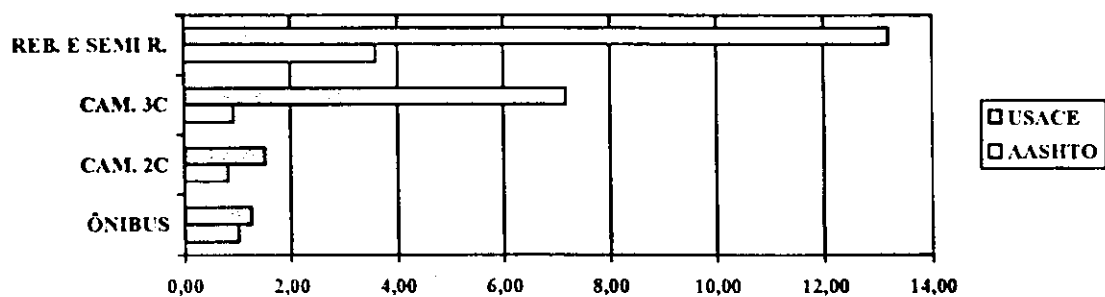
▪ Históricos de tráfego existentes no DNER e DER-PE, compreendendo o período de 1972 a 1995, referentes ao posto de pesquisa 232BPE0120, situado no segmento em estudo. A planilha ET-01.1, apresenta os valores da série coletada, que no ano de 1995 indicou o seguinte:

ANO	AUTOS	ÔNIBUS	2C	3C	Nsi	TOTAL
1995	4631	269	789	916	225	6830



- Informações provenientes da pesquisa de pesagem de eixos efetuada na balança do DNER em Moreno, e que foi publicada como trabalho técnico pela Associação Brasileira de Departamentos de Estradas de Rodagem - ABDER, constando do perfil dos pesos por eixos nas diversas categorias de veículos comerciais. Resumidamente, estes dados indicaram o seguinte:

TIPO	ÔNIBUS	CAM. 2C	CAM. 3C	REB. E S.REB.
AASHTO	1,00	0,81	0,92	3,60
USACE	1,24	1,50	7,18	13,21



Para complementar os dados necessários às análises do tráfego, foram efetuadas pesquisas com as seguintes características:

- Contagens de tráfego do tipo direcional, nas interseções importantes existentes ao longo do segmento. As pesquisas foram realizadas nos dias 19 e 20 de julho do ano de 1999, nas seguintes interseções:

- Entroncamento com a PE-056, para Chã Grande;
Acessos para Gravatá (4 acessos);
Entroncamento com a PE-130, para Bonito;
Acessos para Bezerras (3 acessos, incluindo o da rodoviária).

- Contagens de pedestres nas travessias urbanas de Gravatá e Bezerras. Estas pesquisas foram realizadas entre os dias 26 e 28 de julho de 1999, pelo período de seis horas diárias, sendo três pela manhã e três pela tarde.

Para a definição das taxas de crescimento foram analisadas inicialmente as regressões da série histórica do posto de pesquisa adotado. As melhores correlações indicaram tendência linear de crescimento, exceto para os automóveis, que apresentaram tendência exponencial.

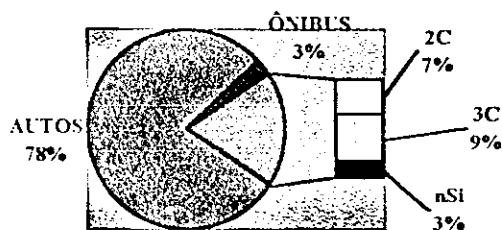
As taxas médias de crescimento anual foram da ordem dos 5,5% para automóveis; 1,1% para ônibus; 1,3% para caminhões 2C; 2,3% para caminhões 3C e 3,1% para reboques e semi-reboques.

Em resumo, a taxa de crescimento anual estabelecida para todas as categorias de veículos foi de 4,6%.

Adotando-se esta taxa anual de crescimento, foram obtidos os seguintes dados sumários referentes à projeção do tráfego:

ANO	AUTOS	ÔNIBUS	2C	3C	NSi	TOTAL
2002	6699	316	836	979	260	9090
2012	11397	352	944	1213	346	14252

ANO DE 2010



No estudo de capacidade da via para estabelecimento dos níveis de serviço atual e futuro, tomou-se por base os dados atuais de volume horário de pico constantes da pesquisa efetuada (7,0% do VMD, em média).

Os valores referentes ao volume horário de pico para os anos futuros foram determinados aplicando-se os 7,0% aos volumes médios diários anuais projetados.

Os resultados obtidos revelaram estar o segmento atualmente no nível de serviço "D" – fluxo instável, chegando à capacidade entre 2005 e 2010.

Para a duplicação com canteiro central separando as duas pistas, a rodovia funcionaria no nível de serviço "A" – fluxo livre, além do limiar do projeto, no ano de 2020.

Foi procedida a indicação dos valores de repetições de eixos para as metodologias a serem utilizadas no dimensionamento de pavimentos rígidos e flexíveis.

Conforme já dito anteriormente, os valores dos perfis de pesos por eixos para as diversas categorias de veículos, foram estabelecidos em função dos dados constantes do trabalho apresentado por técnicos do DER/PE, em reunião anual da Associação Brasileira dos DER's (ABDER).

As contagens volumétricas foram executadas durante 03(três) dias consecutivos em períodos de 24 horas em número de pontos compatíveis com a variação do fluxo de carros. As contagens direcionais para interseções serão realizadas durante os 03 (dias) nos períodos mais críticos.

As projeções de tráfego, ou sejam a estima do volume e composição do tráfego que se prevê para o trecho em estudo no horizonte de utilização do projeto, foram determinadas com base nos dados históricos coletados.

6.1.3.3 – Pesagem dos veículos comerciais

O ponto de passagem existente em Moreno Km 27,2 oferece dados que foram validados com novas pesagens.

6.1.3.4 – Processamento de dados

O volume médio diário anual foi determinado para vários subtrechos homogêneos, por tipo de veículos, a partir de fatores de correção definidos com base nos volumes unidirecionais.

As projeções de tráfego levarão em conta o resultado da análise das séries históricas levantadas, dos dados sócio – econômicos e das taxas de crescimento pesquisadas.

6.1.3.5 – Cálculo do “Número N”

O estudo de tráfego determina diretamente o número “N” que é a quantidade de eixos padrão que solicitam o pavimento, em um único sentido ao longo da vida útil do mesmo. Para calcular o número “N” utiliza-se a seguinte fórmula:

$$N = V_t * FE * FC * FR$$

V_t → volume total de tráfego, estimado em um sentido, ao longo da vida útil prevista para o pavimento;

FE → fator de eixo, média de eixos por veículo;

FC → fator de carga, coeficiente que transforma, em termos destrutivos do pavimento, a quantidade total de eixos padrão;

FV → fator de veículo, produto de FE com FC ;

FR → fator climático, coeficiente que corrige a quantidade total de eixos padrão em função da precipitação pluviométrica da região ao longo da qual o pavimento será desenvolvido.

Para determinação do FC é necessário estimar a composição do tráfego em relação ao tipo de eixo, e em relação a intensidade de carga transmitida. Utiliza-se a Tabela de Fatores de equivalência de operação, que segue em anexo, para calcular a equivalência de operação, pois a mesma fornece o valor do fator de equivalência em relação a carga.

Com os Fatores de Veículos indicados, mais as projeções do tráfego, calcularam-se, mediante o conhecido algoritmo, os “Números de Repetições do Eixo Simples Padrão N”, tanto na metodologia do “USACE”, conhecida como o método do Eng.º Murilo Lopes de Souza, quanto pelo método das deflexões recuperáveis, ou da “AASHTO”, pela conhecida expressão:

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

Em que:

- k = fator de carregamento para a faixa de projeto (para pistas simples: 0,50 = 50% do tráfego dos dois sentidos alocados na faixa de projeto);
- V_{mi} = Volume médio diário de cada categoria de veículo comercial;
- F_{vi} = Fator de veículo médio de cada categoria de veículo comercial.

Os números de repetições acumuladas do eixo simples de 8,2 t, determinados para as séries 1980/1999 e 2000/2020, foram os seguintes:

METODOLOGIA	SÉRIE 1980/2000	SÉRIE 2001/2020
AASHTO	$7,9 \times 10^6$	$9,9 \times 10^6$
USACE	-	$4,3 \times 10^7$

6.1.3.6 – Estudos para travessias urbanas

Para as travessias urbanas, foi feita uma análise, apoiada por estudos de capacidade, visando a introdução, nas mesmas, de melhorias físico-operacionais. Essa análise foi fundamentada no HCM – 1985, e deverá abordar os seguintes aspectos:

- localização de ponto de parada de ônibus;
- viabilidade de implantação de ruas laterais;
- melhorias de controle de acesso a postos de serviço e propriedades particulares;
- melhorias de controle de acesso a postos de serviços e propriedades particulares;
- implantação de disciplinadores de velocidade;
- localização de travessias de pedestres;
- identificação de locais para estacionamento, cargas e descargas.

6.1.3.7 – Análise de pontos críticos de acidentes

Durante a elaboração do projeto proceder-se-á à pesquisa de dados, sobre acidentes na pista atual junto à DEST/DNER e em particular aqueles constantes do DER e do projeto de duplicação do subtrecho elaborado pela JBR engenharia Ltda para o DNER.

Foram realizadas inspeções “in loco” minuciosa, levantando todos os elementos de interesse para a avaliação das possíveis causas de acidentes, bem como estabelecer a possibilidade de eliminação deste.

6.1.4 – Capacidade e Nível de Serviço

No estudo de capacidade da via para estabelecimento dos níveis de serviço atual e futuro, tomou-se por base os dados atuais de volume horário de pico constantes da pesquisa efetuada (7,0% do VMD, em média).

Os valores referentes ao volume horário de pico para os anos futuros foram determinados aplicando-se os 7,0% aos volumes médios diários anuais projetados.

Os resultados obtidos revelaram estar o segmento atualmente no nível de serviço “D” – fluxo instável, chegando à capacidade entre 2005 e 2010.

Para a duplicação com canteiro central separando as duas pistas, a rodovia funcionaria no nível de serviço “A” – fluxo livre, além do limiar do projeto, no ano de 2020.

6.2 – ESTUDO TOPOGRÁFICO

6.2.1 - Objetivo

O estudo topográfico foi desenvolvido com o objetivo de levantar a pista existente e a faixa de domínio de modo que, com base nesse levantamento, fosse possível definir o posicionamento da pista correspondente a duplicação e obter os seus elementos geométricos.

6.2.2 – Tarefas Desenvolvidas

- Estaqueamento do trecho;
- Amarração de Pontos Notáveis;
- Cadastramento dos dispositivos de drenagem;
- Levantamento da largura da pista;
- Amarração das ocorrências de materiais.

6.2.3 - Metodologia

6.2.3.1 – Estaqueamento do trecho

O estaqueamento do trecho foi feito com a utilização de trena com o espaçamento de 20 (vinte) metros entre as estacas, as quais foram materializadas no bordo da pista de rolamento com tinta de demarcação rodoviária através de um círculo tendo os lados a numeração correspondente à respectiva estaca, evitando-se igualdade entre as estacas.

6.2.3.2 – Amarração de pontos notáveis

Os pontos notáveis com início e final de viadutos e pontes, posição de bueiros, início e final de interseções deverão ser amarrados ao estaqueamento para permitir o desenho de croquis do segmento.

6.2.3.3 – Cadastro dos dispositivos de drenagem

Cadastramento dos dispositivos de drenagem foram realizados para aqueles danificados ou obstruídos por materiais carreados pelo vento ou pelas chuvas, bem como aqueles dispositivos de drenagem cuja insuficiência de vazão tenha provocado a passagem de águas pluviais sobre o pavimento.

6.2.3.4 – Levantamento da largura da pista de rolamento e acostamentos

O levantamento da largura da pista de rolamento e dos acostamentos será realizado para cada mudança significativa da largura, notadamente nas curvas, devido a superlargura.

6.2.3.5 – Amarração das ocorrências de materiais

A amarração das ocorrências de materiais ao estaqueamento, foi materializada e permitirá o desenho de croquis mostrando a distância das mesmas ao eixo e respectivas posições em relação ao estaqueamento.

Os levantamentos planialtimétricos dos cursos d'água e o cadastro de todos os dispositivos de drenagem existentes foram apoiados no eixo de referência e serviram para o dimensionamento e projeto do sistema de drenagem.

O levantamento topográfico de talvegues foi indispensável para a definição e dimensionamento dos dispositivos de drenagem de grotas.

Os levantamentos planialtimétricos executados nos locais de interseções e nas jazidas foram realizados de modo a permitir a elaboração dos desenhos dos mesmos, sendo que nesse último caso foram afixados piquetes testemunhos para localização de cada furo de sondagem.

Os levantamentos para Obra-de-Arte Especiais foram executados em malhas quadradas de 10 metros de lado, à montante e à jusante, permitindo inclusive a determinação da declividade do curso d'água no local da obra.

Em áreas sujeitas à desapropriação, e nos locais de travessia de aglomerados urbanos, o levantamento planialtimétrico foi estendido visando a caracterização topográfica e ao cadastramento de edificações e ou benfeitorias cujas remoções possam se fazer necessárias com a implantação do projeto.

6.2.3.6 – Cadastro de serviços de utilidade pública

Ao longo do trecho existem diversos serviços de utilidade pública que foram cadastrados visando eliminar interferências com o projeto a ser implantado.

6.2.3.7 – Implantação de referência de nível

Foi implantada uma rede de RN, sempre que possível apoiada na rede do IBGE, que serviu de apoio ao nivelamento e contranivelamento do eixo.

A rede de Rn foi materializada no terreno através de marcos de concreto padronizados, com pino metálico no topo, espaçados de 500 m ao longo do trecho.

6.2.3.8 – Elaboração de plantas topográficas

Com base nos levantamentos realizados foram elaboradas plantas topográficas na escala 1:2000 com curvas de nível a intervalos de 1,00m onde estejam representados todos os elementos de interesse para o projeto.

6.3 – ESTUDOS GEOTÉCNICOS

6.3.1 - Objetivo

Tem por finalidade identificar, quantificar e qualificar os materiais ao longo do eixo locado, nas áreas destinadas às caixas de empréstimo para construção do corpo estradal, nas áreas de jazidas de solos granulares, areais e pedreiras indicadas para as camadas estruturais do pavimento da rodovia.

6.3.2 – Tarefas Desenvolvidas

- Caracterização dos materiais constituintes do subleito;
- Caracterização dos materiais constituintes dos empréstimos para a terraplenagem;
- estudo das ocorrências de materiais para a pavimentação (jazida, areias e pedreiras);
- Sondagem nas Obras de Arte Especiais.

6.3.3 - Metodologia

6.2.3.1 – Caracterização de estrutura do pavimento e subleito existente

Com vista a avaliação dos materiais ocorrentes tanto para dimensionamento da restauração do pavimento como também para sua utilização nas camadas de terraplanagem, proceder-se-á ao estudo do subleito através de sondagens e ensaios.

De acordo com os termos de referência, o subleito foi sondado a pá e picareta na função como acostamento para a retirada de amostras e medição de espessuras. Foram coletadas amostras representativas de cada horizonte de material atravessando para realização dos ensaios:

- Granulometria sem sedimentação;
- Índices físicos (LL,LP,IP);
- Compactação;
- Índice de suporte califórnia e
- Densidade “in situ”;

A granulometria com sedimentação foi realizada nos subtrechos homogêneos em quantidades que sejam representativas.

6.3.3.2 – Estudo de ocorrências de materiais

Serão estudadas ocorrências de materiais pétreos areia e solos com vistas a localizar e definir ocorrências de materiais possíveis de serem utilizados na obra.

As ocorrências pesquisadas ao longo do trecho, foram avaliadas quanto as condições de exploração e em particular quanto as características geotécnicas e disponibilidades de volumes, acessibilidade e interferências ambientais.

Com as amostras coletadas serão executadas os seguintes ensaios:

a) - material pétreo;

- Abrasão Los Angeles
- Adesividade
- Durabilidade

b) - areia;

- Granulometria
- Teor de matéria orgânica
- Equivalente de areia

c) - Solos;

- Granulometria e Índices Físicos
- Compactação e CBR
- Equivalente de areia

No estudo das ocorrências de solos foram executados 9 (nove) furos de sondagem em cada ocorrência. A posição dos furos numa ocorrência será escolhida de forma que se cubra toda a sua área. Todos os ensaios serão executados em conformidade com as Normas do DNER, deverão ser avaliadas as condições de acessibilidade das ocorrências.

6.3.4 – Estudos especiais

6.3.4.1 – Estudo do Subleito

Para o conhecimento dos materiais constituintes do subleito foram executadas sondagens ao longo do eixo da duplicação espaçadas de 100 em 100 metros, com profundidade até 1,0m, no máximo, abaixo do greide de terraplenagem.

Os materiais correspondentes a cada camada identificada em cada furo foram coletados separadamente e conduzidos ao laboratório para serem submetidos aos seguintes ensaios de caracterização e resistência:

- ◆ granulometria por peneiramento
- ◆ índices físicos LL e LP
- ◆ compactação na energia do Proctor Normal
- ◆ CBR.
- ◆ Granulometria com sedimentação, dos materiais da camada superficial apresentando percentual passando na peneira 200 inferior a 35%.

Os ensaios de compactação e de CBR foram executados em furos alternados.

6.3.4.1 – Estudo de Empréstimo

Para suprir a necessidade de materiais para a confecção dos aterros foi prevista a utilização de empréstimos laterais concentrados distribuídos ao longo do trecho. Dessa forma, foram determinadas 30 áreas ao longo do trecho. Em cada uma delas, foram realizados furos de sondagem com espessuras variáveis, nunca inferiores a 60 centímetros. É importante ressaltar que a região apresenta rocha aflorando e os empréstimos apresentam espessuras reduzidas.

Os materiais correspondentes a cada furo foram coletados e conduzidos ao laboratório para serem submetidos aos seguintes ensaios de caracterização e resistência:

- ◆ granulometria por peneiramento
- ◆ índices físicos LL e LP
- ◆ compactação na energia do proctor normal
- ◆ CBR

6.3.4.1 – Estudo de Jazidas

As prospecções realizadas ao longo do trecho possibilitaram a identificação de seis áreas para fornecimento de materiais para as camadas do pavimento. As informações gerais destas ocorrências estão apresentadas no quadro a seguir.

JAZIDA	LOCALIZAÇÃO	VOL. UTILIZÁVEL (m ³)
J.1 – Casacavel	Est.0- LD, a 5,9km ou Est.300-LD, a 9,0km	51.808
J.2 – Capixaba	Estaca 1029 – LE, a 0,58km	21.384
J.3 – Loteamento	Estaca 1258 – LD, a 0,44km	24.624
J.4 – Zaire	Estaca 1911 – LE, a 0,65km	66.582
J.5 – Campo Verde	Estaca 1911 – LE, a 0,56km	52.839
J.6 – São João	Estaca 2029 – LE, a 0,6km	32.019

Os materiais coletados foram conduzidos ao laboratório para serem submetidos aos seguintes ensaios para caracterização e resistência:

- ◆ granulometria por peneiramento
- ◆ índices físicos LL e LP
- ◆ compactação na energia do proctor intermediário
- ◆ CBR

Os resultados obtidos mostraram que os materiais das jazidas estudadas atendem apenas ao especificado pelo DNER para a camada de sub-base estabilizada granulometricamente sem mistura.

Para a camada de base, os materiais das jazidas de solo não atendem apresentando resultados muito aquém do requerido para as especificações.

6.3.4.2 – Estudo de Ocorrência de Materiais para Pavimentação (pedreiras)

A pedreira estudada é comercial e apresenta as seguintes características gerais:

PEDREIRA	LOCALIZAÇÃO	VOL. UTILIZÁVEL (m ³)
P.1 – Bricol	Estaca 2150+17,15 – LE, a 4,06km	1.800.000

Os ensaios realizados com os materiais provenientes da pedreira foram os seguintes:

- ◆ abrasão Los Angeles
- ◆ adesividade R.R.L e Riedel-Weber
- ◆ índice de forma

A pedreira está sendo indicada para ser utilizada em obras de concreto e na pavimentação

6.3.4.3 – Estudo de Areias

As informações gerais inerentes aos areais estudados estão apresentadas no quadro a seguir.

AREAL	LOCALIZAÇÃO	VOL. UTILIZÁVEL (m ³)
A. – Poço Verde	Estaca 1258 – LD, a 2,7 Km	Areal de rio
A.2- Passagem	Estaca 1751 – LD, a 2,3 Km	Areal de rio

Os ensaios de laboratório realizados nos areais foram os seguintes:

- ◆ granulometria por peneiramento
- ◆ equivalente de areia
- ◆ peso específico real

Os areais estão sendo indicados para serem utilizados nas obras de concreto e no revestimento asfáltico.

6.4 - ESTUDO HIDR⁰LÓGICO

X

6.4.1 – Objetivo

Os Estudos Hidrológicos foram desenvolvidos, tendo como objetivo a obtenção de parâmetros que subsidiem o dimensionamento de todos os dispositivos de drenagem a serem implantados e o redimensionamento dos dispositivos existentes.

6.4.2 – Tarefas Desenvolvidas

Este estudo foi elaborado em função das cartas plani-altimétricas na escala de 1:100.000, da SUDENE.

Nesta carta foi possível determinar as características das bacias, tais como, áreas, diferenças de nível e comprimento dos talvegues. A cobertura vegetal foi definida no campo ou através de uso de mapas pedológicos da região.

É importante registrar que, devido à escala das cartas utilizadas, pequenas bacias não puderam ser identificadas. No entanto, através de inspeção de campo, foi possível a delimitação de algumas dessas bacias.

É de grande importância para este estudo o registro de que a rodovia BR-232 no trecho Recife-Caruaru foi implantada e pavimentada no período 1952-1960. O segmento correspondente a este trecho foi implantado e pavimentado entre os anos de 1954 e 1957, perfazendo um tempo de serviço de 42 anos. Durante este significativo período de operação, não foram constatados quaisquer tipos de problemas que viessem a ser causados por insuficiência do sistema de drenagem existente. É um dado extremamente importante para as conclusões deste estudo. Abaixo estão descritas as tarefas desenvolvidas:

- Coleta e Análise dos dados disponíveis;
- Determinação da chuva de projeto;
- Cadastro das obras existentes.

6.4.3 - Metodologia

6.4.3.1 – Coleta e análise de dados disponíveis

Serão coletados junto aos órgãos competentes, todos os dados existentes disponíveis, visando a caracterização climatológica e pluviométrica da região, bem como serão consideradas as informações dos projetos existentes.

Os dados coletados serão processados e analisados os elementos constantes de outros estudos, e estabelecidos parâmetros comparativos em particular do uso do solo com vistas a aferir a adoção dos elementos disponíveis.

Foram colhidas junto aos técnicos da Residência do DNER informações locais tais como, condições de funcionamento das dispositivos de drenagem, obras-de-arte correntes problemáticas, máximas enchentes observadas, etc.

6.4.3.2 – Determinação da chuva de projeto

a. Determinação das precipitações para chuvas de um dia:

Para a determinação das precipitações para chuvas de 01 (um) dia de duração, foi utilizada a fórmula de Ven Te Chow, mostrada a seguir:

$$\bar{P} = P + K\sigma, \text{ sendo:}$$

\bar{P} = precipitação máxima para chuvas de 01 (um) dia de duração, em milímetros;

P = precipitação média durante o período observado, em milímetros;

σ = desvio padrão das máximas precipitações diárias anuais;

K = fator de frequência dos números de anos de observação em função de cada tempo de recorrência. Estes valores foram tabelados para um número de anos de observação variando de 10 a 60.

Após avaliação dos dados existentes, complementares pelos novos estudos realizados proceder-se-á, processamento estatístico, visando-se obter curvas de chuva "Intensidade x Duração".

Determinada a curva de chuva, proceder-se-á ao confronto com o parâmetro considerado no projeto de implantação da pista existente.

b. Curvas:

Para a definição das curvas de precipitação x duração x frequência, lançou-se mão da metodologia proposta pelo engenheiro Jaime Taborga Torrico em sua publicação "Práticas Hidrológicas" de 1974.

As precipitações determinadas no item anterior para os tempos de recorrência de 10, 50 e 100 anos correspondem a chuvas diárias (1 dia).

A metodologia adotada permitiu que, através de correlações propostas pelo método, fossem obtidas, a partir das chuvas diárias, as precipitações correspondentes a 1 dia, 1 hora e 6 minutos.

A seguir está apresentado o demonstrativo dos passos seguidos que possibilitaram a obtenção das retas mencionadas.

Definição da zona na qual o trecho está inserido e dos percentuais a serem utilizados para obtenção das chuvas de 1 hora e 6 minutos.

ZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA				
	1 hora/24 horas			6 min/24 horas	
A	10	50	10	5 50	10 0
B	37,80	36,90	36,60	8,40	7,50

Convenção da chuva de um dia em chuva de 24 horas.

TR	TEMPO DE RECORRÊNCIA (ANOS)			
	10	10	50	100
P 1 dia (mm)	112,20	112,20	155,40	172,70
P 24 horas (mm)	122,90	170,20	170,20	189,10

Alturas de precipitações para 6 minutos e 1 hora

TR (ANOS)	PRECIPITAÇÃO (mm)		
	6 minutos	1 hora	24 horas
10	10,30	46,50	122,90
50	14,30	62,80	170,20
100	14,20	69,20	189,10

Definição das Curvas de Intensidade x Duração x Freqüência

As curvas de intensidade x duração x freqüência foram obtidas através de correlações com os dados que originaram as curvas de precipitação x duração x freqüência. Foram criadas para os tempos de recorrência de 10, 50 e 100 anos.

c. Tempo de Concentração:

Drenagem Superficial:

Para o cálculo do tempo de concentração dos dispositivos de drenagem superficial, foi utilizada a expressão do "Bureau of Public Roads", apresentada a seguir:

$$T_c = 3,27 (1,1 - C) S^{-1/3} \times L^{1/2}, \text{ sendo:}$$

Tc = tempo de concentração, em minutos;
 C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;
 S = declividade longitudinal, em %.

d. Obras de Arte Corrente:

Para o cálculo do tempo de concentração da bacia hidrográfica foi utilizada a fórmula originária do "Califórnia Highway and Public Roads", apresentada a seguir:

$$Tc = 57 \left(\frac{L^3}{AH} \right)^{0,385}, \text{ sendo:}$$

Tc = tempo de concentração, em minutos;
 L = comprimento da linha de fundo, em km;
 AH = diferença de nível entre o ponto mais afastado na bacia e a seção em estudo, em metros.

e. Vazões de Contribuição:

As vazões de contribuição foram determinadas de acordo com os procedimentos indicados a seguir.

Bacias com áreas de contribuição até 100ha (1km²)

Para estes casos a vazão de contribuição foi determinada através do emprego do Método Racional, que apresenta a seguinte configuração :

$$Q_p = \frac{ciA}{36}, \text{ sendo:}$$

Q_p = vazão de contribuição, em m³/s;

c = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

i = intensidade de chuva, em cm/h;

A = área da bacia de contribuição, em ha.

O tempo de concentração foi calculado através do emprego da fórmula proposta pelo California Highways and Public Roads, que apresenta a seguinte configuração :

$$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}, \text{ sendo:}$$

T_c = tempo de concentração, em hora;

L = comprimento da linha de fundo do talvegue principal, em km;

H = diferença de nível entre o ponto mais afastado da bacia e a seção em estudo, em metro.

O tempo de concentração mínimo considerado foi de 6 minutos.

Bacias com áreas de contribuição entre 100 ha (1km²) e 2500 km²

Nestes casos foi utilizado o Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT), que é uma das aplicações da teoria da hidrógrafa unitária.

A substituição da hidrógrafa curvilínea representativa de um escoamento, por uma triangular, para áreas até 2.500km², é feita na prática sem maiores prejuízos e com apreciável economia de tempo para os cálculos necessários.

Os parâmetros do HUT para uma chuva efetiva (R) são os seguintes :

$$Q_p = 2,08 \frac{A}{T_p}$$

$$D = 0,2T_c$$

$$T_p = \frac{D}{2} + 0,6T_c$$

$$T_r = 1,67T_p$$

$$T_b = 2,67T_p$$

Sendo:

R = chuva efetiva, em cm;

Q_p = descarga de pico, em m³/s/cm;

A = área da bacia hidrográfica, em km²;

D = duração da chuva, em hora;

T_c = tempo de concentração, em hora;

T_p = tempo de pico, em hora;

T_r = tempo de recessão, em hora;

T_b = tempo de base, em hora.

O tempo de concentração foi calculado pela fórmula proposta pelo California Highway and Public Roads já descrita no subitem A.

Para as bacias com áreas até 25km² considerou-se a distribuição da chuva na área e no tempo praticamente uniforme. Dessa forma, a duração da chuva (D) igual ao tempo de concentração (T_c). A vazão de projeto passou a ser calculada da seguinte forma :

$$Q_p = 0,208 \frac{RA}{T_p}$$

Fazendo-se $D = T_c$ tem-se :

$$T_p = \frac{D}{2} + 0,6T_c = \frac{T_c}{2} + 0,6T_c = 1,1T_c$$

$$Q_p = 0,208 \frac{RA}{1,1T_c} = 0,189 \frac{RA}{T_c} \quad \text{sendo } R(\text{mm}), A (\text{km}^2) \text{ e } T_c (\text{hora})$$

Para bacias com áreas superiores a 25km² a influência da distribuição da chuva na área foi considerada utilizando-se a relação (chuva na área / chuva pontual), dada pela fórmula empírica proposta por Jaime Torga Torrico em sua publicação "Práticas Hidrológicas" mostrada a seguir :

$$\frac{P}{P_0} = 1 - W \log \frac{A}{A_0} \quad , \text{ sendo :}$$

P = precipitação média sobre a bacia

P_0 = precipitação pontual no centro de gravidade da bacia

W = fator regional, função das relações chuva/área/tempo de duração

A = área da bacia

A_0 = área base, na qual $P = P_0$. (Considerou-se $A_0 = 25\text{km}^2$).

No Brasil, as pesquisas realizadas mostraram que o valor médio de W é de 0,10 quando $25\text{km}^2 \leq A \leq 2500\text{km}^2$ e $1\text{h} \leq D \leq 48\text{h}$. Logo :

$$\frac{P}{P_0} = 1 - 0,10 \log \frac{A}{25}$$

Para a determinação da chuva efetiva (R) foi utilizado o Método do Soil Conservation Service, que obteve uma fórmula na qual um dos parâmetros define o complexo solo-vegetação. Esta fórmula apresenta o seguinte aspecto :

$$R = \frac{(P - 5080 / N + 50,8)^2}{P + 20320 / N - 203,2} \quad \text{sendo :}$$

R - chuva efetiva, em mm;

P - precipitação, em mm;

N - número de deflúvio que define o complexo hidrológico solo-vegetação;

Rio Ipojuca (km : 85,9 – estaca : 720)

Para o Rio Ipojuca a SUDENE, através de seu Departamento de Recursos Naturais, Divisão de Hidrologia, realizou estudos para determinação de vazões. A parte deste estudo de interesse para este trabalho está transcrita a seguir :

Rio Ipojuca

Posto Fluviométrico Engenho Tabocas (Município de Primavera)

Área de drenagem : 3.260 km²

Data da instalação : 10 de janeiro de 1967

Pelas informações obtidas de antigos moradores da redondeza, foi possível avaliar a ordem de grandeza das maiores enchentes ocorridas no período de 1941 e 1968, pela aplicação do método da área-declividade, que é um método desenvolvido pela U.S.Geological Survey, baseado na fórmula de Manning.

As descargas calculadas por este método foram compatibilizadas com as provenientes da extrapolação da curva existente para cotas baixas e os resultados obtidos foram os seguintes :

Ano	descarga máxima (m ³ /s)
1941	680
1951	650
1961	750

De acordo com tais informações, estas foram as maiores enchentes do período. Entretanto, face à imprecisão da determinação do nível alcançado, bem como, o erro que admite o método empírico de cálculo, estes valores foram tomados apenas como ordem de grandeza.

Com as informações acima apresentadas, concluiu-se que apenas a descarga máxima para um período de cerca de 30 anos é da ordem de 750m³/s.

Por outro lado, foram também utilizados dados compilados e interpretados por técnicos do "United States Bureau of Reclamation", pertinentes à relação vazão máxima - área de drenagem, observados em diversos rios do Nordeste. Esses dados, contidos em um Parecer Consultivo daquele órgão, são os seguintes :

Rio (nome)	Area de Drenagem (Km ²)	Descarga máxima Observada (m ³ /s)
1. Paraguaçu (I)	2.460	700
2. Uma	1.600	1.000
3. Praguaçu (II)	35.080	4.000
4. Paraguaçu (III)	43.000	3.700
5. Paraguaçu (IV)	53.600	9.500
6. Longa	11.400	2.000
7. Coreau	4.020	920
8. Acaraú	2.940	578
9. Acaraú	11.160	2.300
10. Acaratiassú	1.440	1.010
11. Choro	1.710	341
12. Jaguaribe (I)	6.110	3.380
13. Jaguaribe (II)	14.780	1.260
14. Truçú	1.930	370
15. Aguiar	910	639
16. Seridó	1.480	1.090
17. Parauá	1.420	945
18. taperoá	480	690

Nota : Os números entre parênteses indicam diferentes postos no mesmo rio.

Os valores de descarga máxima e área de drenagem acima apresentados possibilitaram a elaboração do diagrama de dispersão. Através desse diagrama pode ser analisada a disposição dos diversos pares de valores (descarga máxima - área de drenagem). Chegou-se à conclusão de que ela é do tipo $Q = mA^n$ ou $\log Q = \log m + n \log A$

Aplicando o método dos mínimos quadrados foram determinados os valores de m e n.

$$m = 12,460$$

$$n = 0,558$$

O coeficiente de correlação encontrado foi de 0,84.

A curva de regressão está apresentada no quadro EH-7.

Entrando-se na curva de dispersão com a área de drenagem de 3.260km² (valor obtido no trabalho desenvolvido pela SUDENE para determinação da vazão do Rio Ipojuca) obteve-se um resultado muito superior aos 750m³/s, considerados como sendo a descarga máxima observada no período de aproximadamente 30 anos ($Q \approx 1.200 \text{ m}^3/\text{s}$).

O que pode ser dito em relação a este fato é que o Rio Ipojuca tem uma forma muito alongada, distanciando-se muito da forma radial, onde o

coeficiente de compacidade e o fator de forma da bacia são respectivamente, 2,99 e 0,06. A conclusão é de que a área do Rio Ipojuca não é sujeita a enchentes.

Admitindo-se que as descargas são proporcionais às áreas drenadas, tem-se a seguinte relação :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad , \text{ sendo :}$$

Q_1 = descarga no local da ponte na rodovia BR-232

Q_2 = descarga observada no posto fluviométrico, no engenho Tabocas

A_1 = área de drenagem no local da ponte na rodovia BR-232

A_2 = área de drenagem no local do posto fluviométrico

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad \therefore \quad \frac{Q_1}{750} = \frac{2.700}{3.260} \quad \therefore \quad Q_1 = 750 \times \frac{2.700}{3.260}$$

$$Q_1 = 620 \text{ m}^3/\text{s}$$

f. Obras de Arte Especiais:

Para as Obras de Arte Especiais, os trabalhos compreenderam as seguintes etapas:

- Fixação da Descarga de Projeto;
- Dimensionamento Hidráulico.

A seleção da descarga de projeto foi realizada com apreciação simultânea da descarga calculada pelo método HUT exposto anteriormente.

A descarga e a velocidade do fluxo d'água foi realizada pela utilização da fórmula de Manning aliada a equação da continuidade.

$$Q = \frac{AR^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Q = descarga em m^3/Seg ;

A = Área molhada em m^2 ;

R = Raio hidráulico em m ;

S = Declividade média da linha de energia em m/m ;

n = Coeficiente de rugosidade.

g. Tempos de Recorrência:

Os tempos de recorrência adotados neste estudo foram os seguintes:

- Drenagem Superficial – TR = 10 anos.
- Obras de Arte Correntes – TR = 50 anos.
- Obras de Arte Especiais – TR = 100 anos.

7.0 – PROJETOS

7.1 – PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO

7.1.1 - Objetivo

O projeto de Desapropriação tem como o objetivo a determinação das área que, em virtude, das obras de restauração serão objetos de indenização e consequentemente incorporação ao patrimônio da União.

7.1.2 – Tarefas Desenvolvidas

- Diagnóstico de Implantação;
- Levantamento topográfico do imóvel;
- Cadastro do imóvel;
- Avaliação indenizada.

7.1.3 - Metodologia

7.1.3.1 – Diagnóstico de Implicações

O projeto de desapropriação foi procedido de um diagnóstico das implicações que resultaram em melhorias operacionais a serem introduzidas nas rodovias existentes.

Se de tal diagnóstico resultarem conclusões que indiquem a necessidade de serem montados laudos de desapropriação, proceder-se-á a elaboração do Projeto de Desapropriação referentes a esse laudo.

O projeto de desapropriação envolveu o cadastramento das área a serem desapropriadas e, a partir deste, a montagem dos respectivos laudos de desapropriação.

7.1.3.2 – Levantamento topográfico do imóvel

Os imóveis desapropriados foram levantados em função da interferência dos off-sets com o mesmo, demarcado topograficamente de forma a possibilitar sua localização precisa e cálculo de suas metragens totais que foram indenizadas.

7.1.3.2 – Cadastro do imóvel

Foram preenchidas planilhas apropriadas contendo o nome do proprietário, detentor da posse, benfeitorias, área total a desapropriar, etc.

7.1.3.3 – Avaliação indenizatória

Paralelamente aos trabalhos de cadastro físico foi desenvolvido um estudo baseado em pesquisas junto a correntes, anúncios em jornais, etc. Para determinação do valor da indenização das terras, benfeitorias, plantações e culturas, por imóvel.

Na apresentação do projeto de desapropriação foram seguidas as instruções para o "Projeto de Desapropriação" em vigor no DNER./DER.

As benfeitorias, faixas de terras e culturas permanentes existentes na área foram classificadas e medidas individualmente de acordo com as pesquisas executadas em campo, seguindo as normas e os dados existentes nos órgãos e empresas que operam nas suas áreas específicas. Para isso foram feitas consultas nas EMATER, FETAPE, carteira de Crédito rural do Banco do Brasil, empresas de corretagem de imóveis da região, o Banco do Nordeste através do 'Projeto Farol do Desenvolvimento, e as últimas negociações de compra e venda de imóveis registradas em cartório, chegando a parâmetros bastantes próximos da realidade, evitando-se assim a especulação, fato corriqueiro em intervenções de obras desse porte.

Outro fator de abordagem foram os cartórios de Registros de Imóveis, nestes foram feitas pesquisas de forma a identificar os proprietários e a situação jurídica, nos casos de espólio, litígio, etc. Porém, a documentação é bastante desatualizada não serviu, então para uma coleta de dados que correspondesse ao existente em campo foi feita uma coleta "in loco" desses dados. Assim, foram anotados os dados, de cada proprietário, ocupante/morador, ou locatário encontrado no imóvel do período da coleta dos dados em campo e, ainda dessa forma não foi possível identificar alguns imóveis, quer seja aqueles chamados de pequenos ou os grandes.

Como conseqüências, através dos dados coletados em campo e as informações fornecidas por órgãos entidades chegamos aos valores, utilizados neste projeto de desapropriação, fazendo os cruzamentos entre estes. A seguir apresenta-se estes valores:

Estado de Conservação	a) Uso Habitacional (R\$/m ²)		
	Bom	Regular	Mal
Residencial Fino	475,00	332,50	237,50
Residencial Médio	362,00	253,40	181,00
Residencial Popular	254,00	177,80	127,00
Prédio s/Elev. Médio	383,00	193,00	138,00
Prédio s/Elev. Popular	276,00	268,10	191,50
Prédio c/Elev. fino	479,20	335,00	239,60

7.2 – PROJETO GEOMÉTRICO

a) Uso Comercial (R\$/m²)

Estado de Conservação	Bom	Regular	Mal
Prédio s/Elev. Médio	413,00	289,10	206,50
Prédio c/Elev. fino	479,20	335,00	239,60

(R\$/m²)

c) Galpão Médio 356,00 249,20 178,00

d) Edificação Mista (R\$/m²)

Residência de Taipa	145,60	101,92	72,80
Residência de Madeira	159,20	127,30	95,52
Resid. de Taipa/Madeira	132,00	105,60	66,00

e) Área Coberta (R\$/m²)

Só com cobertura 145,60 101,92 72,80

e) Cerca com Arame Farpado (R\$/m²)

Estaca de Madeira	5,00
Estaca de Concreto	8,00

g) Outros

- Muro em alvenaria de tijolo (h=2,00 m) R\$ 21,00/m²
- Muro com Pré-Moldado em concreto (h=2,00 m) R\$ 26,00/m²
- Revestimento com paralelo granítico R\$ 22,00/m²
- Macaiba e outras espécies R\$ 50,00/un
- Goiaba R\$ 40,00/un
- Arbustivas R\$ 25,00/un

h) Terreno (R\$/m²)

- Terra nua 3,20
- Terra com vegetação 5,00
- Terra Beneficiada 5,80

7.2.1 - Objetivo

O projeto geométrico de uma estrada tem como objetivo correlacionar os seus elementos físicos com suas características operacionais, frenagem, aceleração, condições de segurança e conforto. O mesmo é, geralmente, elaborado em três fases:

Preliminar: nesta fase o projeto é desenvolvido com base em plantas e fotografias existentes, e tem como objetivo definir as alternativas de traçado que serão analisadas para que a(s) mais adequada(s) técnico-economicamente passe(m) para a fase de anteprojecto.

Anteprojecto: tem início a partir da aprovação de uma das alternativas definidas na fase preliminar. Tem como objetivo a preparação de plantas e perfis preliminares, que utilizam plantas e cadernetas topográficas de locação.

Projeto: após a aprovação do anteprojecto geométrico terá início o projeto geométrico que se constitui de:

- Projeto planialtimétrico (planta e perfil) resultante da locação do anteprojecto geométrico, ver anexo;
- Seções transversais do projeto;
- Detalhamento de acessos e retornos.

7.2.2 – Escolha do Traçado

Para a definição do traçado de uma estrada deve-se sempre se levar em conta as condições geológicas e geotécnicas do terreno, a hidrologia e a hidrografia da região, a presença de benfeitorias ao longo da faixa de domínio, a topografia da região, além de fatores políticos, sociais e econômicos. Após a análise de tais condições serão definidos os pontos obrigatórios de passagem.

Os “pontos obrigatórios de passagem” não são necessariamente determinados por motivos técnicos, também serão estudados fatores políticos, econômicos, sociais, histórico, ambiental, etc. Durante a definição do traçado de uma estrada qualquer no mínimo existirá dois pontos obrigatórios de passagem que são o início e o fim da estrada. Pode-se ainda classificar esses pontos em: pontos obrigatórios de passagem de condição que pode ser uma cidade que deve utilizar a estrada ou uma indústria que necessite transportar sua produção e matéria prima entre os pontos extremos da estrada. O outro tipo é denominado de pontos obrigatórios de passagem de circunstância que são determinados por motivos técnicos, ou seja, local onde será mais vantajoso passar a estrada, seja financeiramente (menor corte e aterro), seja para obter uma melhor condição de tráfego.

Além dos pontos obrigatórios de passagem é necessário delimitar as áreas de restrição que são áreas onde a estrada não poderá passar por se tratar de: uma reserva florestal ou indígena, parque nacional, sítio histórico e arqueológico e local considerado risco potencial a fauna e flora.

Devido ao alto custo necessário para estabilização de cortes e aterros executados em terrenos desfavoráveis (cortes em rochas, aterro sobre solo mole, etc.) é comum a mudança de traçado para evitar os mesmos.

O fator financeiro é o que mais influencia na escolha do traçado. O alto custo de: obras de arte e de drenagem e desapropriação (dependendo do número de benfeitorias) pode inviabilizar um traçado.

O Projeto Geométrico elaborado visa a duplicação da rodovia BR-232/PE, no segmento localizado entre os km 71,5 (Entr. PE-071) e km 114,9 (Ponte sobre o Rio Bitonho).

Inicialmente a duplicação será feita pelo lado esquerdo da existente, tendo em vista evitar grande desnível do lado direito (encosta), até a estaca 161 onde localiza-se curva a direita. Nesta curva a duplicação passa do lado esquerdo para o direito entre as estacas 161 e 191. Após a estaca 191 a duplicação prossegue pelo lado direito ate o final do segmento.

7.2.3 – Classificação Técnica

O Projeto Geométrico é realizado principalmente analisando o tráfego que nela deverá circular, o mesmo permite estabelecer a classe da estrada e o adequado dimensionamento dos seus elementos. O critério para classificação de uma estrada é o volume médio diário (VMD) do ano de projeto, ou seja, o tráfego que a mesma deverá ter no 10º ano de uso. As Classes de Projetos são assim classificadas:

- **Classe 0:** (Via Expressa) – Rodovia do mais elevado padrão técnico, com total controle de acesso
- **Classe I:** São subdivididas em classes:
IA: possui pista dupla e controle parcial de acesso, e é necessária quando os volumes de tráfego causarem níveis de serviço inferior ao Nível C, numa pista simples.
IB: possui pista simples e um alto padrão de rodovia, além de ser projetada para um VMD > 1.400 veículos, bidirecionais, para 10º ano após a abertura de projeto.
- **Classe II:** Rodovia de pista simples, suportando um VMD (10º ano) entre 700 e 1.400 veículos, bidirecional.
- **Classe III:** Rodovia de pista simples, suportando um VMD (10º ano) entre 300 e 700 veículos, bidirecional.
- **Classe IV:** Rodovia de pista simples, suportando um VMD (10º ano) menor que 300 veículos, bidirecional.

TABELA DE CLASSES DE PROJETO

CLASSES DE PROJETO	CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO	VELOCIDADE DE PROJETO (Km/h)		
			ORTOGRAFIA		
			PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
0	VIA EXPRESSA	ADMINISTRATIVO	120	100	80
I-A	PISTA DUPLA	NÍVEL DE SERVIÇO C VDM > 1.400	100	80	60
I-B	PISTA SIMPLES	VDM > 1.400	100	80	60
II	PISTA SIMPLES	1.400 > VDM > 700	100	70	50
III	PISTA SIMPLES	700 > VDM > 300	80	60	40
IV	PISTA SIMPLES	VDM < 300	70	50	35

7.3 – PROJETO DE TERRAPLENAGEM

7.3.1 – Projeto de Terraplenagem

O projeto de terraplenagem de uma estrada tem como objetivo permitir a construção de uma estrada com o menor movimento de terras possível, pois o mesmo apresenta um custo significativo em relação ao custo total da obra. Nos locais onde os materiais de corte tiverem condições de serem usados nos aterros, tentasse buscar um equilíbrio entre corte e aterro, para minimizar os volumes de empréstimo e bota-fora.

Os elementos básicos utilizados para a elaboração deste projeto foram obtidos no Projeto Geométrico através das Notas de Serviços que permitiram a determinação do volume de terraplenagem através do Cálculo da Cubação.

Paralelamente, os estudos geotécnicos forneceram os elementos referentes a qualidade dos materiais existentes no subleito/terreno natural, através de suas características físico-mecânicas obtidas nos ensaios laboratoriais de solos. Isso permitiu um conhecimento sobre os solos que constituirão os corpos-dos-aterros, assim como, a definição dos locais de empréstimos.

7.3.2 – Seção Transversal da Terraplenagem

As principais características da seção transversal a ser adotada na terraplenagem são as seguintes:

- Seção plena em aterro
Plataforma: 12,20m
Talude: 1,0 (V): 1,5 (H)
- Seção plena em corte
Plataforma: 12,00m
Talude: 1,5 (V): 1,0 (H)
- Seção mista
Plataforma: 12,10m
- Declividade transversal da semiplataforma
Em tangente: 3%
Em curva: 3% a 8%
- Aterro com altura superior a 8m
Berma com largura de 4m
- Corte com altura superior a 8m
Escalonamento com largura de 4m

7.3.3 – Cálculo da Cubação do Movimento de Terras

Os cálculos volumétricos dos cortes e aterros foram feitos com o auxílio do programa INEXPRESS que faz a modelagem do terreno natural e da superfície de plataforma de terraplenagem projetada. De posse das duas superfícies o software determina as áreas de corte e aterro e, finalmente os volumes de corte e aterro (geométrico e empolado).

A porcentagem do empolado foi calculada tomando-se por base os valores dos pesos específicos determinados no campo (“densidade in situ”) e no laboratório (“densidade máxima”). Foi obtido o valor de 18% que representa a média ponderada das porcentagens de empolamento, considerando-se o volume de cada empréstimo.

Os aterros e cortes são identificados nas folhas de cubação, que segue exemplo em anexo, onde constam as estacas do início e fim de cada um deles.

Os resultados da cubação obtidos são os seguintes:

	SUBTRECHO 1	SUBTRECHO 2	SUBTRECHO 3
Corte (m ³)	: 62.927	640.060	396.781
Aterro empolado (m ³)	: 201.285	694.095	486.479
Compactação (m ³)	: 170.581	588.216	412.270

7.3.4 – Movimento de Terras

Abaixo encontra-se o resumo da movimentação de terra.

1. Origem do material	
• Cortes	354.675m ³
• Rebaixo de corte em rocha	342.986m ³
• Empréstimos	992.466m ³
2. Destino	
• Aterro	919.277m ³
• Rebaixo de corte em rocha	261.370m ³
• Empréstimos	342.986m ³
3. Movimento de Terra	
• Material de 1ª Categoria	1.190.964m ³
• Material de 2ª Categoria	12.830m ³
• Material de 3ª Categoria	342.986m ³

7.3.4.1 – Empréstimos

A escolha dos locais dos empréstimos foi feita em função da necessidade de materiais onde não houve compensação de corte e aterro e das características físico-mecânicas dos materiais previamente selecionados através do estudo do subleito/terreno natural.

As principais características dos empréstimos e os valores estatísticos dos valores dos CBRs e as porcentagens de empolamento seguem em anexo.

7.5 – PROJETO DE DRENAGEM

7.5.1 – Projeto de Drenagem

O Projeto da Drenagem objetivou a verificação da capacidade dos bueiros existentes e o dimensionamento das obras de drenagem a serem implantadas ao longo do trecho em estudo.

Os elementos básicos utilizados no projeto das obras de drenagem foram:

- Estudo Hidrológico;
- Plantas de restituição estereofotogramétricas em escala 1:2000;
- Planta da SUDENE na escala 1:100.000;
- Projeto Geométrico e
- Observações em campo do comportamento das obras do trecho já implantado.

O Estudo Hidrológico informou as características das bacias hidrográficas e o regime de chuvas intensas definido pelas Curvas de Intensidade - duração de modo a se obter a seção de vazão mínima necessária, para o escoamento das descargas de Projeto.

As plantas de restituição estereofotogramétricas na escala 1:2000 foram de fundamental importância, visto que através das curvas de níveis do terreno indicaram os possíveis locais para implantação dos dispositivos da drenagem. Estes dados confrontados com os dados de campo determinaram as obras específicas para cada situação local.

O Projeto Geométrico através do greide e seções transversais adotadas para a rodovia permitiu o dimensionamento geométrico das obras de drenagem superficial.

As observações originadas de campo serviram de complemento aos estudos desenvolvidos.

7.5.2 – Projeto de Drenagem

7.5.2.1 – Dimensionamento dos Dispositivos de Drenagem

a. Drenagem Superficial

Os tipos de obras de drenagem superficial a serem adotados serão os seguintes:

- Valetas de Proteção de Corte;
- Valetas de Proteção de Aterro;
- Sarjeta de Corte em Solo;
- Banqueta de Concreto;
- Saída D'Água;
- Descida D'Água;
- Caixa Coletora;
- Dreno Subterrâneo.

O estudo da capacidade hidrológica das estruturas de drenagem superficial a serem implantadas foi realizado considerando que sua capacidade se daria a plena seção. A vazão de contribuição dessas estruturas de drenagem foi determinada através da utilização do MÉTODO RACIONAL com a seguinte configuração:

$$Q = \frac{CIA}{3,6 \times 10^6}, \text{ sendo:}$$

- Q' → Vazão de contribuição em m³/seg;
 c → Coeficiente de escoamento superficial, sendo considerado 0,65 (tratamento betuminoso superficial);
 I → Intensidade de chuva em mm/h para um tempo de recorrência de 10 anos;
 A → Área de contribuição em m².

A vazão máxima permitida foi calculada pela fórmula do MANNING associada a equação da continuidade a seguir apresentada:

$$Q' = \frac{A \cdot R^{2/3} S^{1/2}}{n} \text{ e } Q = A \times V, \text{ sendo:}$$

- Q' → Vazão máxima permitida em m³/seg;
 A → Área molhada do dispositivo de drenagem em m²;
 R → Raio hidráulico em m;
 S → Declividade longitudinal do dispositivo de drenagem em m/m;
 n → Coeficiente de rugosidade do revestimento utilizado no dispositivo de drenagem, considerado igual a 0,016;
 V → Velocidade de escoamento da água no interior do dispositivo.

O estudo constitui em comparar a vazão de contribuição Q à capacidade Q' máxima permissível, obtendo-se as extensões máximas em função de cada declividade de instalação.

Os dispositivos da drenagem superficial para aplicação da fórmula racional, tiveram o coeficiente de escoamento "C" considerado de acordo com a tabela a seguir:

TIPO DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO "C"
CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND	0,80 - 0,90
AREIA ASFALTO	0,80 - 0,90
TRATAMENTO SUPERFICIAL	0,60 - 0,90
ACOSTAMENTO NÃO REVESTIDO	0,40 - 0,60
TERRA COMPACTADA	0,40 - 0,60
SOLO COM REVESTIMENTO VEGETAL	0,50 - 0,70
CAMPO CULTIVADO	0,20 - 0,40
SOLO PERMEÁVEL	0,05 - 0,10
TALUDES ENLEIVADOS	0,50 - 0,70
CANTEIRO GRAMADO	0,20 - 0,35

Os coeficientes de rugosidade para aplicação da Fórmula de MANNING, em canais retilíneos foram considerados de acordo com a seguinte tabela:

TIPO DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE "n"
CONCRETO COM ACABAMENTO	0,012
CONCRETO SEM ACABAMENTO	0,015
ALVENARIA DE TIJOLO REVESTIDO	0,012
ALVENARIA DE PEDRA	0,017
REVESTIMENTO ASFÁLTICO RUGOSO	0,016
REVESTIMENTO ASFÁLTICO LISO	0,013
SOLO SEM VEGETAÇÃO	0,020
SOLO GRAMADO	0,050

Nos casos em que a área a ser drenada foi composta de superfícies de diversas naturezas, o coeficiente "c" adotado, foi a média ponderada do valor "C" para cada superfície, considerando como peso a área correspondente, então:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

onde:

C → Coeficiente de escoamento adotado;

C₁, C₂, ..., C_n → Coeficientes de escoamento das áreas A₁, A₂, ..., A_n respectivamente.

A velocidade inicial de erosão para os dispositivos com revestimento em concreto de cimento Portland foi de 4,50 m/seg e a declividade mínima que assegura o escoamento é de 0,2%

b. Obras de Arte Correntes (Bueiros)

O Projeto dos bueiros será elaborado de modo a satisfazer as seguintes condições:

- Adequada posição em relação ao eixo locado;
- Capacidade de vazão que satisfizesse as condições do Projeto;
- Aproveitamento dos bueiros existentes sempre que possível.

A escolha do tipo e dimensões seguiu o critério mais econômico, adotando-se como diâmetro mínimo 0,80m para os bueiros tubulares. Para as seções de bueiros maiores do tipo de seção retangular, optou-se pela utilização de materiais que ocasionassem a absorção da mão-de-obra local durante a execução.

O estudo para o dimensionamento hidráulico dos bueiros foi efetuado levando-se em consideração as seguintes hipóteses:

- As obras funcionando como canal para o período de recorrência de 10 anos;
- As mesmas obras funcionando como orifício com um afogamento máximo de 1,00m, no caso em que o aterro assim o permitiu para um tempo de recorrência de 50 anos.

Aplicando-se a fórmula de MANNING aliada a equação da continuidade, observando-se as considerações apresentadas no estudo hidrológico, foram determinadas as dimensões internas das obras.

c. Drenagem Profunda

A drenagem profunda foi indicada no trecho dos cortes acima de 6 metros e terá a finalidade de coletar as águas da camada permeável subjacente ao pavimento. Foram indicados drenos longitudinais, profundos, contínuos paralelos ao eixo da rodovia, localizados nos acostamentos na faixa imediatamente contínua a chapa de rodagem.

7.6 – PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

7.6.1 – Considerações Iniciais

Para o desenvolvimento do projeto de Pavimentação dos segmentos da BR- 232/PE foram considerados as seguintes soluções abaixo descritas:

a. Para a nova pista (duplicação) da rodovia

Foi realizado um estudo de alternativas e soluções para o tipo de pavimento a ser usado na nova pista (duplicação) da rodovia.

Uma em pavimento flexível e outra em pavimento rígido constituído de placas de concreto simples de cimento Portland, com espessura constante.

Constatou-se que as soluções em pavimento flexível e rígido têm o mesmo desempenho técnico, a escolha foi presidida pelo resultado da análise do custo econômico, onde foi considerado um período comparativo de 20 anos e duas intervenções de restauração, uma no ano 9 e outra no ano 18.

O resultado do custo econômico foi favorável a solução em pavimento rígido que apresentou um percentual de 15,5 % menos onerosa que a solução em pavimento flexível.

b. Solução para a restauração da pista existente

Para a restauração da pista existente a solução dada foi uma espessura da camada betuminosa dimensionada com 12cm. As espessuras que melhor satisfazem as condições de projeto, é uma camada de 8,0 cm de PMQ (Pré Misturado à Quente) que tem a função de regularização da base e minoração da ação de trincas reflexivas, e uma camada de 4,0 cm de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado à Quente).

7.6.2 - Pavimento Rígido

7.6.2.1-Considerações gerais sobre o método de dimensionamento

No dimensionamento do pavimento rígido foi utilizado o método da Portland Cement Association 1984, apresentado no Manual de Pavimentos Rígidos Vo. 2/4, do DNER e na publicação da ABCP, "Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto pelo Método da PCA/1984".

O dimensionamento do pavimento é baseado no uso concomitante do modelo modificado de fadiga e do modelo de ruína por erosão da fundação do pavimento (no qual se embute o modelo de ruína por formação de "degraus" ou escalonamento nas juntas transversais, defeito muito comum nas placas do pavimento da rígido da Br-232).

O cálculo da espessura do pavimento é determinado por interação, procurando-se obter espessuras que levem a valores inferiores a 100% de consumo de fadiga e de danos por erosão.

7.6.2.2 - Dimensionamento do pavimento

I) Pistas

O procedimento de cálculo considerou os seguintes aspectos:

Fundação do pavimento

- O solo do subleito do pavimento terá um CBR=10,0%.
- Pela intensidade do tráfego de cargas pesadas que solicitará o pavimento será prevista uma sub-base constituída de uma camada de 10,0 cm de concreto rolado.
- O valor do coeficiente de recalque do sistema subleito/sub-base será determinado a partir do Quadro 4 em anexo constante do método apresentado pela ABCP. O valor adotado será:
 $K_{sb}=144 \text{ Mpa/m}$.

Concreto

- Adotar-se-á para o concreto uma resistência a tração na flexão de:
 $F_{ctM,k} = 4,5 \text{ Mpa}$.

Barras de Transferência e Acostamentos

- Serão usadas barras de transferência de cargas nas juntas transversais do pavimento. Os acostamentos não serão de concreto.

Fator de segurança de carga

- Tendo em vista a intensidade do tráfego pesado que circulará na rodovia durante o período de projeto, adotar-se-á para o fator de segurança o valor: $F_{sc} = 1,20$

Período de projeto

- O período de projeto recomendado pelo método é de 20 anos e este será o valor adotado.

Distribuição de tráfego

- A distribuição de tráfego no período de projeto esta apresentada na planilha anexa, aonde consta, também, o dimensionamento do pavimento.

Na avaliação das tensões equivalentes para os eixos simples, tandem duplo e tandem triplo foram utilizados os Quadros 5 a e 5 c do método apresentado pela ABCP, em anexo.

Os fatores de erosão para os mesmos eixos foram utilizados os Quadros 6b e 8b.

As análises da fadiga e da erosão, para obtenção dos seus fatores para os eixos simples, tandem duplo e tandem triplo, foram utilizados os ábacos das Figuras 5 e 6a respectivamente. Essas figuras estão em anexo.

O dimensionamento do pavimento, conforme detalhada na planilha PI-01, indicou uma placa de 25,0 cm de espessura constante, para um consumo de fadiga de 49,16 % e danos por erosão de 38,56 %.

Com o objetivo de reduzir a espessura da camada de concreto de cimento Portland, adotou-se o método de dimensionamento de pavimento composto com uma camada inferior de concreto rolado, apresentado pela ABCP. Este método considera uma placa apoiada diretamente sobre o subleito, dimensionada de acordo com o procedimento apresentado. Em seguida utiliza-se o ábaco da figura 10, do respectivo método, que segue em anexo, para calcular as espessuras da sub-base de concreto rolado e da placa de concreto simples, considerando o pavimento composto não monolítico (completamente separados a sub-base da placa).

A espessura do pavimento equivalente (placa apoiada diretamente sobre o subleito) foi de 28,0 cm, planilha PI-02. Com essa espessura o referido ábaco fornece a seguinte estrutura do pavimento rígido a ser adotado:

- Concreto de cimento Portland $f_{ck} = 4,5$ M Pa de tração na flexão: 22,0 cm
- Concreto ~~de~~ rolado $f_{ck} = 1,8$ M Pa de tração na flexão: 10,0 cm. X

O projeto é complementado com as seguintes indicações:

- Juntas de contração espaçadas a cada 6,00 m com barras de transferência de 25,0 mm, com comprimento de 46,0 cm e espaçadas de 30,0 cm;
- Juntas longitudinais de articulação com barras de ligação. Para o caso presente onde a largura da pista é de 7,20 m, e as faixas têm larguras de 3,60 m, haverá uma única junta longitudinal. As barras de ligação serão de 12,5 mm, sendo distribuídas a cada 75 cm. Seu comprimento é de 0,85 m.

7.6.3 - Acostamentos

Os acostamentos estarão no mesmo nível da pista e seu pavimento flexível terá a seguinte estrutura, conforme as espessuras do pavimento rígido:

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| • Revestimento: | 4,0 cm de CBUQ |
| • Base: | 17,0 cm de brita graduada |
| • Sub-base: | 15,0 cm de solo de jazida. |

Estruturalmente essa configuração de pavimento corresponde a um camada de base granular de 40,0 cm ($4,0\text{cm} \times 2,0 + (17,0 + 15,0) \text{ cm} \times 1,0$). Entrando com esse valor no nomograma do Método do DNER, para um subleito de $\text{CBR} = 10,0\%$, encontra-se um número $N = 2,6\text{E}+06$, que corresponde a um pouco mais de 10,0% do tráfego das pistas, considerando o número $N=1,9\text{E}+07$ (USACE) para o pavimento flexível. Assim sendo, essa será a estrutura dos acostamentos do pavimento rígido.

Na página a seguir apresenta-se quadro com a solução a adotar para a alternativa em pavimento rígido na duplicação da BR-232/PE, lote 5.

DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO DE CONCRETO - PCA 784							
Espessura =	25,0	cm					
ICIM =	4,5	Mpa					
CBR do Subleito =	10,0	%					
Tipo da sub-base =	Concreto						
Espes. Sub-base =	20,0	cm					
k _{sb} =	144,0	Mpa / m					
Período (ano) =	20,0	anos					
F _{sc} =	1,2						
			EIXOS		Tensão Equivalente	Fator de Fadiga	Fator de Erosão
			Simples		1,05	0,23	2,50
			Tandem Duplos		0,88	0,19	2,60
			Tandem Triplos		0,66	0,15	2,68
			Juntas e Barras de Transf. Sim / N ão:				n
			Acostamentos de Concreto Sim / N ão:				n
CARGA POR EIXO (t)	CARGA POR EIXO F _{sc} (kN)	Nº DE REPETIÇÕES PREVISTAS	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROÇÃO		
			Nº DE REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS	CONSUMO DE FADIGA (%)	Nº DE REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS	DADOS POR EROÇÃO (%)	
1	2	3	4	5	6	7	
EIXOS SIMPLES							
00-02	12	3.638.493	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
02-04	35	16.197.716	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
04-06	59	4.811.372	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
06-08	82	1.549.570	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
08-10	106	1.404.030	ilimitado	0,00	80.000.000	1,76	
10-12	129	590.720	ilimitado	0,00	12.000.000	4,92	
12-14	153	145.540	ilimitado	0,00	4.000.000	3,64	
14-16	176	42.806	1.400.000	3,06	1.500.000	2,95	
16-18	200	59.928	130.000	46,10	800.000	7,49	
EIXOS TANDEM DUPLOS							
00-02	12	8.561	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
02-04	35	256.835	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
04-06	59	719.138	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
06-08	82	813.310	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
08-10	106	958.850	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
10-12	129	1.190.001	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
12-14	153	1.541.009	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
14-16	176	3.424.464	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
16-18	200	2.756.694	ilimitado	0,00	35.000.000	7,39	
18-20	223	573.598	ilimitado	0,00	19.000.000	3,92	
20-22	247	51.367	ilimitado	0,00	7.000.000	0,73	
22-24	270	34.245	ilimitado	0,00	4.000.000	0,16	
24-26	294	8.561	ilimitado	0,00	2.000.000	0,43	
EIXOS TANDEM TRIPLOS							
00-02	12	-	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
02-04	35	-	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
04-06	59	-	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
06-08	82	94.173	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
08-10	106	42.806	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
10-12	129	8.561	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
12-14	153	17.122	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
14-16	176	34.245	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
16-18	200	68.489	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
18-20	223	8.561	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
20-22	247	17.122	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
22-24	270	17.122	ilimitado	0,00	40.000.000	0,04	
24-26	294	325.324	ilimitado	0,00	15.000.000	2,17	
26-28	318	59.928	ilimitado	0,00	8.000.000	0,75	
28-30	341	25.683	ilimitado	0,00	5.500.000	0,47	
30-32	365	25.683	ilimitado	0,00	3.200.000	0,03	
32-34	388	8.561	ilimitado	0,00	2.600.000	0,33	
34-36	412	8.561	ilimitado	0,00	2.000.000	0,43	
36-38	435	-	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
TOTAL DE EIXOS		41.538.752	TOTAL	49,16	TOTAL	38,55	
Escala: 1:1000 - 1/200 - 1/400 - 1/800 - 1/1600							
Rodovia: BR-232PE				VERIFICAÇÃO DO PAV. DE CONCRETO			
Segmento: GRAVATÁ - BEZERROS				JBR			
				PI-01			

DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO DE CONCRETO - PCA/84							
Espessura =	28,0	cm	EIXOS		Tensão Equivalente	Fatiga da Fatiga	Fatiga da Fatiga
IctM k =	4,5	Mpa	Simples		1,05	0,24	2,39
CBR do Subleito =	10,0	%	Tandem Duplos		0,92	0,22	2,59
Tipo da sub-base =			Tandem Triplos		0,76	0,17	2,74
Espe. Sub-base =		cm	Juntas e/ Barras de Transf. Sim / Não:				s
k _{sb} =	55,0	Mpa/m	Acostamentos de Concreto Sim / Não:				n
Período (ano) =	20,0	anos					
Fsc =	1,2						
CARGA POR EIXO (t)	CARGA POR EIXO Fsc (kN)	Nº DE REPETIÇÕES PREVISTAS	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROÇÃO		
			Nº DE REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS	CONSUMO DE FADIGA (%)	Nº DE REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS	DADOS POR EROÇÃO (%)	
1	2	3	4	5	6	7	
EIXOS SIMPLES							
00-02	12	3.638.493	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
02-04	35	16.197.716	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
04-06	59	4.811.372	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
06-08	82	1.549.570	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
08-10	106	1.404.030	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
10-12	129	590.720	ilimitado	0,00	30.000.000	1,97	
12-14	153	145.540	ilimitado	0,00	8.000.000	1,82	
14-16	176	42.805	800.000	5,35	3.000.000	1,43	
16-18	200	59.928	100.000	59,93	1.400.000	4,28	
EIXOS TANDEM DUPLOS							
00-02	12	8.561	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
02-04	35	256.835	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
04-06	59	719.138	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
06-08	82	813.310	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
08-10	106	958.850	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
10-12	129	1.190.001	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
12-14	153	1.541.009	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
14-16	176	3.424.464	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
16-18	200	2.756.694	ilimitado	0,00	40.000.000	6,69	
18-20	223	573.598	ilimitado	0,00	20.000.000	2,87	
20-22	247	51.367	ilimitado	0,00	8.000.000	0,64	
22-24	270	34.245	ilimitado	0,00	4.500.000	0,76	
24-26	294	8.561	ilimitado	0,00	2.500.000	0,74	
EIXOS TANDEM TRIPLOS							
00-02	12	-	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
02-04	35	-	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
04-06	59	-	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
06-08	82	94.173	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
08-10	106	42.806	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
10-12	129	8.561	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
12-14	153	17.122	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
14-16	176	34.245	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
16-18	200	68.489	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
18-20	223	8.561	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
20-22	247	17.122	ilimitado	0,00	60.000.000	0,93	
22-24	270	17.122	ilimitado	0,00	24.000.000	0,97	
24-26	294	325.324	ilimitado	0,00	14.000.000	2,32	
26-28	318	59.928	ilimitado	0,00	6.000.000	1,00	
28-30	341	25.683	ilimitado	0,00	4.000.000	0,64	
30-32	365	25.683	ilimitado	0,00	3.000.000	0,66	
32-34	388	8.561	ilimitado	0,00	2.000.000	0,43	
34-36	412	8.561	ilimitado	0,00	1.500.000	0,47	
36-38	435	-	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00	
TOTAL DE EIXOS		41.538.752	TOTAL	65,28	TOTAL	26,92	
Fonte: Especificação BR-232 - 1994 - ABEP - DER/PE							
Rodovia: BR-232PE Segmento: GRAVATÁ - BEZERRAS				VERIFICAÇÃO DO PAV. DE CONCRETO			
				JBR	PI-02		

DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO DE CONCRETO - PCA / 84								
Espessura =		27,0	cm	EIXOS				
fcm (k =		4,5	Mpa					
CBR do Subleito =		10,0	%	Tensão Equivalente		Fator de Fadiga	Fator de Erosão	
Tipo da sub-base =				Simples		1,12	0,25	2,44
Espes. Sub-base =			cm	Tandem Duplos			0,00	
ksb =		55,0	Mpa / m	Tandem Triplos			0,00	
Período (ano) =		20,0	anos	Juntas c/ Barras de Transf. Sim / Não:			s	
Fsc =		1,2		Acostamentos de Concreto Sim / Não:			n	
CARGA POR EIXO (tf)	CARGA POR EIXO Fsc (kN)	Nº DE REPETIÇÕES PREVISTAS	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSIÃO			
			Nº DE REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS	CONSUMO DE FADIGA (%)	Nº DE REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS	DEGRADAÇÃO POR EROSIÃO (%)		
1	2	3	4	5	6	7		
EIXOS SIMPLES								
00-02	12	483.920	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00		
02-04	35	2.154.295	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00		
04-06	59	639.913	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00		
06-08	82	206.093	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00		
08-10	106	186.736	ilimitado	0,00	ilimitado	0,00		
10-12	129	78.566	ilimitado	0,00	20.000.000	0,39		
12-14	153	19.357	6.000.000	0,32	5.000.000	0,39		
14-16	176	5.693	280.000	2,03	2.100.000	0,27		
16-18	200	7.970	37.000	21,54	1.100.000	0,72		
EIXOS TANDEM DUPLOS								
00-02	12							
02-04	35							
04-06	59							
06-08	82							
08-10	106							
10-12	129							
12-14	153							
14-16	176							
16-18	200							
18-20	223							
20-22	247							
22-24	270							
24-26	294							
EIXOS TANDEM TRIPLOS								
00-02	12							
02-04	35							
04-06	59							
06-08	82							
08-10	106							
10-12	129							
12-14	153							
14-16	176							
16-18	200							
18-20	223							
20-22	247							
22-24	270							
24-26	294							
26-28	318							
28-30	341							
30-32	365							
32-34	388							
34-36	412							
36-38	435							
TOTAL DE EIXOS		3.782.543	TOTAL	23,90	TOTAL	1,78		
Fonte: Projeto BR-232 - 1995 - ANDER - CER PE								
Rodovia: BR-232 PE Segmento: GRAVATÁ - BEZERROS				VERIFICAÇÃO DO PAV. DE CONCRETO				
				JBR	PI-03			

7.6.4 – Parada de Ônibus

Recomenda-se que o pavimento das paradas de ônibus seja rígido, qualquer que seja a solução do pavimento, flexível ou rígido.

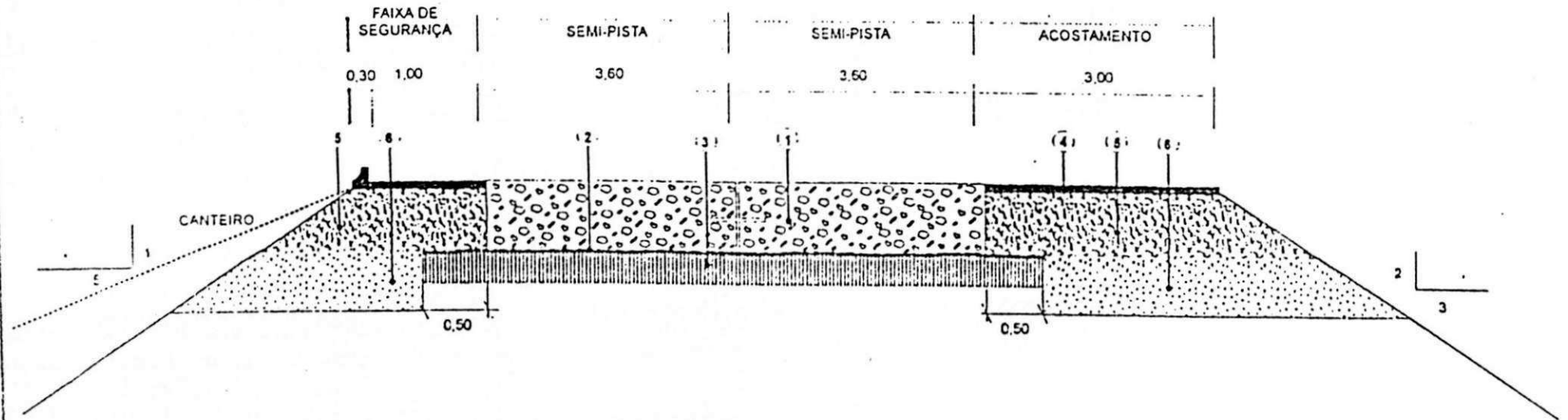
Pelo Estudo de Tráfego verifica-se que os ônibus correspondem a 13,3% dos veículos de eixos simples utilizados no dimensionamento do pavimento rígido. De posse desse valor foi elaborada uma planilha (Pl-03) contendo a distribuição apenas dos eixos simples nas várias faixas de cargas por eixo.

Para o dimensionamento do pavimento dessas paradas foram consideradas as mesmas condições estabelecidas para o dimensionamento do pavimento das pistas. Adotou-se o procedimento do pavimento composto dotado de uma camada inferior de concreto rolado, encontrando-se o valor de 27,0 cm de placa diretamente apoiada sobre o subleito, o que equivale a um pavimento composto não aderente, com a seguinte estrutura:

Concreto de cimento Portland $f_{ck} = 4,5 \text{ M Pa}$ de tração na flexão: 22,0 cm

Concreto de rolado $f_{ck} = 1,5 \text{ M Pa}$ de tração na flexão: 10,0 cm.

SEÇÃO TIPO DO PAVIMENTO RÍGIDO



- ①- Placa de Concreto de Cimento Portland (Fck=4,5 mpa) = 0,22m de Espessura
- ②- Filme Plástico (Polietileno e=0,05mm)
- ③- Concreto Rolado (Fck=1,8mpa) = 0,10m de Espessura
- ④- Revestimento CBUQ = 0,05m de Espessura
- ⑤- Base de Brita Granulada e= 0,17m de Espessura
- ⑥- Sub-base de Solo Estabilizado Granulometricamente = 0,15m de Espessura

Observações:

- 1) As juntas de contração serão espaçadas de 6,00m, com barras de transferências de aço CA-50 32,0mm, comprimento de 45,0cm e espaçador a cada 30cm,
- 2) Junta longitudinal de articulação em barra de ligação será única. As barras de ligação serão de aço CA-50 12,5mm, distribuídas a cada 75cm e de 85cm de comprimento

QUADRO DE QUANTIDADES

ITEM DE SERVIÇO	UNIDADE	QUANTIDADE
PLACA DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND	m ²	1 584
CONCRETO POBRE ROLADO	m ²	870
CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE	m ²	450
IMPRIMAÇÃO	m ²	4 000
BASE DE BRITA GRADUADA	m ²	752
SUB-BASE DE SOLO ESTAB. GRANULOMETRICAMENTE	m ²	710
REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	m ²	12 700

QUADRO 4 - Aumento de k devido à presença de sub-base de concreto rolado (Fonte: Adaptado da Referência 44)

Valor de suporte do subleito		Coeficiente de recalque no topo do sistema (MPa/m), para espessuras de sub-base iguais a (cm)		
CBR (%)	k (MPa/m)	10	12,5	15
2	16	65	77	98
3	24	87	101	126
4	30	101	118	145
5	34	111	128	158
6	38	120	133	169
7	41	127	145	177
8	44	133	152	186
9	47	140	159	194
10	49	144	164	199
11	51	148	168	204
12	53	152	173	209
13	54	154	175	211
14	56	158	179	216
15	57	160	182	219
16	59	164	186	224
17	60	166	188	226
18	61	168	190	229
19	62	170	192	231
20	63	172	194	233

QUADRO 5a - Tensão equivalente - Sem acostamento de concreto (Eixo simples/Eixo tangente duplo)

Espessura da placa (cm)	k do sistema subleito-sub-base (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
10	5,42/4,39	4,75/3,83	4,38/3,59	4,13/3,44	3,66/3,22	3,45/3,15
11	4,74/3,68	4,16/3,35	3,85/3,12	3,63/2,97	3,23/2,76	3,06/2,63
12	4,19/3,47	3,69/2,98	3,41/2,75	3,23/2,62	2,83/2,40	2,73/2,33
13	3,75/3,14	3,30/2,68	3,06/2,46	2,89/2,33	2,59/2,13	2,46/2,05
14	3,37/2,87	2,97/2,43	2,76/2,23	2,61/2,10	2,34/1,90	2,23/1,83
15	3,05/2,64	2,70/2,23	2,51/2,01	2,37/1,92	2,13/1,72	2,03/1,65
16	2,79/2,45	2,47/2,06	2,29/1,87	2,17/1,76	1,95/1,57	1,86/1,50
17	2,56/2,28	2,26/1,91	2,10/1,74	1,99/1,63	1,80/1,45	1,71/1,39
18	2,37/2,14	2,09/1,79	1,94/1,62	1,84/1,51	1,66/1,34	1,58/1,27
19	2,19/2,01	1,94/1,67	1,80/1,51	1,71/1,41	1,54/1,25	1,47/1,18
20	2,04/1,90	1,80/1,58	1,67/1,42	1,59/1,33	1,43/1,17	1,37/1,11
21	1,91/1,79	1,68/1,49	1,55/1,34	1,48/1,25	1,34/1,10	1,28/1,04
22	1,79/1,70	1,57/1,41	1,46/1,27	1,39/1,18	1,26/1,03	1,20/0,98
23	1,68/1,62	1,48/1,34	1,38/1,21	1,31/1,12	1,18/0,98	1,13/0,92
24	1,58/1,55	1,39/1,28	1,30/1,15	1,23/1,06	1,11/0,93	1,06/0,87
25	1,49/1,48	1,32/1,22	1,22/1,09	1,16/1,01	1,05/0,88	1,00/0,83
26	1,41/1,41	1,25/1,17	1,16/1,05	1,10/0,97	0,99/0,84	0,95/0,79
27	1,34/1,36	1,18/1,12	1,10/1,00	1,04/0,93	0,94/0,80	0,90/0,75
28	1,28/1,30	1,12/1,07	1,04/0,96	0,99/0,89	0,89/0,77	0,86/0,72
29	1,22/1,25	1,07/1,03	0,99/0,92	0,94/0,85	0,85/0,74	0,81/0,69
30	1,16/1,21	1,02/0,99	0,95/0,89	0,90/0,82	0,81/0,71	0,78/0,66
31	1,11/1,16	0,97/0,95	0,90/0,86	0,86/0,79	0,77/0,68	0,74/0,64
32	1,06/1,12	0,93/0,92	0,86/0,83	0,82/0,76	0,74/0,66	0,71/0,62
33	1,02/1,09	0,89/0,89	0,83/0,80	0,78/0,74	0,71/0,63	0,68/0,59
34	0,98/1,05	0,85/0,86	0,79/0,77	0,75/0,71	0,68/0,61	0,65/0,57
35	0,94/1,02	0,82/0,84	0,76/0,75	0,72/0,69	0,65/0,59	0,62/0,55

QUADRO 5c - Tensão equivalente para eixos tandem triplos (Sem acastamento de concreto/Com acastamento do concreto)

Espessura da placa (cm)	k do sistema subleito-sub-baso (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
10	3,36/2,87	3,10/2,67	3,02/2,60	2,93/2,57	2,94/2,56	2,93/2,57
11	2,92/2,50	2,64/2,29	2,55/2,22	2,50/2,18	2,45/2,16	2,44/2,16
12	2,60/2,20	2,30/2,00	2,20/1,93	2,14/1,89	2,08/1,85	2,07/1,85
13	2,35/1,97	2,04/1,78	1,93/1,70	1,87/1,66	1,80/1,61	1,78/1,61
14	2,15/1,78	1,83/1,59	1,72/1,52	1,65/1,48	1,58/1,43	1,55/1,42
15	1,99/1,62	1,67/1,44	1,55/1,37	1,48/1,33	1,40/1,27	1,37/1,26
16	1,85/1,49	1,54/1,32	1,41/1,24	1,34/1,20	1,25/1,15	1,23/1,13
17	1,73/1,38	1,43/1,21	1,30/1,14	1,23/1,10	1,14/1,04	1,11/1,03
18	1,62/1,28	1,34/1,12	1,21/1,05	1,14/1,01	1,04/0,96	1,01/0,94
19	1,53/1,19	1,26/1,04	1,13/0,98	1,06/0,94	0,96/0,88	0,92/0,86
20	1,45/1,12	1,19/0,98	1,07/0,91	0,99/0,87	0,89/0,82	0,85/0,80
21	1,37/1,05	1,13/0,92	1,01/0,85	0,93/0,81	0,83/0,76	0,79/0,74
22	1,30/0,99	1,07/0,86	0,95/0,80	0,88/0,76	0,78/0,71	0,74/0,69
23	1,24/0,93	1,02/0,81	0,91/0,76	0,84/0,72	0,73/0,67	0,70/0,65
24	1,18/0,88	0,97/0,77	0,87/0,71	0,80/0,68	0,69/0,63	0,66/0,61
25	1,13/0,84	0,93/0,73	0,83/0,68	0,76/0,64	0,66/0,59	0,62/0,57
26	1,07/0,79	0,89/0,70	0,79/0,64	0,73/0,61	0,63/0,56	0,59/0,54
27	1,02/0,75	0,86/0,66	0,76/0,61	0,70/0,58	0,60/0,53	0,57/0,52
28	0,98/0,72	0,82/0,63	0,73/0,59	0,67/0,56	0,58/0,51	0,54/0,49
29	0,93/0,68	0,79/0,60	0,71/0,56	0,65/0,53	0,55/0,49	0,52/0,47
30	0,89/0,65	0,76/0,58	0,68/0,54	0,63/0,51	0,53/0,46	0,50/0,45
31	0,85/0,62	0,73/0,55	0,66/0,51	0,60/0,49	0,51/0,44	0,48/0,43
32	0,81/0,59	0,70/0,53	0,63/0,49	0,58/0,47	0,50/0,43	0,46/0,41
33	0,77/0,57	0,68/0,51	0,61/0,47	0,56/0,45	0,48/0,41	0,45/0,39
34	0,73/0,54	0,65/0,49	0,59/0,46	0,55/0,43	0,46/0,39	0,43/0,38
35	0,70/0,52	0,63/0,47	0,57/0,44	0,53/0,42	0,45/0,38	0,42/0,36

QUADRO 6b - Fatores de erosão - Juntas transversais com barras de transferência e sem acostamento de concreto (Eixo simples/Eixo tandem duplo)

Espessura da placa (cm)	k do sistema subleito-sub-base (MPa/m) -					
	20	40	60	80	140	180
10	3,76/3,83	3,75/3,79	3,74/3,77	3,74/3,76	3,72/3,72	3,70/3,70
11	3,63/3,71	3,62/3,67	3,61/3,65	3,61/3,63	3,59/3,60	3,58/3,58
12	3,52/3,61	3,50/3,55	3,49/3,54	3,49/3,52	3,47/3,49	3,46/3,47
13	3,41/3,52	3,39/3,47	3,39/3,44	3,38/3,43	3,37/3,39	3,35/3,37
14	3,31/3,43	3,30/3,38	3,29/3,35	3,28/3,33	3,27/3,30	3,26/3,28
15	3,22/3,36	3,21/3,30	3,20/3,27	3,19/3,25	3,17/3,21	3,16/3,19
16	3,14/3,28	3,12/3,22	3,11/3,19	3,10/3,17	3,03/3,13	3,08/3,12
17	3,06/3,22	3,04/3,15	3,03/3,12	3,02/3,10	3,01/3,06	3,00/3,04
18	2,99/3,16	2,97/3,09	2,96/3,06	2,95/3,03	2,93/2,99	2,92/2,97
19	2,92/3,10	2,90/3,03	2,88/2,99	2,88/2,97	2,86/2,93	2,85/2,91
20	2,85/3,05	2,83/2,97	2,82/2,94	2,81/2,91	2,79/2,87	2,78/2,95
21	2,79/2,99	2,77/2,92	2,75/2,88	2,75/2,86	2,73/2,81	2,72/2,79
22	2,73/2,95	2,71/2,87	2,69/2,83	2,69/2,80	2,67/2,76	2,66/2,73
23	2,67/2,90	2,65/2,82	2,64/2,78	2,63/2,75	2,61/2,70	2,60/2,68
24	2,62/2,86	2,60/2,78	2,58/2,73	2,57/2,71	2,55/2,66	2,54/2,63
25	2,57/2,82	2,54/2,73	2,53/2,69	2,52/2,66	2,50/2,61	2,49/2,59
26	2,52/2,78	2,49/2,69	2,48/2,65	2,47/2,62	2,45/2,55	2,44/2,54
27	2,47/2,74	2,44/2,65	2,43/2,61	2,42/2,58	2,40/2,52	2,39/2,50
28	2,42/2,71	2,40/2,62	2,38/2,57	2,37/2,54	2,35/2,48	2,34/2,46
29	2,38/2,67	2,35/2,58	2,34/2,53	2,33/2,50	2,31/2,44	2,30/2,42
30	2,34/2,64	2,31/2,55	2,30/2,50	2,29/2,46	2,26/2,41	2,26/2,33
31	2,29/2,61	2,27/2,51	2,25/2,46	2,24/2,43	2,22/2,37	2,21/2,34
32	2,25/2,58	2,23/2,48	2,21/2,43	2,20/2,40	2,18/2,33	2,17/2,31
33	2,21/2,55	2,19/2,45	2,17/2,40	2,16/2,36	2,14/2,30	2,13/2,28
34	2,18/2,52	2,15/2,42	2,14/2,37	2,12/2,33	2,10/2,27	2,09/2,24
35	2,14/2,49	2,11/2,39	2,10/2,34	2,09/2,30	2,07/2,24	2,06/2,21

QUADRO 8b - Fatores de erosão para eixos tandem triplos - Juntas transversais com barras de transferência (Sem acostamento de concreto/Com acostamento de concreto)

Espessura da placa (cm)	k do sistema subleito-sub-base (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
10	3,86/3,27	3,80/3,17	3,75/3,13	3,71/3,12	3,62/3,07	3,56/3,03
11	3,76/3,19	3,69/3,07	3,65/3,02	3,62/3,00	3,53/2,95	3,48/2,92
12	3,68/3,12	3,60/2,99	3,56/2,93	3,52/2,90	3,45/2,85	3,40/2,82
13	3,60/3,06	3,51/2,92	3,47/2,85	3,44/2,81	3,37/2,76	3,33/2,73
14	3,53/3,00	3,43/2,86	3,39/2,78	3,36/2,74	3,29/2,67	3,26/2,64
15	3,47/2,95	3,36/2,80	3,31/2,73	3,28/2,67	3,22/2,59	3,19/2,56
16	3,41/2,91	3,30/2,76	3,25/2,67	3,21/2,62	3,15/2,52	3,12/2,49
17	3,35/2,86	3,24/2,71	3,19/2,62	3,15/2,57	3,08/2,47	3,05/2,43
18	3,30/2,82	3,19/2,67	3,13/2,58	3,09/2,52	3,02/2,41	2,99/2,37
19	3,25/2,79	3,14/2,63	3,08/2,54	3,04/2,48	2,96/2,37	2,93/2,32
20	3,21/2,75	3,09/2,59	3,03/2,50	2,99/2,44	2,91/2,32	2,88/2,28
21	3,16/2,72	3,05/2,56	2,99/2,47	2,94/2,40	2,86/2,28	2,83/2,23
22	3,12/2,68	3,01/2,53	2,94/2,43	2,90/2,37	2,82/2,25	2,78/2,20
23	3,08/2,65	2,97/2,49	2,90/2,40	2,86/2,34	2,77/2,21	2,74/2,16
24	3,05/2,62	2,93/2,46	2,86/2,37	2,82/2,31	2,73/2,18	2,69/2,13
25	3,01/2,59	2,89/2,44	2,83/2,34	2,78/2,28	2,69/2,15	2,65/2,10
26	2,98/2,57	2,86/2,41	2,79/2,32	2,74/2,25	2,66/2,12	2,62/2,07
27	2,94/2,54	2,82/2,38	2,76/2,29	2,71/2,22	2,62/2,10	2,58/2,04
28	2,91/2,51	2,79/2,36	2,72/2,26	2,68/2,20	2,59/2,07	2,55/2,01
29	2,88/2,49	2,76/2,33	2,69/2,24	2,65/2,17	2,55/2,04	2,51/1,99
30	2,85/2,47	2,73/2,31	2,66/2,22	2,62/2,15	2,52/2,02	2,48/1,96
31	2,82/2,44	2,70/2,29	2,63/2,19	2,59/2,13	2,49/2,00	2,45/1,94
32	2,80/2,42	2,68/2,26	2,61/2,17	2,56/2,10	2,46/1,97	2,42/1,92
33	2,77/2,40	2,65/2,24	2,58/2,15	2,53/2,08	2,44/1,95	2,40/1,89
34	2,74/2,38	2,62/2,22	2,55/2,13	2,50/2,06	2,41/1,93	2,37/1,87
35	2,72/2,36	2,60/2,20	2,53/2,11	2,48/2,04	2,38/1,91	2,34/1,85

As Figuras 6a e 6b servem para determinar o Número Admissível de Repetições, conforme seja o projeto, respectivamente, sem e com acostamento de concreto, para qualquer tipo de eixo; aos eixos tandem triplos aplica-se o mesmo recurso já descrito na análise de fadiga — divisão da carga por 3.

A seqüência da análise de erosão é:

- (1) determinar o Fator de Erosão, em função do tipo de transferência de carga, da existência ou não de acostamentos de concreto, do tipo de eixo solicitante, do coeficiente de recalque de projeto e da espessura tentativa, anotando seus valores nos itens 10, 13 ou 16 da folha de cálculo (Figura 4), conforme o eixo seja simples, tandem duplo ou tandem triplo;
- (2) registrar na coluna 6 o Número Admissível de Repetições de cada carga por eixo, determinado na Figura 6a ou 6b em função dos valores das cargas e do Fator de Erosão correspondentes a cada uma das categorias de eixo constantes do tráfego;
- (3) o Dano por Erosão, a ser transcrito na coluna 7 com precisão de uma casa decimal, será o resultado percentual da divisão do Número de Repetições Previstas (coluna 3) pelo Número Admissível de Repetições (coluna 6);

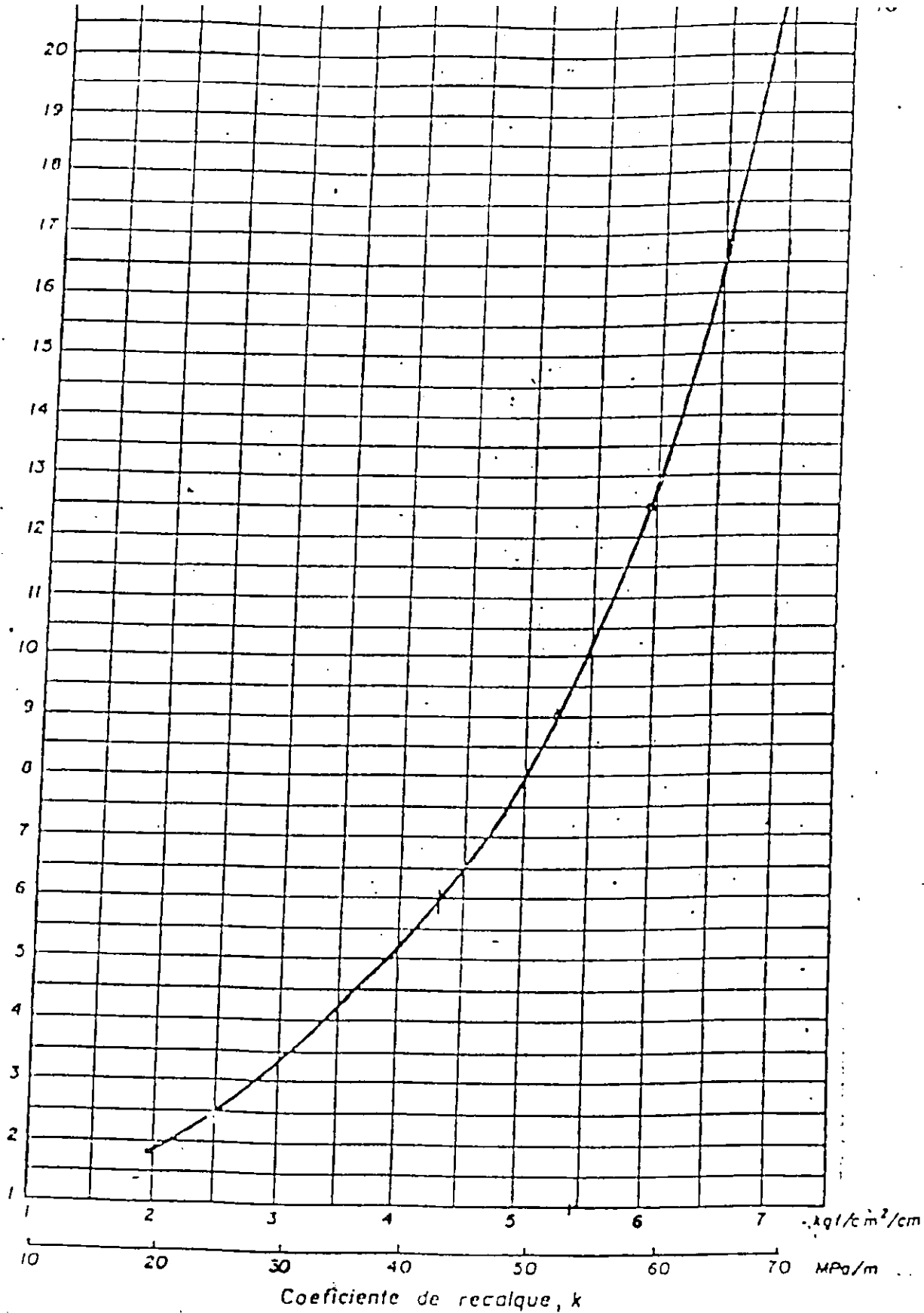


FIGURA 1 - Relação entre índice de suporte Colifórnia (CBR) e coeficiente de recalque (k_0) do subleito

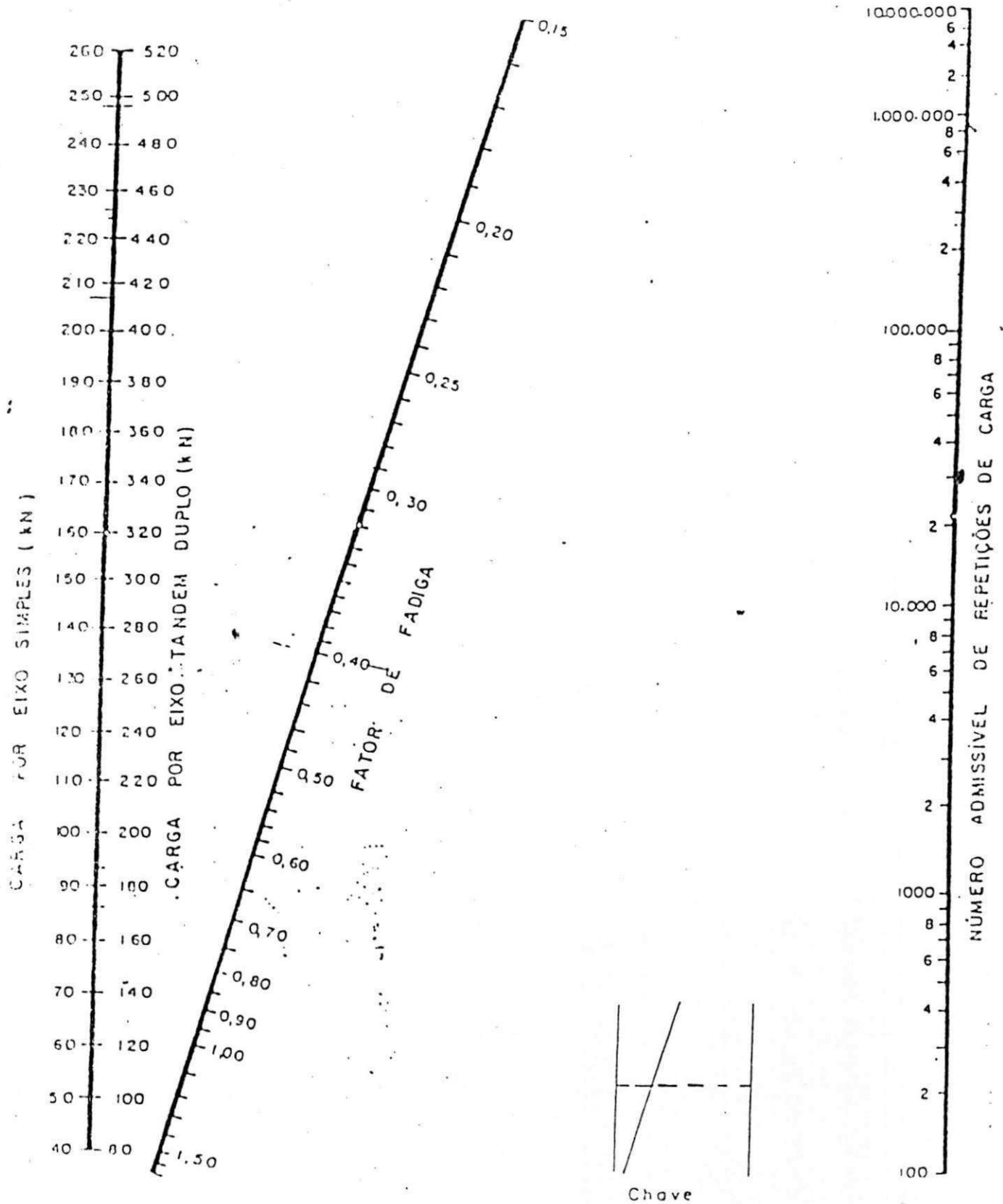


FIGURA 5 - Análise de Fadiga: número admissível de repetições de carga em função do Fator de Fadiga (com e sem acastanhamento do concreto)

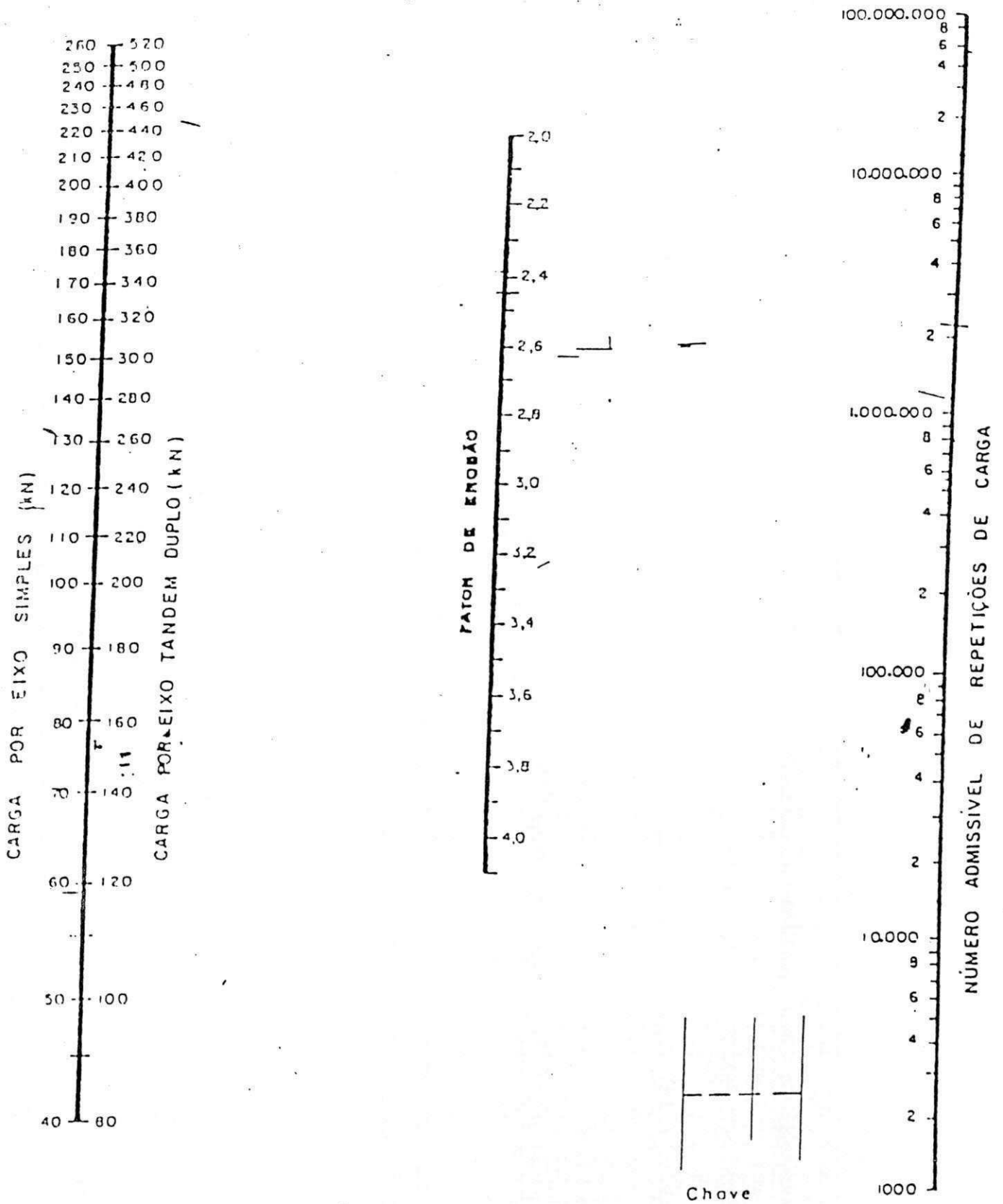
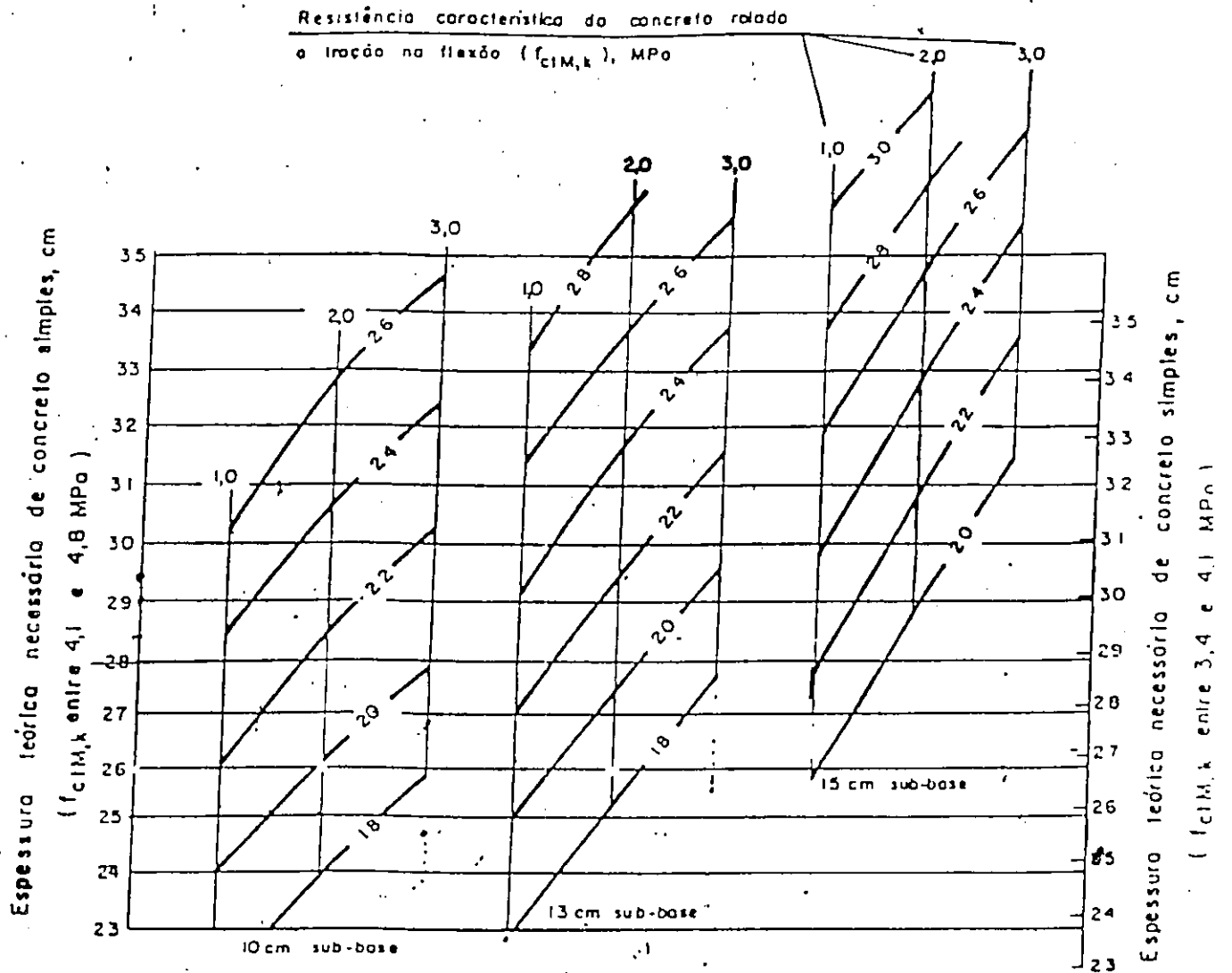
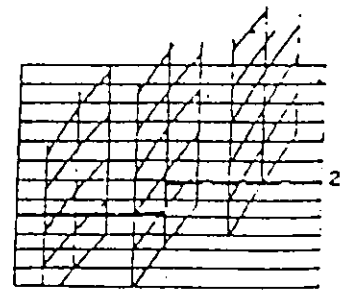


FIGURA 6a - Análise de Erosão: número admissível de repetições de carga em função do Fator de Erosão (sem acostamento de concreto)



As medidas mostradas nas curvas são as espessuras necessárias de concreto simples na camada de topo do pavimento, em cm



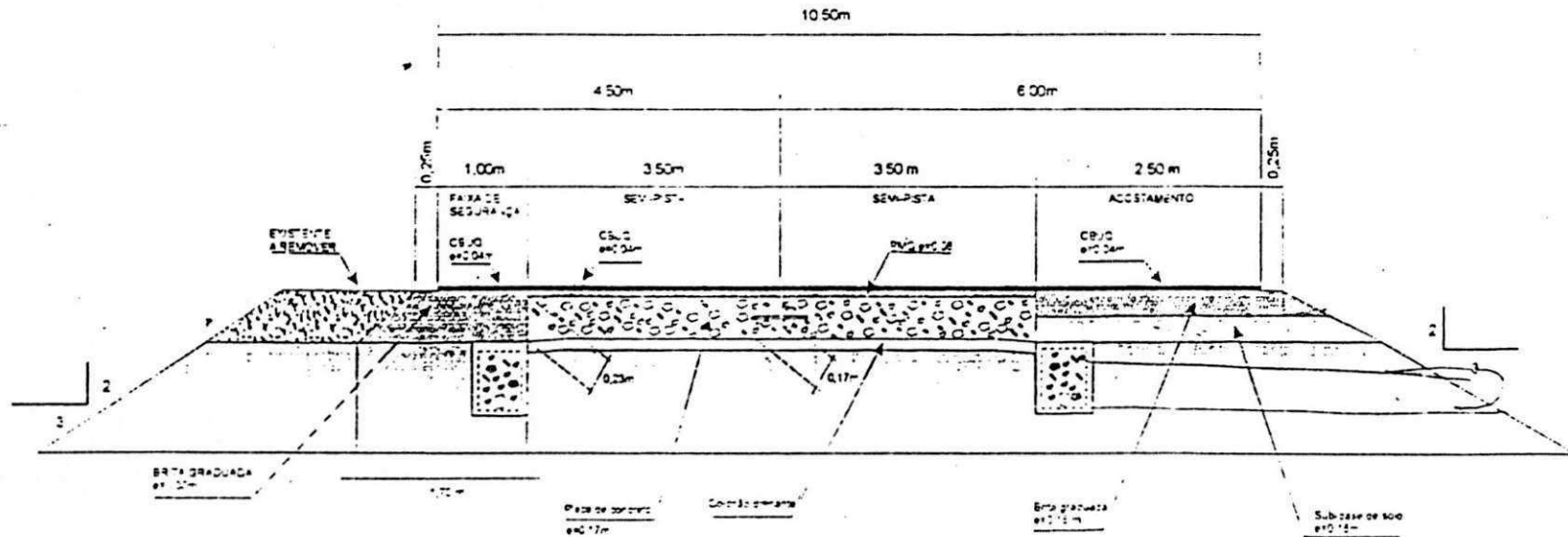
Chave

1 ou 2

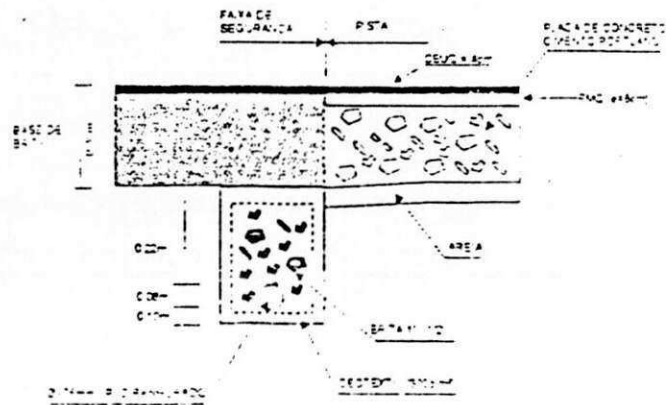
FIGURA 10 - Ábaco de dimensionamento do pavimento de concreto composto não monolítico

Seguem em anexo a seção transversal e a solução para a restauração do Pavimento existente da rodovia BR-232/PE.

RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO RÍGIDO

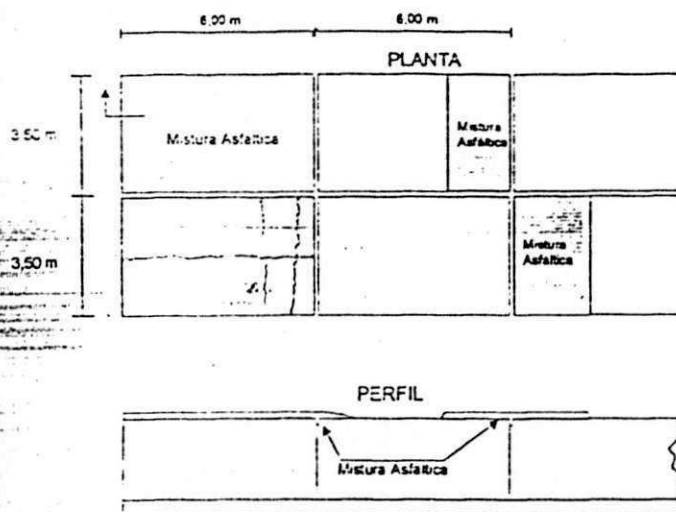


DETALHE CONSTRUTIVO DO DRENO DSS 04 E COLCHÃO DRENANTE

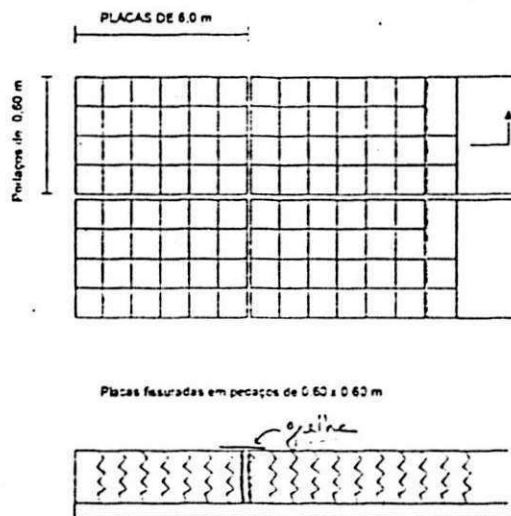


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE PERNAMBUCO		DER/PE
RODOVIA BR-232 PE	TRAMO REC.FE-CARUARU SUBTRAMO REC.FE-CARUARU	JBR
SEÇÃO TIPO-RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO RÍGIDO		PAV-5.2

1ª ETAPA: Remover toda a camada e mistura asfáltica existente nas placas

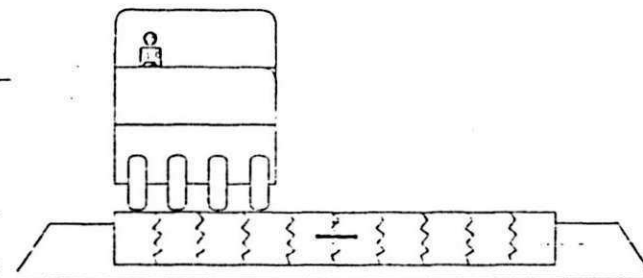


2ª ETAPA: Fissuramento das placas nos sentidos transversal e longitudinal



3ª ETAPA: Assentamento dos pedaços de placas quebradas

Utilizar rolo pneumático de 7 pneus auto propulso em 35 a 50 t de carga e pressão variável



- 4ª ETAPA: Limpeza das placas e reselagem das juntas longitudinal e transversal em material asfáltico. Recuperação de áreas com placas totalmente quebradas ou algum defeito localizado. A recomposição será em concreto pobre rolado (2 Mpa de tração a flexão), na espessura de 0.20 m. Quando necessário, a camada granular abaixo das placas será substituída por camada drenante (areia).
- 5ª ETAPA: Execução dos drenos de bordo de acordo com os detalhes, apresentados no quadro a seguir;
- 6ª ETAPA: Execução da sub-base dos acostamentos com 0,15m de espessura em solo de jazida;
- 7ª ETAPA: Execução de pintura asfáltica com emulsão RR-1C na pista (placas fissuradas);
- 8ª ETAPA: Execução de uma camada de 0,08m de espessura de PMQ na faixa A do DNER. Se houver algum degrau remanescente entre duas placas, regularizar em toda a largura da placa e na extensão de 1,00m;
- 9ª ETAPA: Executar a base de 0,15 m de espessura de brita graduada nos acostamentos e 0,30m na faixa de segurança, nivelando-se com a pista de rolamento;
- 10ª ETAPA: Imprimir os acostamentos e a faixa de segurança, aplicar uma pintura na pista de rolamento utilizando material asfáltico emulsão asfáltica RR-1C;
- 11ª ETAPA: Execução de uma camada de CBUQ, faixa C do DNER, com 0,04m de espessura em toda a largura da plataforma (pista + acostamento + faixa de segurança).

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE FERNANBUCCO		SERIE
BDDO. A BR-102 DE	TRECHO: REDEFE - GARUARU LIGAMENTO ACRÓSTICUM	JBR
RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO - MÉTODO CONSTRUTIVO		PAV-53

**7.7 – PROJETO DE OBRAS DE
ARTE ESPECIAIS**

7.7.1 - Obras de Arte Especiais

Abaixo encontram-se algumas das informações a respeito das obras de arte especiais não se atendo aos seus respectivos projetos.

a. Pontes

As pontes a serem construídas na duplicação serão localizadas paralelas as obras da pista existente que são as apresentadas no quadro abaixo.

PONTES EXISTENTES

ESTACA	NOME DO CÓRREGO	VÃO (m)
665 + 7,30	Rio Ipojuca	40,0
803 + 1,80	Rio Gravatá	22,0
1198 + 9,50	Riacho do Mel	11,0
2180 + 2,50	Rio Bitonho	11,0

Os estudos de verificação da capacidade hidráulica das obras acima citadas localizadas ao longo da pista existente, mostraram que as seções de vazão são suficientes. Por esta razão, a princípio os vãos das obras projetadas para a duplicação são os mesmos da pista existente. Entretanto, tendo em vista a proteção dos taludes de aterro as obras apresentarão maior vão que a existente, conforme descrito a seguir:

NOVAS OBRAS (na Duplicação)

ESTACA	NOME DO CÓRREGO	VÃO (m)
665 + 7,30	Rio Ipojuca	65,0
803 + 1,80	Rio Gravatá	22,0
1198 + 9,50	Riacho do Mel	15,0
1198 + 9,50	Rio Bitonho	15,0

b. Viadutos

Os viadutos sobre a estrada de ferro a serem construídos ao longo da duplicação garantem os mesmos vãos das obras correspondentes localizadas na pista existente, atendendo ao gabarito mínimo exigido pela RFFSA para as novas obras.

As localizações e os comprimentos dos vãos estão indicados no quadro a seguir.

VIADUTOS EXISTENTES

ESTACA	DESTINO	VAO (m)
285 + 4,00	Possibilita o acesso à estação ferroviária de Gravatá	17,0
729 + 13,6	Possibilita o acesso à estação ferroviária de Gravatá	18,0

VIADUTOS NOVOS (Duplicação)

ESTACA	DESTINO	VAO (m)
298 + 4,00	Possibilita o acesso à estação ferroviária de Gravatá	17,0
729 + 13,6	Possibilita o acesso à estação ferroviária de Gravatá	22,0

Registra-se que o viaduto da estaca 729 localiza-se em uma curva da ferrovia, acarretando uma obra de maior vão para a duplicação.

b.1 - Viadutos sobre Passagem Inferior

O projeto prevê a construção de 2 viadutos sobre passagem inferior localizadas da seguinte forma:

TRAVESSIA ÚRBANA	INÍCIO E FIM DE CADA COMPLEXO
Gravatá	estaca 397 + 18,00
Bezerros	estaca 1531 + 0,00

Os acessos pelas ruas laterais de Gravatá para a movimentação de um lado para outro da rodovia, por baixo da passagem superior, serão feitos através de uma interseção em formato de diamante.

Já em Bezerros, a movimentação de veículos por baixo do viaduto, sem interferência com a BR, possibilitará o acesso direto à PE-103 dos veículos provenientes de Recife e Bezerros, como também da PE-103 para Caruaru, eliminando dessa forma, um ponto negro em potencial para ocorrências de acidentes de trânsito. Esta passagem fica localizada no centro do trevo de duas folhas previsto para ser executado neste local.

Os viadutos sobre as passagens inferiores em Gravata e Bezerros, foram projetadas de modo a possibilitar também o trânsito de pedestres sob a BR232-PE.

b.2 - Viadutos sobre Passagem Inferior

As passarelas de pedestres previstas nos seguintes locais:

- Gravatá: 1 (uma) na estaca 434
- Bezerros:, 2 (duas)
- Enc. S.João 1 (uma) na estaca 2105

8.0 - SERVIÇOS DE EXECUÇÃO

Este capítulo tratará dos serviços executados na duplicação da rodovia BR – 232/PE, onde foram abordados com ênfase maior os serviços de pavimentação. Assunto o qual é motivo deste relatório.

8.1 – TERRAPLENAGEM

8.1.1 – Serviços Preliminares

A execução dos serviços de Terraplenagem procedeu-se dentro das Normas e Especificações Técnicas do DNER.

Foram realizados uma série de trabalhos preliminares indispensáveis, como locação topográfica, limpeza de faixa, desmatamento e destocamento.

8.1.2 – Desmatamento, destocamento e limpeza de área

a. Desmatamento

O desmatamento compreende o corte e a remoção de toda a vegetação qualquer que seja a sua densidade.

b. Destocamento

O destocamento consiste na retirada de tocos e raízes, operação que as vezes se torna um pouco difícil devido algumas raízes estarem muito profundas.

c. Limpeza da Área

A limpeza da área compreendeu a remoção de terra vegetal (solo orgânico) que possui húmus, detritos vegetais e raízes que a tornam inadequada para os aterros devido a sua elasticidade e compressibilidade.

d. Equipamento Utilizado

Os equipamentos utilizados foram a Patrol e o D8 para vegetação comum com arvores de diâmetro até 0,15m.

8.1.2 – Execução do Corpo de Aterro

O corpo de aterro é executado em camadas com 20cm de espessura e plataforma final de 12,76 m compactado a 95% do Proctor Normal até a antepenúltima camada. Já as duas últimas camadas, são executadas com um material chamado de MS (material selecionado) com espessura de 15cm e capacidade de suporte melhor do que o das camadas anteriores, a sua compactação é feita com rolo liso a 100% do Proctor Normal.

A exigência de CBR para o corpo de aterro atende aos seguintes critérios:

- a. $CBR \geq 4$ para o corpo de aterro até a antepenúltima camada.
- b. $CBR \geq 10$ para as duas últimas camadas do corpo de aterro.

Apesar da dificuldade de jazidas na região, a pouca quantidade de material encontrado é compensada com uma capacidade de suporte médio de $CBR \geq 15$.

Também faz-se imprescindível uma quantidade maior de serventes (comumente chamados de raízeros) devido a quantidade de pedregulhos encontrados no material disponível para a Terraplenagem.

A realização de alguns cortes, tanto em rocha como solo exige a execução em determinados trechos de camadas drenantes de areia ou brita e de drenos profundos conforme exigências do DNER.

A proteção da saia dos aterros é feita com capim sândalo espaçados de 20 cm, e em alguns casos específicos foram projetados muros de contenção para proteção dos taludes.

8.2 – EXECUÇÃO DO CCR

8.2.1 – Especificações de Serviço DNER-ES 322/97

Esta norma estabelece a sistemática a ser empregada na execução e no controle da qualidade do serviço em questão.

O Concreto rolado para sub-base é um concreto simples com baixo consumo de cimento e consistência bastante seca, permitindo a compactação com rolos compressores ou equipamento similar.

8.2.2 – Condições Gerais

O concreto de cimento Portland compactado por meio de rolos compressores (concreto rolado) se destina à execução da sub-base e deverá apresentar as seguintes características:

- Ser dosado por método racional, de modo a obter-se com materiais disponíveis, uma mistura fresca, de trabalhabilidade adequada, para ser compactada com rolo vibratório, e resulte em produto endurecido com grau de compactação e resistência à compressão exigido por esta Norma.
- A camada de concreto rolado que atenda às exigências desta Norma, também poderá ser empregada como base de pavimento flexível.

O recebimento e o armazenamento do cimento Portland e agregados na obra deverá ser como o recomendado nas especificações DNER-EM 036 e DNER-EM 037.

O cimento Portland poderá ser de qualquer tipo, desde que satisfaça as exigências nas DNER-EM 036 para o cimento empregado.

O agregado miúdo e graúdo deverão atender respectivamente às exigências da DNER-EM 034.

Os materiais para a cura de superfície da sub-base deverá ser realizada com a pintura betuminosa, utilizando-se emulsões asfálticas catiônicas de ruptura média.

O concreto rolado deve ser dosado em laboratório, com os materiais disponíveis na obra, determinando-se a umidade ótima que permita obter a densidade máxima para a energia compatível com os equipamentos de compactação a utilizar na execução da sub-base e resistência à compressão exigida nesta Norma.

Esta concreto deverá apresentar as seguintes características:

- resistência características à compressão (f_{ck}) aos 7 dias, determinada em corpos de prova moldados e rompidos segundo a ABNT NBR – 5739:

$$f_{ck} = 5.0 \text{ Mpa}$$

- o consumo de cimento é de 80kg/m³ a 120kg/m³
- a dimensão máxima característica do agregado no concreto não deverá exceder 1/3 da espessura da sub-base ou 32mm, obedecido o menor valor;
- o grau de compactação, considerado a energia normal ou intermediária definida na dosagem será determinado conforme a ABNT NBR-7182:

$$GC \geq 100 \%$$

Os equipamentos necessários à exploração de pedreiras e britagem são indicados abaixo:

- central de mistura para a dosagem, umidificação e homogeneização do material;
- equipamento mecânico para espalhamento do concreto;
- rolos compressores autopropelidos dos tipos liso (vibratório e asfáltico) e pneumático;
- placa vibratória;
- caminhão-basculante;
- pequenas ferramentas complementares como pás, enxadas, régua, etc;
- martetele pneumático, para a execução de eventuais juntas de construção.

8.2.3 – Execução do CCR

Abaixo são descritos basicamente como se processa a execução o CCR como sub-base da pista nova (duplicação):

a. Características

O CCR é produzido na usina de solos localizada no canteiro de obras da OAS na estaca 1915.

O laboratório de solos colhe uma amostram do concreto para realizar os ensaios de densidade e umidade para a sua liberação.

Também são realizados os ensaios de compressão axial de um corpo cilíndrico e tração na flexão de um corpo de prova prismático. As exigências são de:

- o consumo de cimento é de 140Kg/m³.
- 4,50 MPa à compressão e 1,8 MPa de tração na flexão.

b. Transporte, Execução e Controle

A sub-base adotada na nova pista é um concreto compactado à rolo com espessura de 10 cm e plataforma final de 9,03m, compactado a 100% do Proctor Normal.

O transporte do CCR é feito em caçambas com o cuidado para não provocar a segregação e também cobertas com lonas para evitar a perda de umidade até o local de espalhamento.

Imediatamente antes do espalhamento do CCR é molhada a superfície da 2ª camada de MS (material selecionado) sem excesso de água.

A compactação é feita com rolo liso que inicia-se nas bordas do pavimento, devendo as passagens seguintes do rolo recobrirem, pelo menos, 25% da largura da faixa anteriormente compactada.

Tem-se o cuidado para que a espessura da camada compactada nunca seja inferior a três vezes a dimensão máxima do agregado no concreto, a sua espessura final compactada é de 10cm.

O controle do CCR é analisado em laboratório com ensaios de compressão axial ($f_{ck} = 5,0 \text{ Mpa}$), tração na flexão e densidade. Já no campo é feito o ensaio de densidade "IN SITU" para verificar o grau de compactação da camada, o qual exige 100% do Proctor Normal. Para estes ensaios coletam-se material suficiente para a moldagem de três corpos de prova cilíndricos para a verificação da resistência à compressão, e um prismático para tração na flexão, e para verificar também a densidade máxima e umidade ótima a cada 56m^3 produzidos na usina.

8.3 – EXECUÇÃO DA IMPRIMAÇÃO

8.3.1 – Imprimação

Imprimação consiste na aplicação de uma leve camada de betume para aglutinar o material solto e penetrar na subbase de concreto rolado até certa profundidade, camada essa que se deixa secar bem antes de iniciar a concretagem das placas. Durante a cura da imprimação não se deve permitir tráfego na pista. Se for possível impedir o tráfego, a imprimação deve ser protegida com uma camada de areia grossa. São indicados para imprimação asfaltos diluídos de tipo adequado, entre outros.

A imprimação tem as seguintes finalidades:

- Aumentar a coesão da superfície da base, devido a penetração do material asfáltico empregado;
- Promover condições de aderência entre a base executada e o revestimento a ser executado e,
- Impermeabilizar a base.

Recomenda-se que antes de iniciar a execução da camada de revestimento, que a camada de imprimação deve estar bem seca e, durante a sua cura não se deve permitir tráfego sobre a mesma. O tempo de cura imprimação é da ordem de 48 horas. Os tipos de ligantes recomendados são: asfalto diluído e baixa viscosidade a fim de permitir a penetração do ligante nos vazios da base. Recomenda-se o asfalto diluído CM-30, para bases com superfície de textura fechada e o CM-70 para bases com superfície de textura aberta.

8.3.2 – Execução

A imprimação é aplicada sobre a superfície do CCR a uma temperatura de 60 °C, com a finalidade de conferir coesão superficial, impermeabilização e permitir condições de aderência entre o CCR e o Pavimento Rígido (placa de concreto).

Para a sua execução alguns cuidados são imprescindíveis:

- o CCR deve estar totalmente limpo;
- verificar se nenhum orifício da barra espagidora esteja obstruído;
- não deixar que haja a superposição dos jatos sobre uma mesma área;
- o equipamento espagidor deve iniciar seu movimento fora da área a ser imprimida;
- a área imprimida deve ser protegida de qualquer contato, proibindo-se o tráfego antes de ser concluída totalmente a penetração e cura do material asfáltico.

Os materiais asfálticos usados para imprimação são examinados em laboratório, obedecendo a metodologia indicada pelo DNER e satisfazendo as especificações em vigor. Dessa forma são feitos os seguintes ensaios:

- Ensaio de viscosidade Saybolt Furol a 50 °C (DNER-ME 004);
- Ensaio de resíduos por evaporação.

**8.4 – PLACA DE CONCRETO DE
CIMENTO PORTLAND**

8.4.1 – Características e Execução

a. Características

A ~~P~~avimentação em concreto hoje é executada de forma contínua com máquina pavimentadora tipo forma deslizante. O equipamento utilizado na BR – 232, segmento km 71,5 a km 129,9 é a Pavimentadora do modelo SF 3002 CMI / CIFALI de fabricação americana, que devido ao modo de alimentação, no caso frontal, através de caminhões basculantes, consegue uma produção de ± 450 m / dia com a largura de 7,20m. X

A produção de concreto é executada na central dosadora misturadora de concreto que tem capacidade de produção da ordem de 120,00 m³/h sendo a mesma composta de uma dosadora CEARC MD TT3000, um misturador MARC MD 3750, três silos para armazenagem de cimento com capacidade de acumular 340 m³ (02 de 120 m³ e 01 de 100 m³) e uma central de automação.

O traço utilizado atende as especificações de Serviços do DNER – ES 324/97 e tem a seguinte característica:

- ~~f~~ck = 35,0 Mpa
 - ~~f~~tk = 4,5 Mpa
 - Fator A/C = 0,45
 - Slump 6 ± 1
- X
X

e tem a seguinte composição por m³ (em massa):

- Cimento ~~Kg~~ 387
 - Areia ~~Kg~~ 557
 - Brita 1 ~~Kg~~ 348
 - Brita 2 ~~Kg~~ 437
 - Brita 3 ~~Kg~~ 630
 - Água ~~Kg~~ 174
- k (m³/m³!)*

São colocados dois aditivos no concreto fabricados pela Master Build do Brasil, são eles:

- Aditivo Master Mix ml 3.096
- Aditivo MBT ERA EC ml 116

O Master Mix é um aditivo polifuncional de pega normal, já o aditivo MBT ERA EC é um incorporador de ar.

b. Execução

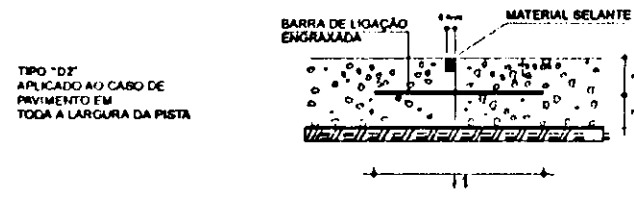
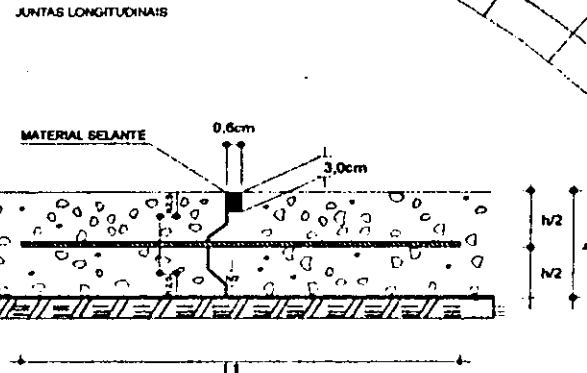
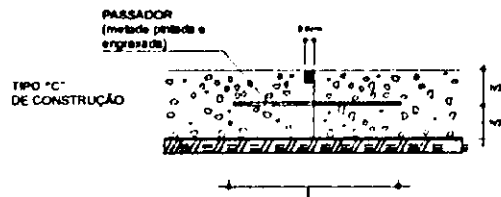
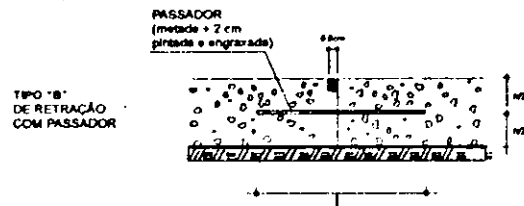
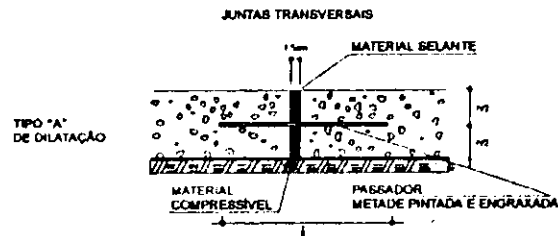
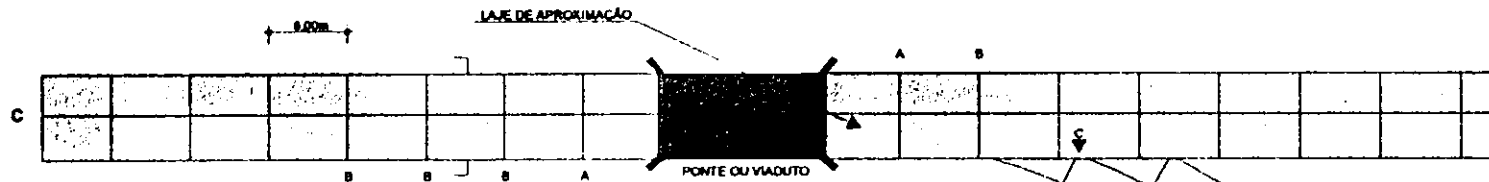
O concreto é confeccionado na usina que possui uma capacidade de produção de $120\text{m}^3/\text{h}$ sendo este transportado até o local de seu lançamento por caminhões basculantes.

Existem dois tipos de ferragens presentes na placa de concreto de cimento Portland. Uma armadura de transferência (armadura longitudinal) e uma de ligação (armadura transversal). O detalhe das armaduras encontra-se em anexo.

O concreto é simultaneamente distribuído, nivelado e adensado pela máquina pavimentadora em sua largura e espessura de projeto. Em seguida, é feito o acabamento da sua superfície com desempenadeiras manuais de alumínio. Para então, a máquina texturizadora fazer as ranhuras em sua superfície garantindo assim o atrito da pista de rolamento com os pneus dos veículos.

A cura do concreto é feita com a aplicação de um produto químico (Master Curi) a uma taxa de $0,20\text{ l/m}^2$ imediatamente após sua texturização, possibilitando assim a criação de uma película protetora.

A indução das juntas de dilatação é feita 8 horas após a concretagem das placas, através de um corte com um disco metálico a cada 6m no sentido longitudinal e a $3,60$ dos bordo, ou seja, no eixo do pavimento; com a finalidade de garantir que as juntas de dilatação ocorram nos lugares preestabelecidos.



l = 46 cm
 l1 = 85 cm
 h = 22 cm

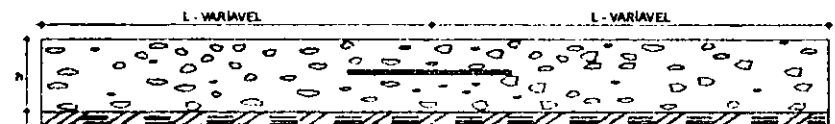
AS BARRAS DE LIGAÇÃO DAS JUNTAS D1 e D2, TERÃO 8,5cm DE COMPRIMENTO, ESPAÇADA DE 75,0cm

FERRAMENTAS PARA AS JUNTAS TRANSVERSAIS

AS JUNTAS DOS TIPOS A, B e C, RECEBERÃO PASSADORES DE ACORDO COM O ESQUEMA ACIMA O ESPAÇAMENTO ENTRE OS FERROS

OBS.:
 1 - QUANDO UMA JUNTA TIPO A, CORRESPONDE AO LIMITE ENTRE A LAJE DE APROXIMAÇÃO DA OBRA E A PLACA DO PAVIMENTO, O CAPUZ É A


SEÇÃO TRANSVERSAL II



DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM		4º DRF / DNER
RODOVIA BR-232/PE	TRECHO SUBTRECHO SEGMENTO LÓTE	RECIFE - PARNAMIRIM RECIFE - CARUARU km 114,9 - km 133,7 05
DETALHE DO PAVIMENTO RÍGIDO		DES. - 7.5

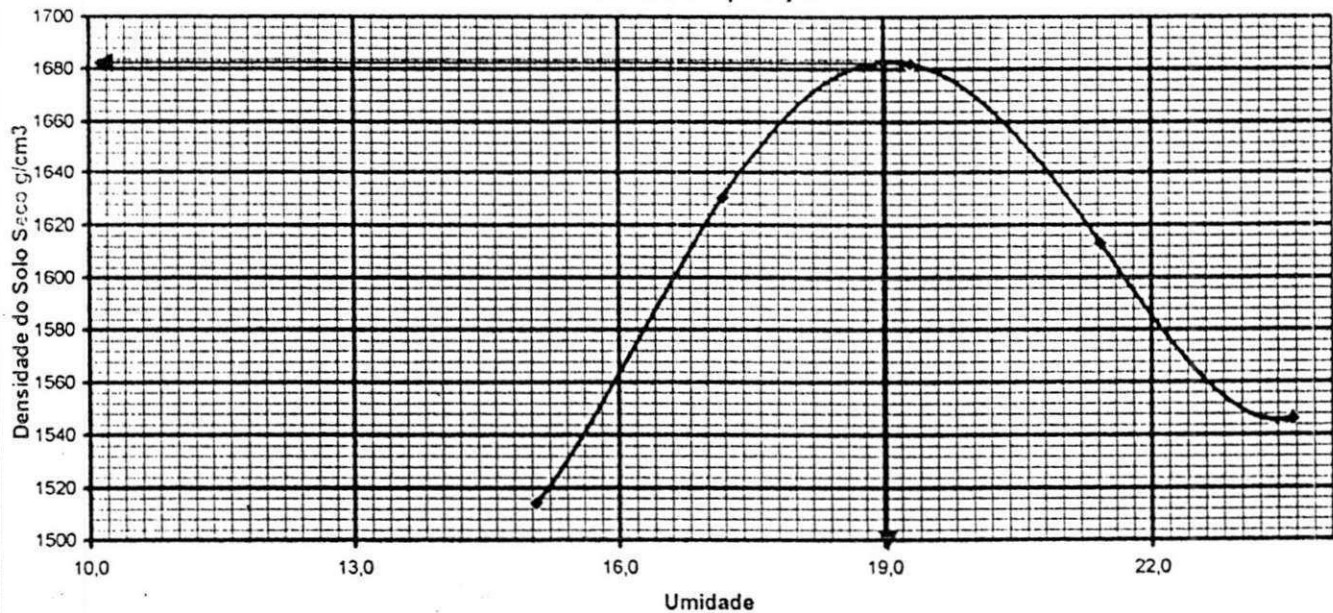
**9.0 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO E
DOSAGENS**


Seguem em anexo todas as fichas dos ensaios e dosagens que são realizados nas diversas etapas de execução das obra de duplicação da rodovia BR-232/PE.

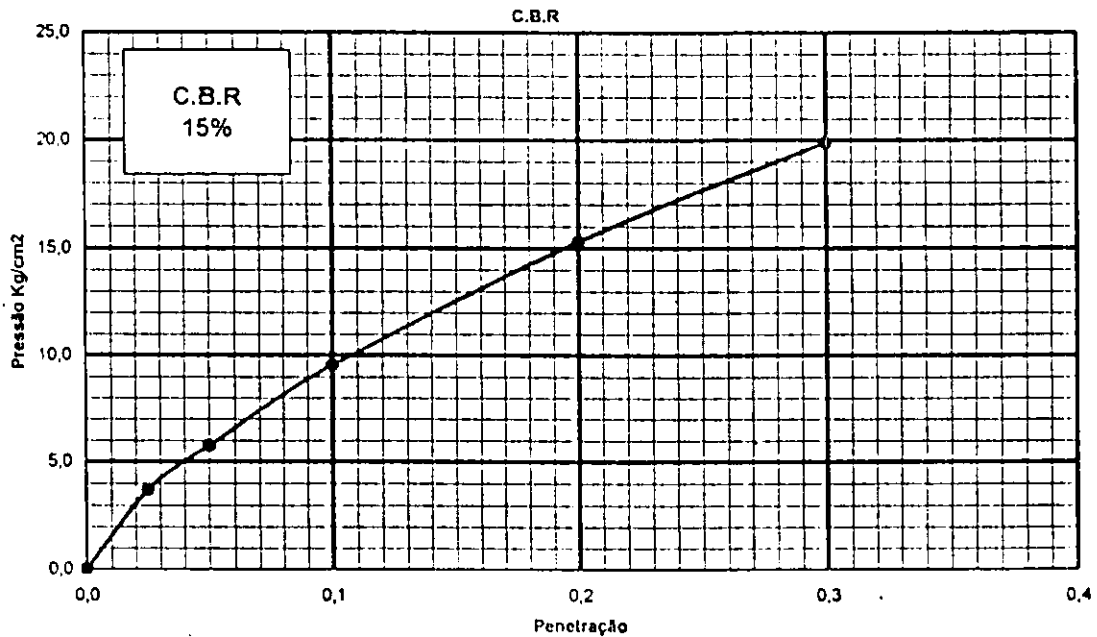
EMPRESA:  CONSTRUTORA OAS LTD.		DER-PE		
RODOVIA: BR-232	TRECHO: RECIFE - CARUARU	SUB-TRECHO: KM- 71,5 - 114,9		
PROCED. SAIB. SUB-LEITO MAT. CHÃ GRANDE	LOCAL. FURO ESTACA: est. 397+11,20 até 404	LADO E-X-D	PROFUND. EM Cm	REGISTRO Nº 738
5ª Camada C.A	OPERADOR: ALEXANDRE	DATA: 18/05/01	CALCULISTA: MOISÉS	
UMIDADE HIGROSCÓPICA	%	%	MOLDE Nº	06
Cápsula - Nº			VOLUME DO MOLDE	2078
Peso Bruto Úmido	50,00	50,00	PESO DO MOLDE	4330
Peso Bruto Seco			PESO DO SOQUETE	4536
Peso da Cápsula			ESPESSURA DO DISCO	
Peso da Água	3,00	3,00	ESPAÇADOR	2 1/2"
Peso do Solo Seco	47,00	47,00	GOLPES / CAMADA	12
Umidade (%)	6,4	6,4	Nº DE CAMADAS	05
Umidade Média	6,4			
			DENSIDADE MÁXIMA:	1683 Kg/m³
			UMIDADE ÓTIMA:	19,0 %

PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO SOLO ÚMIDO	DENSIDADE SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE MÉDIA %	DENSIDADE DO SOLO SECO Kg/m³
				PESO BRUTO ÚMIDO	ÁGUA EXISTENTE	ÁGUA ADICIONADA	PESO DA CÁPSULA	PESO DA ÁGUA	PESO SOLO SECO		
1	7950	3620	1742							15,0	1514
				7000	420	570		990	6580		
2	8300	3970	1910							17,2	1630
				7000	990	140		1130	6580		
3	8500	4170	2007							19,3	1682
				7000	1130	140		1270	6580		
4	8400	4070	1959							21,4	1613
				7000	1270	140		1410	6580		
5	8300	3970	1910							23,6	1546
				7000	1410	140		1550	6580		

Curva de Compactação

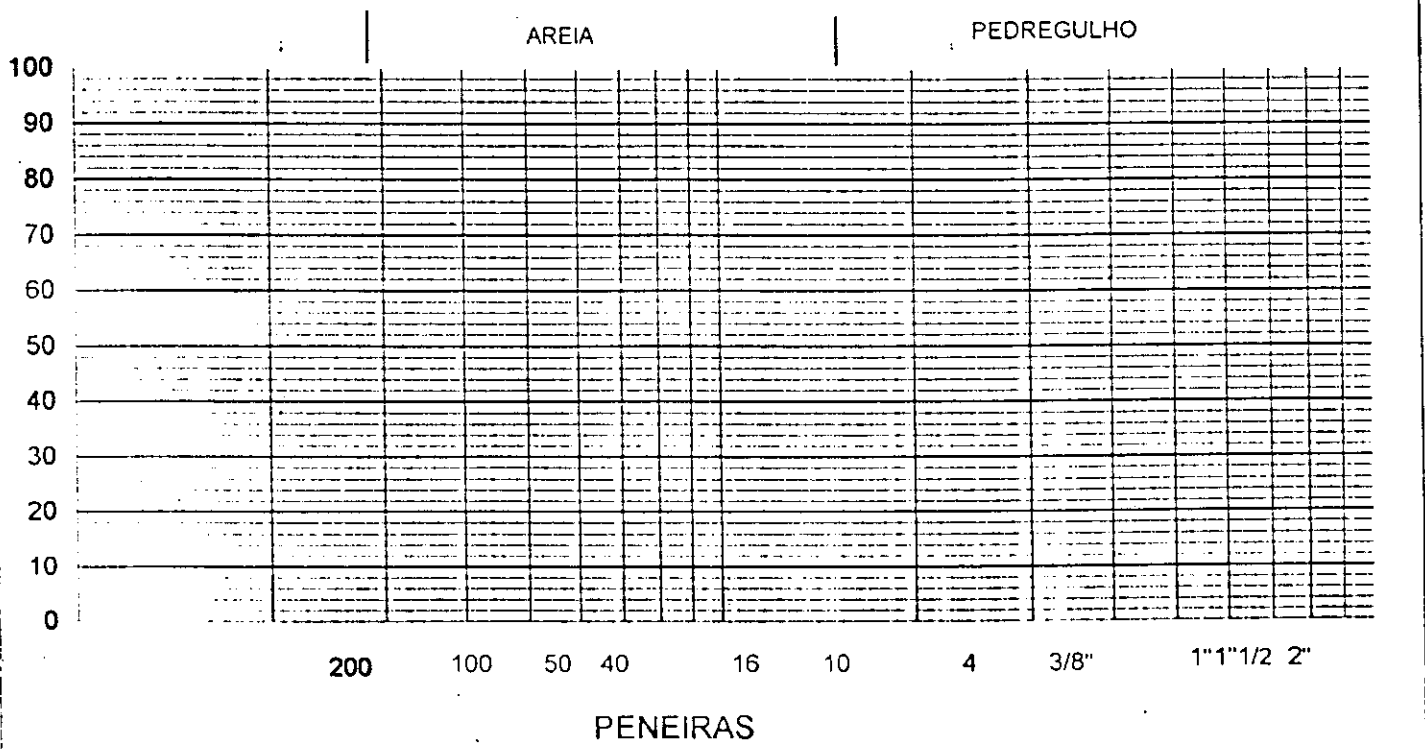



EMPRESA: 		C.B.R.										
RODOVIA: BR - 232	TRECHO: RECIFE- CARUARU	SUB-TRECHO KM 71,5 - 114,9										
PROCED SAIB SUB-LEITO MAT 950 - 956	LOCAL / FURO / ESTACA: EST. 938 - 947	LADO E-X-D E	PROFUND EM Cm: REGISTRO N° 859									
5ª Camada C.A	OPERADOR: ALEXANDRE	DATA: 11/09/01	CALCULISTA: MOISÉS VISTO:									
UMIDADE	Higroscópica		De Moldagem	Molde N°	20							
Cápsula - N°				Peso do Molde	4183							
Peso Bruto Úmido	50,00	50,00	50,00	50,00	Volume do Molde	2084						
Peso Bruto Seco					N° de Camadas	05						
Peso da Cápsula					Golpes/Camada	12						
Peso da Água	0,70	0,70	0,60	0,60	Peso do Soquete	4,536						
Peso do Solo Seco	49,30	49,30	49,40	49,40	Espessura do disco Espaçador	2" 1/2						
Umidade (%)	1,4	1,4	1,2	1,2	Altura do Cilindro (mm)	115,6						
Umidade Média (%)	1,4		1,2									
DADOS DE COMPACTAÇÃO			CÁLCULO DA ÁGUA			Anel Din.						
Densidade Máxima - Kg/m ³	2,026		Peso do Solo Passando na # N° 4		Úmido	6175						
Umidade ótima - %	8,5				Seco	6089						
Umidade Higroscópica - %	1,4		Peso de Pedregulho Retido na # N° 4		825							
Diferença de Umidade - %	7,1		Água a Juntar		448							
ENSAIO DE PENETRAÇÃO					Expansão							
Tempo min.	Penetração		Leitura Extns.	Pressão - Kg/cm ²				Datas		Leitura Defl.mm	Difer. mm	Exp. mm
	Pol	mm		Determ.	Corrigido	Padrão	%	Dia	Hora			
30 seg	0,025	0,83	37	3,7				11/09/01	13:50	1,00		
1	0,05	1,27	58	5,8				12/09/01	13:50	1,07		
2	0,1	2,54	96	9,5	9,5	70	13,6	13/09/01	13:50	1,09		
4	0,2	5,08	154	15,3	15,3	105	14,6	14/09/01	13:50	1,25	0,3	0,2
6	0,3	7,62	200	19,9								
8	0,4	10,16										
10	0,5	12,7										
Moldagem de Verificação												
Peso Bruto Úmido												
8 770												
Peso Úmido												
4 587												
Densidade Úmida												
2,201												
Densidade Seca												
2,029												
Obs: 100,1 %												



Ensaio de Granulometria por Peneiramento					
UMIDADE	%	%	AMOSTRA	Total	Parcial
Cápsula - N°	T TX	9	Cápsula - N°	179	08
Peso Bruto Umido	50,00	50,00	Peso Bruto Umido		
Peso Bruto Seco			Peso Umido	2000,00	200,0
Peso da Cápsula			Peso Retido na # N° 10	483,5	
Peso da Água	0,90	0,50	Peso Umido Pass. na # N° 10	1516,5	
Peso do Solo Seco	49,10	49,50	Peso Seco Pass. na # N° 10	1495,2	
Umidade	1,8	1,0	Peso da amostra Seca	2	197,2
Umidade Média	1,4				3

Peneiramento							
Amostra Total	Peneiras		Peso Retido Parcial	Peso que Passa Acumulado	% que Passa Am.Total	Peneiras	CONSTANTES
	Pol	mm					
Am. parcial	2	50,8	0	1978,7	100,0	2	$K_1 = \frac{100}{2} = 0,0505$ 2
	1 1/2	38,1	0	1978,7	100,0	1 1/2	
	1	25,4	31,4	1947,3	98,4	1	$K_2 = \frac{4}{3} = 0,3832$ 3
	3/4	19,1				3/4	
	1/2	12,7				1/2	FAIXA "F/F" da AASHO Obs:
	3/8	9,5	140,5	1806,8	91,3	3/8	
	004	4,8	150,8	1656,0	83,7	004	
	010	2,0	160,8	1495,2	4	010	
040	0,42	60,50	136,7	52,4	040		
200	0,074	52,4	84,3	32,3	200		

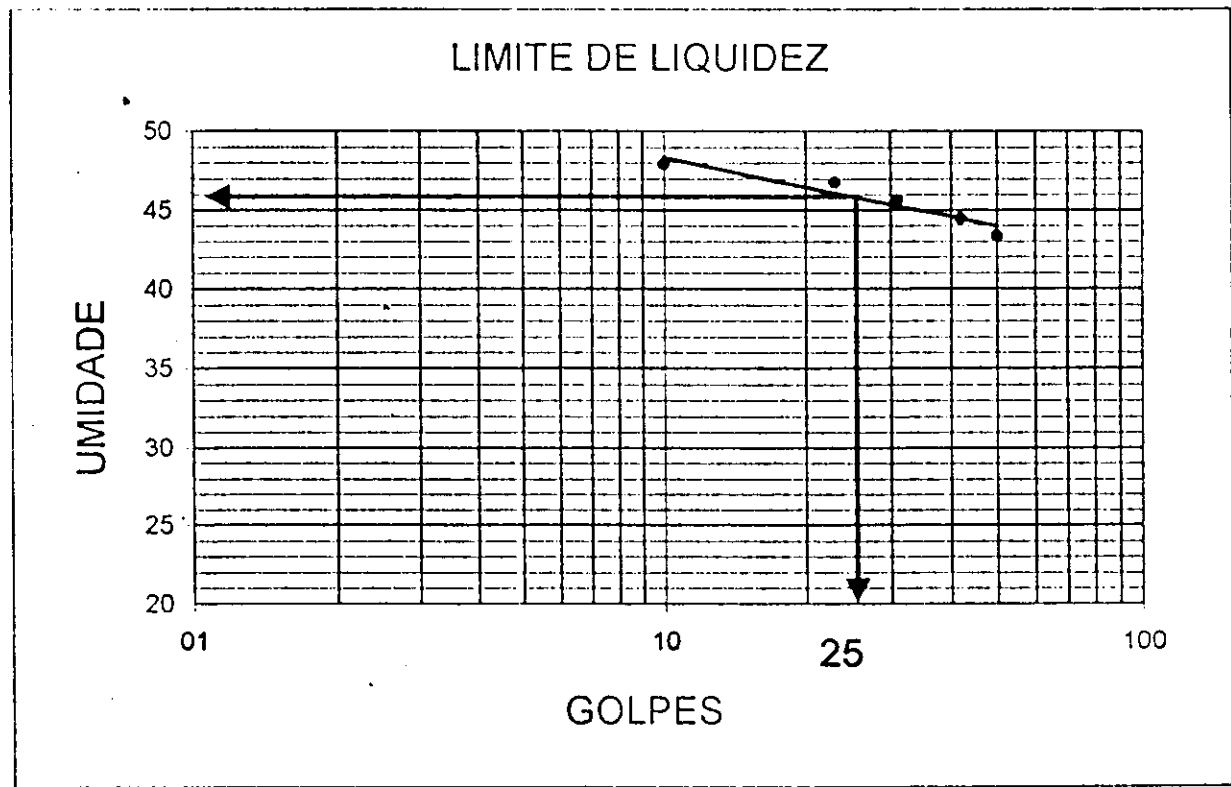


EMPRESA:		GRANULOMETRIA		
 CONSTRUTORA OAS LTD.				
RODOVIA:	TRECHO:	SUB-TRECHO:		
BR - 232	RECIFE - CARUARU	Km 71, - 114,9		
PROCEDENCIA:	LOCALIZ. FURO ESTACA	LADO E X D	PROFUND. (CM)	REGISTRO N°
EMP. 12 8ª Camada C.A	EST- 936 -945			903
LABORATÓRIO:	OPERADOR:	DATA:	CALCULISTA:	VISTO:
OAS	ALEXANDRE	14/09/01	MOISÉS	

EMPRESA:  CONSTRUTORA OAS LTD.	ENSAIOS FÍSICOS	DER-PE
--	------------------------	--------

LIMITE DE LIQUIDEZ								
Cápsula	N.º	01	03	40	24	28	Operador:	ALEXANDRE
Golpes	g	10	23	31	42	50		
Peso Bruto Umido	g	16,75	17,50	18,50	19,00	20,00	Data:	07/06/01
Peso Bruto Seco	g	13,12	13,90	14,90	15,00	15,80		
Peso da Cápsula	g	5,54	6,20	7,01	6,00	6,11	Calculista:	ALEXANDRE
Peso da Água	g	3,63	3,60	3,60	4,00	4,20		
Peso do Solo Seco	g	7,58	7,70	7,89	9,00	9,69	LL	46,0%
Umidade	%	47,89	46,75	45,63	44,44	43,34		

LIMITE DE PLASTICIDADE								
Cápsula	N.º						LP	
Peso Bruto Umido	g							
Peso Bruto Seco	g						IP	
Peso da Cápsula	g							
Peso da Água	g						Obs:	
Peso do Solo Seco	g							
Umidade	%							



Rodovia:	BR - 232	Operador:	ALEXANDRE	Furo:	
Trecho:	RECIFE - CARUARU	Calculista:	MOISÉS	Lado:	
Subtrecho:	Km 71, 5 - 114,9	Data:		Registro N.º:	
Localização:		Visto:		Profundidade	

Agranulometria da mistura dos agregados e teor provável de ligantes da mistura betuminosa devem satisfazer as especificações abaixo

Concreto Asfáltico quente densamente graduado

Peneira		Tipo de Agregado		Tipo de Agregado Miúdo	
Polegadas		Porcentagem passando, em peso			
Nº		A	B	C	D
Nº	2	100	-	-	-
Nº	1 1/2	95-100	100	-	-
Nº	1	75-100	95-100	-	-
Nº	3/4	60-90	80-100	100	-
Nº	1/2	-	-	85-100	-
Nº	3/8	35-65	45-80	75-100	100
Nº	4	25-50	28-60	50-85	90-100
Nº	10	20-40	20-45	30-75	70-100
Nº	40	10-30	10-32	15-40	60-90
Nº	80	5-20	8-20	8-30	10-40
Nº	200	1-8	3-8	5-10	5-12
Betume solúvel		4,0 - 7,5	4,5 - 8,0	4,0 - 10,0	4,5 - 11,0

CONTROLE DE APLICAÇÃO DE LIGANTES

Data:

Folha:

Data	Hora	Serviços Executados						Temp. C°	Quantidade			Área	Taxa			Consumo
		Estaca Inicial	Estaca Final	Faixa	Larg.	Ext.	Área		Antes Kg	Depois Kg	Dif. Kg		L/m²	Kg/m²	L/m²	
2001-08-23		740	753	D	4,50	260	1170	60	1260	1360	1,00	1,00		1,0		1170
2001-08-23		740	753	E	4,50	260	1170	60	1285	1395	1,10	1,00		1,1		1287
2001-08-23		740	753	X	4,50	260	1170	60	1310	1410	1,00	1,00		1,0		1170
2001-08-23		281	283+17	D	4,50	380	1710	60	1280	1400	1,20	1,00		1,2		2052
2001-08-23		281	283+17	E	4,50	380	1710	60	1320	1440	1,20	1,00		1,2		2052
2001-08-27		1913	1906	D	4,50	140	630	60	1260	1370	1,10	1,00		1,1		693
2001-08-29		753	763	D	4,50	200	900	60	1260	1370	1,10	1,00		1,1		990
2001-08-29		757+10	-	E	4,50	200	900	60	1285	1395	1,10	1,00		1,1		990
2001-08-29		1913	1906	E	4,50	140	630	60	1290	1410	1,20	1,00		1,2		756
2001-08-30		1906	1889+10	D	4,50	338	1521	60	1275	1405	1,30	1,00		1,3		1977,3
2001-08-30		1906	1889+10	E	4,50	338	1521	60	1290	1420	1,30	1,00		1,3		1977,3
2001-08-31		1889+10	1879+10	D	4,50	200	900	60	1300	1410	1,10	1,00		1,1		990
2001-08-31		1889+10	1879+10	E	4,50	200	900	60	1280	1390	1,10	1,00		1,1		990

Observação: Imprimação CCR	Rodovia: BR - 232	Trecho: Recife - caruaru	Sub - Trecho: Km 71,5 - 114,9	Período: Agosto
-------------------------------	----------------------	-----------------------------	----------------------------------	--------------------

DER - PE	Ligante: RR-1C	T. Aplicação: 60°	Tempo:	Visto:
----------	----------------	-------------------	--------	--------

CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO

Determinação do Grau de Compactação - NBR 7185 - Pista

Lote: 5

Obra: BR - 232/ PE

Data:		08/06	10/06	10/06	10/06		
Est:		485	470	475	480		
Posição: (Bordo direito - Eixo / Bordo Esquerdo)		D	X	E	X		
Peso da areia no funil (g)		542	520	520	520		
Densidade da areia (dm ³)		1370	1370	1370	1370		
Determinação da massa de areia que preenche a cavidade da camada CCR	Peso do frasco com areia antes (g)	6000	6000	6000	6000		
	Peso do frasco depois (g)	4320	2680	2790	2830		
	Diferença (g)	1680	3320	3210	3170		
	Peso da areia no furo (g)	1138	2800	2690	2650		
	Volume do furo (dm ³)	831	2044	1964	1934		
	Umidade de campo (%)	6,4	5,0	5,0	5,0		
	Peso do CCR úmido (g)	1970	4720	4580	4500		
	Peso do CCR seco (g)	1852	4495	4362	4286		
	Massa específica aparente seca (kg/m ³)	2229	2199	2221	2216		
	Massa específica de laboratório (kg/m ³)	2149	2149	2149	2149		
	Umidade de laboratório (%)	5,3	5,3	5,3	5,3		
	Grau de compactação (%)	104	102	103	103		
Grau de compactação médio (%)							
Controle estatístico	Desvio padrão						
	GC _{est} = GC - t.s.						
	Espessura média (cm)	9	11	12	12		

Aceitação: GC_{est} > 100% ou todos valores individuais > 100%

Lote : 2500m ²	Amostragem: 6 furos	n= número de exemplares, t = 0,920 p/n =6
---------------------------	---------------------	---

Determinação de umidade de campo

Peso do solo úmido (g)	Ph1				
Peso do solo seco (g)	Ps1				
Peso da água em (g)	Pa = Ph1 - Ps1				
Umidade (%)	h% = Pa/Ps1 x 100				

Serviço:	Lote: 5	Material:
----------	---------	-----------

Rodovia: BR - 232	Trecho: Recife - Caruaru	Segmento: 71,5 - 114,9	Visto:
-------------------	--------------------------	------------------------	--------

OBS: Ensaio Referente a Camada de Sub - Base

DER - PE	ANÁLISE ESTATÍSTICA	QD -
----------	---------------------	------

COTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO

Determinação da Resistência à TRAÇÃO NA FLEXÃO- NBR- 5738- Pista

Lote: 5

Obra BR-232/PE

Nº da Ensaio	Data de Moldagem	Data de Ruptura	Tração na flexão						Locais concretados
			3 dias	7 dias	28 dias			Ordem	
					f - 1	f - 2	f máx.		
1	03/05/01	2001-06-01			2,2		2,2	1,8	Sub-Base CCR est. 345+10 a 355 L/D/E
2	03/05/01	2001-06-01			2,9		2,9	1,8	Sub-Base CCR est. 345+10 a 355 L/D/E
3	04/05/01	2001-06-02			1,8		1,8	1,8	Sub-Base CCR est. 363 a 374 L/D/E
4	04/05/01	2001-06-02			2,0		2,0	2,0	Sub-Base CCR est. 363 a 374 L/D/E
5	05/05/01	2001-06-03			1,8		1,8	2,0	Sub-Base CCR est. 318 a 323 - 326 a 337 L/D/E
6	05/05/01	2001-06-03			1,8		1,8	2,0	Sub-Base CCR est. 318 a 323 - 326 a 337 L/D/E
7	05/05/01	2001-06-03			2,0		2,0	2,1	Sub-Base CCR est. 318 a 323 - 326 a 337 L/D/E
8	2001-05-06	2001-06-04			2,5		2,5	2,2	Sub-Base CCR est. 134 a 140 - 417 a 427 L/D/E
9	2001-05-06	2001-06-04			2,5		2,5	2,2	Sub-Base CCR est. 134 a 140 - 417 a 427 L/D/E
10	2001-05-06	2001-06-04			2,7		2,7	2,5	Sub-Base CCR est. 134 a 140 - 417 a 427 L/D/E
11	2001-05-06	2001-06-04			3,7		3,7	2,5	Sub-Base CCR est. 134 a 140 - 417 a 427 L/D/E
12	2001-05-08	2001-06-05			2,0		2,0	2,5	Sub-Base CCR est. 503+15 a 517 L/D/E
13	2001-05-09	2001-06-06			2,2		2,2	2,6	Sub-Base CCR est. 490 a 503+15 L/D/E
14	2001-05-09	2001-06-06			2,5		2,5	2,6	Sub-Base CCR est. 490 a 503+15 L/D/E
15	10/05/01	2001-06-07			2,6		2,6	2,7	Sub-Base CCR est. 501 a 520 L/D/E
16	11/05/01	2001-06-08			2,8		2,8	2,7	Sub-Base CCR est. 252 a 276 L/D/E
17	11/05/01	2001-06-08			2,7		2,7	2,7	Sub-Base CCR est. 252 a 276 L/D/E
18	11/05/01	2001-06-08			2,6		2,6	2,8	Sub-Base CCR est. 252 a 276 L/D/E
19	14/05/01	2001-06-11			2,7		2,7	2,9	Sub-Base CCR est. 276 a 281 L/D/E
20	2001-05-14	2001-06-11			2,1		2,1	3,7	Sub-Base CCR est. 276 a 281 L/D/E

CONTROLE DE ACEITAÇÃO (NBR - 7583)

Resistência média a 3 dias = - Desvio Padrão (Sd)= 0,47 MPa

Resistência média a 7 dias = - Coef. de Variação = 19,58 %

Resistência média a 28 dias= 2,4

Resistência característica adotada = 2,0

OBS.: Fck. De Projeto 1,8

D E R- PE

CONTROLE ESTATÍSTICO DE CONCRETO

COTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO

Determinação da Resistência à Compressão- NBR- 5738- Pista

Lote: 5

Obra BR-232/PE

Nº da Ensaio	Data de Moldagem	Data de Ruptura	Compressão						Locais concretados
			3 dias	7 dias	28 dias				
					f - 1	f - 2	f máx.	Ordem	
1	14/05/01	2001-06-11			11,9		11,9	12,2	Sub-Base CCR est. 276 a 281 L/D/E
2	15/05/01	2001-06-12			11,6		11,6	12,2	Sub-Base CCR est. 567 a 587 L/D/E
3	15/05/01	2001-06-12			11,9		11,9	11,9	Sub-Base CCR est. 567 a 587 L/D/E
4	17/05/01	2001-06-14			11,3		11,3	11,9	Sub-Base CCR est. 442 a 457 L/D/E
5	17/05/01	2001-06-14			11,6		11,6	11,9	Sub-Base CCR est. 442 a 457 L/D/E
6	19/05/01	2001-06-16			11,9		11,9	11,9	Sub-Base CCR est. 355 a 363 L/D/E
7	19/05/01	2001-06-16			12,2		12,2	11,6	Sub-Base CCR est. 355 a 363 L/D/E
8	2001-05-26	2001-06-23			11,0		11,0	11,6	Sub-Base CCR est. 1912+12 a 1914 L/D/E
9	2001-05-27	2001-06-24			11,0		11,0	11,6	Sub-Base CCR est. 323 a 326 -374 a 381 L/D/E
10	2001-05-27	2001-06-24			11,3		11,3	11,6	Sub-Base CCR est. 323 a 326 -374 a 381 L/D/E
11	2001-05-28	2001-06-25			11,0		11,0	11,3	Sub-Base CCR est. 456 a 466 -427 a 436 L/D/E
12	2001-05-28	2001-06-25			11,9		11,9	11,3	Sub-Base CCR est. 456 a 466 -427 a 436 L/D/E
13	2001-05-28	2001-06-25			11,0		11,0	11,3	Sub-Base CCR est. 456 a 466 -427 a 436 L/D/E
14	2001-05-28	2001-06-25			12,2		12,2	11,3	Sub-Base CCR est. 456 a 466 -427 a 436 L/D/E
15	29/05/01	2001-06-26			11,0		11,0	11,0	Sub-Base CCR est. 337 a 345+10 L/D/E
16	29/05/01	2001-06-26			11,3		11,3	11,0	Sub-Base CCR est. 337 a 345+10 L/D/E
17	30/05/01	2001-06-27			11,6		11,6	11,0	Sub-Base CCR est. 436 a 441 L/D/E
18	30/05/01	2001-06-27			11,6		11,6	11,0	Sub-Base CCR est. 436 a 441 L/D/E
19	30/05/01	2001-06-27			11,3		11,3	11,0	Sub-Base CCR est. 436 a 441 L/D/E

CONTROLE DE ACEITAÇÃO (NBR - 7583)

Resistência média a 3 dias = - Desvio Padrão (Sd)= 0,41 MPa

Resistência média a 7 dias = - Coef. de Variação = 3,56 %

Resistência média a 28 dias= 11,5

Resistência característica adotada = 11,1

OBS.: Fck. De Projeto 1,8

D E R- PE

CONTROLE ESTATÍSTICO DE CONCRETO

DOSAGEM PARA CONCRETO USINADO							
CLIENTE	CONSTRUTORA O A S			USI-Nº			
OBRA	AMPLIAÇÃO DA BR-232						
ENDER.	BEZERRO -PE			DATA	27/ago/01		
	ENGº CÉSAR LEITE			TRAÇO Nº	CCR-03		
ESPECIFICAÇÕES				MATERIAIS			
APLICAÇÃO				CIMENTO	NASSAU CP II-F-32		
PAVIMENTAÇÃO				AREIA - B			
				DIAM. MÁX	4,80	M.FINURA 2,70	
CONCRETO	C.C.R			AREIA - V			
Fck	5,0 MPa			DIAM. MÁX	4,8	M.FINURA 3,00	
FC28	11,6 MPa			BRITA - 1			
FATOR a/c	1,00			DIAM. MÁX	25,4	M.FINURA 5,65	
SLUMP				BRITA - 2			
				DIAM. MÁX		M.FINURA	
				ADITIVO - 1			
				ADITIVO - 2			
ADENSAMENTO	VIBRATORIO			ADITIVO - 3			
MATERIAIS				UND.	TRAÇO UNITÁRIO	CONSUMOS POR M3	
						1	
CIMENTO	-			kg	1,00	140	0,0 0
AGREGADO	AREIA-V	-		kg	4,15	581	0,0 0
	AREIA-B			kg	2,80	392	0,0 0
	BRITA - 1	25,4		kg	8,70	1.218	0,0 0
	BRITA - 2			kg	0,00	0	0,0 0
	BRITA - 3			kg	0,00	0	0,0 0
AGUA				kg	1,00	140	0,0 0
ADITIVO 1				ml	0,00	0	0,0 0
ADITIVO 2				ml	0,00	0	0,0 0
ADITIVO 3	-			ml		-	0,0 0
OBS:							
AREIA:	PROCED. FORNEC.:						
BRITA:	PROCED. FORNEC.:						
CIMENTO:							
TECOMAT-Tecnologia da Const. e Mat. Ltda							
Engº Joaquim Correia							

DOSAGEM PARA CONCRETO USINADO

CLIENTE	CONSTRUTORA O A S	USI-N°	
OBRA	AMPLIAÇÃO DA BR-232		
ENDER.	BEZERRO -PE	DATA	10/mai/01
	ENG° ALEXANDRE MARANHÃO	TRAÇO N°	TA-01

ESPECIFICAÇÕES		MATERIAIS	
APLICAÇÃO		CIMENTO	NASSAU CP II-F-32
PLACAS DE TERRA ARMADA		AREIA - F	
		DIAM. MÁX	4,80 M.FINURA 2,80
CONCRETO	CONVENCIONAL		
Fck	30,0 MPa	DIAM. MÁX	M.FINURA
FC28	36,6 MPa	BRITA - 1	
FATOR a/c	0,48	DIAM. MÁX	19,1 M.FINURA 6,80
SLUMP	6 +/-1	BRITA - 2	
		DIAM. MÁX	32,0 M.FINURA 8,00
		ADITIVO - 1	RX 322N
		ADITIVO - 2	
ADENSAMENTO	VIBRATÓRIO	ADITIVO - 3	

MATERIAIS		UND.	TRAÇO UNITÁRIO	CONSUMOS POR M3		
				1		
CIMENTO	-	kg	1,00	384	0,0	0
AGREGADO	AREIA-F	kg	2,17	833	0,0	0
	AREIA-	kg	0,00	0	0,0	0
	BRITA - 1	19,1	kg	1,24	476	0,0
	BRITA - 2	32,0	kg	1,24	476	0,0
	BRITA - 3		kg	0,00	0	0,0
AGUA		kg	0,48	184	0,0	0
ADITIVO 1	RX 322N	ml	2,50	960	0,0	0
ADITIVO 2		ml	0,00	0	0,0	0
ADITIVO 3	-	ml		-	0,0	0

OBS:

AREIA: PROCED.
FORNEC.:
BRITA: PROCED.
FORNEC.:
CIMENTO:

TECOMAT-Tecnologia da Const. e Mat. Ltda
Eng° Joaquim Correia

DOSAGEM PARA CONCRETO USINADO

CLIENTE	CONSTRUTORA O A S	USI-Nº	
OBRA	AMPLIAÇÃO DA BR-232		
ENDER.	BEZERRO -PE	DATA	25/abr/01
	ENGº ALEXANDRE MARANHÃO	TRAÇO Nº	TG 01

ESPECIFICAÇÕES

MATERIAIS

APLICAÇÃO		CIMENTO	NASSAU CP II-F32
GERAL		AREIA - F	
		DIAM. MÁX	4,80 M.FINURA 2,80
CONCRETO	CONVENCIONAL		
Fck	25,0 MPa	BRITA - 1	
		DIAM. MÁX	19,1 M.FINURA 6,80
Fc28	31,6 MPa	BRITA - 2	
		DIAM. MÁX	32,0 M.FINURA 8,00
FATOR a/c	0,55		
SLUMP	8 +/-1	BRITA - 3	
		DIAM. MÁX	M.FINURA
		ADITIVO - 1	RX-722CB
		ADITIVO - 2	
ADENSAMENTO	VIBRATÓRIO	ADITIVO - 3	

MATERIAIS		UND.	TRAÇO UNITÁRIO	CONSUMOS POR M3		
				1		
CIMENTO	-	kg	1,00	329	0,0	0
AGREGADO	AREIA-	kg	2,43	799	0,0	0
	AREIA-	kg	0,00	0	0,0	0
	BRITA - 1	kg	1,58	520	0,0	0
	BRITA - 2	kg	1,58	520	0,0	0
	BRITA - 3	kg	0,00	0	0,0	0
ÁGUA		kg	0,55	181	0,0	0
ADITIVO 1	RX-722CB	ml	2,50	823	0,0	0
ADITIVO 2		ml	0,00	0	0,0	0
ADITIVO 3	-	ml		-	0,0	0

OBS:

AREIA: PROCED.
FORNEC.:
BRITA: PROCED.
FORNEC.:
CIMENTO:

TECOMAT-Tecnologia da Const. e Mat. Ltda
Engº Joaquim Correia

DOSAGEM PARA CONCRETO USINADO

CLIENTE	CONSTRUTORA O A S	USI-Nº	
OBRA	AMPLIAÇÃO DA BR-232		
ENDER.	BEZERRO -PE	DATA	25/abr/01
	ENGº ALEXANDRE MARANHÃO	TRAÇO Nº	TG 03

E S P E C I F I C A Ç Õ E S		M A T E R I A I S			
APLICAÇÃO		CIMENTO	NASSAU CP II-F32		
GERAL		AREIA - F			
		DIAM. MÁX	4,80	M.FINURA	2,80
CONCRETO	CONVENCIONAL	BRITA - 1			
Fck	20,0 MPa	DIAM. MÁX	19,1	M.FINURA	6,80
Fc28	26,6 MPa	BRITA - 2			
FATOR a/c	0,58	DIAM. MÁX	32,0	M.FINURA	8,00
SLUMP	8 +/-1	BRITA - 3			
		DIAM. MÁX		M.FINURA	
ADENSAMENTO	VIBRATORIO	ADITIVO - 1	RX-722CB		
		ADITIVO - 2			
		ADITIVO - 3			

M A T E R I A I S		UND.	TRAÇO UNITÁRIO	CONSUMOS POR M3		
				1		
CIMENTO	-	kg	1,00	319	0,0	0
AGREGADO	AREIA-	kg	2,77	884	0,0	0
	AREIA-	kg	0,00	0	0,0	0
	BRITA - 1	kg	1,33	424	0,0	0
	BRITA - 2	kg	1,33	424	0,0	0
	BRITA - 3	kg	0,00	0	0,0	0
ÁGUA		kg	0,58	185	0,0	0
ADITIVO 1	RX-722CB	ml	2,50	798	0,0	0
ADITIVO 2		ml	0,00	0	0,0	0
ADITIVO 3		ml		-	0,0	0

OBS:

AREIA: PROCED.
FORNEC.:

BRITA: PROCED.
FORNEC.:

CIMENTO:

TECOMAT-Tecnologia da Const. e Mat. Ltda
Engº Joaquim Correia

DOSAGEM PARA CONCRETO USINADO

CLIENTE	CONSTRUTORA O A S		USI-Nº	
OBRA	AMPLIAÇÃO DA BR-232			
ENDER.	BEZERRO -PE		DATA	25/abr/01
	ENGº ALEXANDRE MARANHÃO		TRAÇO Nº	TG 05
ESPECIFICAÇÕES			MATERIAIS	
APLICAÇÃO			CIMENTO	NASSAU CP II-F32
GERAL			AREIA - F	
			DIAM. MÁX	4,80 M.FINURA 2,80
CONCRETO BOMBEADO			BRITA - 1	
Fck	25,0	MPa	DIAM. MÁX	19,1 M.FINURA 6,80
Fc28	31,6	MPa	BRITA - 2	
FATOR a/c	0,55		DIAM. MÁX	M.FINURA
SLUMP	10 +/-2		BRITA - 3	
			DIAM. MÁX	M.FINURA
			ADITIVO - 1	RX-722CB
			ADITIVO - 2	
			ADITIVO - 3	
ADENSAMENTO VIBRATÓRIO				

MATERIAIS		UND.	TRAÇO UNITÁRIO	CONSUMOS POR M3			
				1			
CIMENTO	-	kg	1,00	357	0,0	0	
AGREGADO	AREIA-	kg	2,43	868	0,0	0	
	AREIA-	kg	0,00	0	0,0	0	
	BRITA - 1	19,1	kg	2,52	900	0,0	0
	BRITA - 2		kg	0,00	0	0,0	0
	BRITA - 3		kg	0,00	0	0,0	0
ÁGUA		kg	0,55	196	0,0	0	
ADITIVO 1	RX-722CB	ml	2,50	893	0,0	0	
ADITIVO 2		ml	0,00	0	0,0	0	
ADITIVO 3	-	ml		-	0,0	0	

OBS:

AREIA: PROCED.
FORNEC.:
BRITA: PROCED.
FORNEC.:
CIMENTO:

TECOMAT-Tecnologia da Const. e Mat. Ltda
Engº Joaquim Correia

DOSAGEM PARA CONCRETO USINADO

CLIENTE	CONSTRUTORA O A S	USI-Nº	
OBRA	AMPLIAÇÃO DA BR-232		
ENDER.	BÉZERRA -PE	DATA	10/mai/01
	ENGº ALEXANDRE MARANHÃO	TRAÇO Nº	TG 05A

ESPECIFICAÇÕES		MATERIAIS	
APLICAÇÃO		CIMENTO	NASSAU CP II-F32
LOCAL-PONTES/VIADUTOS		AREIA- F	
		DIAM. MÁX	4,80 M.FINURA 2,80
CONCRETO	BOMBEADO	BRITA - 1	
Fck	25,0 MPa	DIAM. MÁX	19,1 M.FINURA 6,80
Fc28	31,6 MPa	BRITA - 2	
FATOR a/c	0,47	DIAM. MÁX	M.FINURA
SLUMP	10 +/-2	BRITA - 3	
		DIAM. MÁX	M.FINURA
		ADITIVO - 1	RX-722R
		ADITIVO - 2	SICA FIX
ADENSAMENTO	VIBRATÓRIO	ADITIVO - 3	

MATERIAIS		UND.	TRAÇO UNITÁRIO	CONSUMOS POR M3		
				1		
CIMENTO	-	kg	1,00	357	0,0	0
AGREGADO	AREIA-	kg	2,43	868	0,0	0
	AREIA-	kg	0,00	0	0,0	0
	BRITA - 1	kg	2,52	900	0,0	0
	BRITA - 2	kg	0,00	0	0,0	0
	BRITA - 3	kg	0,00	0	0,0	0
ÁGUA		kg	0,47	168	0,0	0
ADITIVO 1	RX-722R	ml	2,50	893	0,0	0
ADITIVO 2	SICA FIX	ml	0,12	43	0,0	0
ADITIVO 3	-	ml		-	0,0	0

OBS:

AREIA: PROCED.
FORNEC.:
BRITA: PROCED.
FORNEC.:
CIMENTO:

TECOMAT-Tecnologia da Const. e Mat. Ltda
Engº Joaquim Correia

10.0 – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

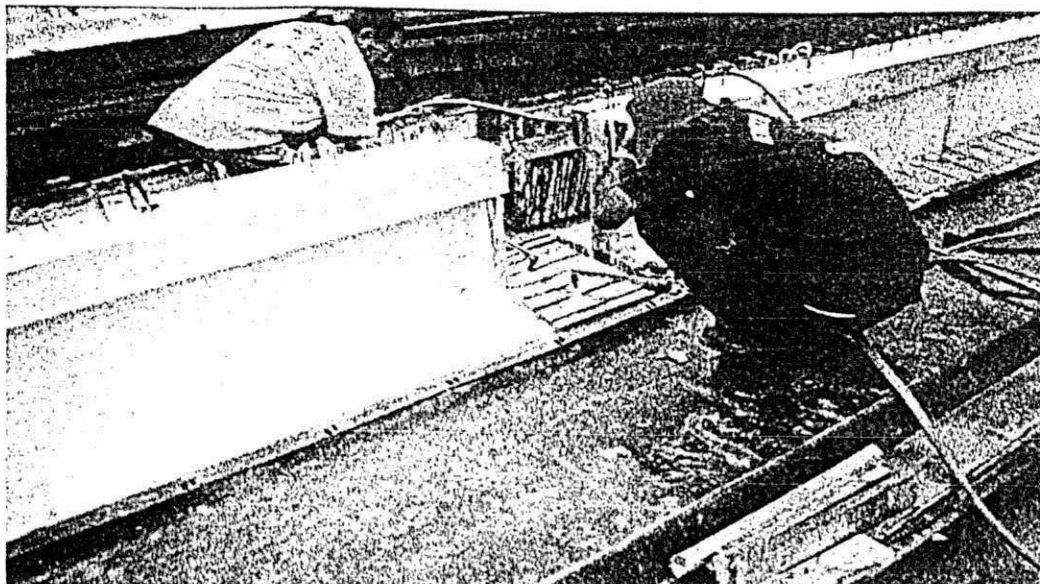


FOTO 01 - Detalhe da operação de corte das CORDOALHAS das vigas no canteiro de obra.

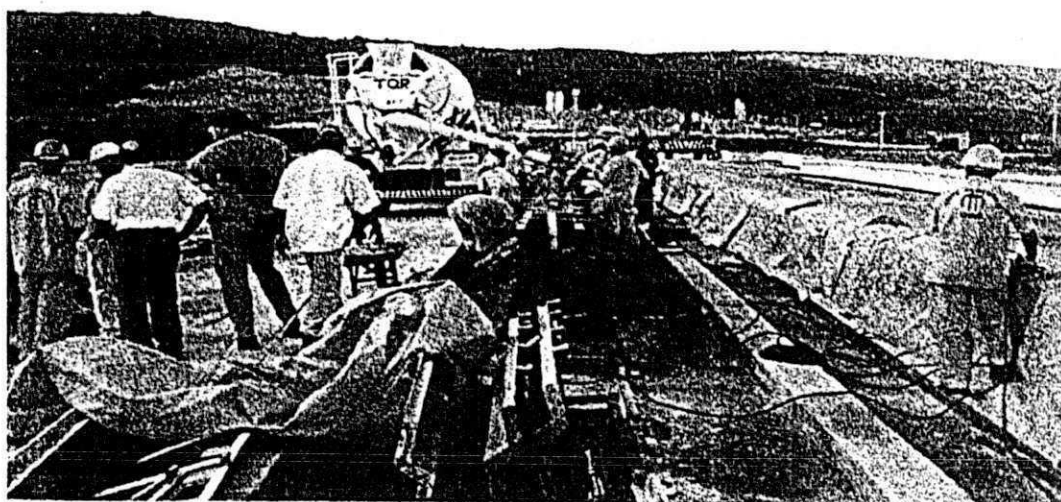


FOTO 02 - Detalhe da concretagem das vigas no canteiro central.

DER/PE

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

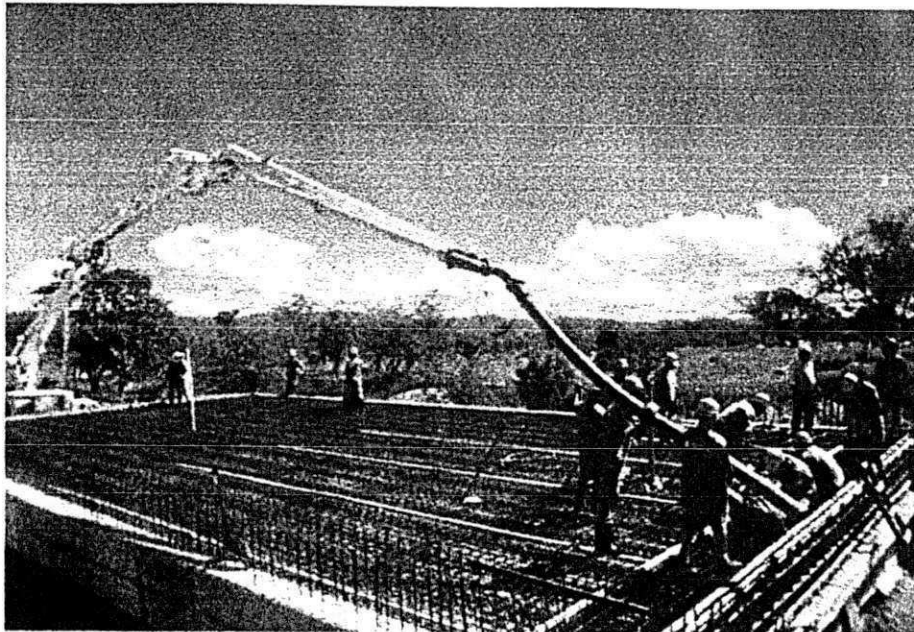


FOTO 03 - Detalhe da concretagem do Viaduto sobre o Rio bitonho na estaca 2180.

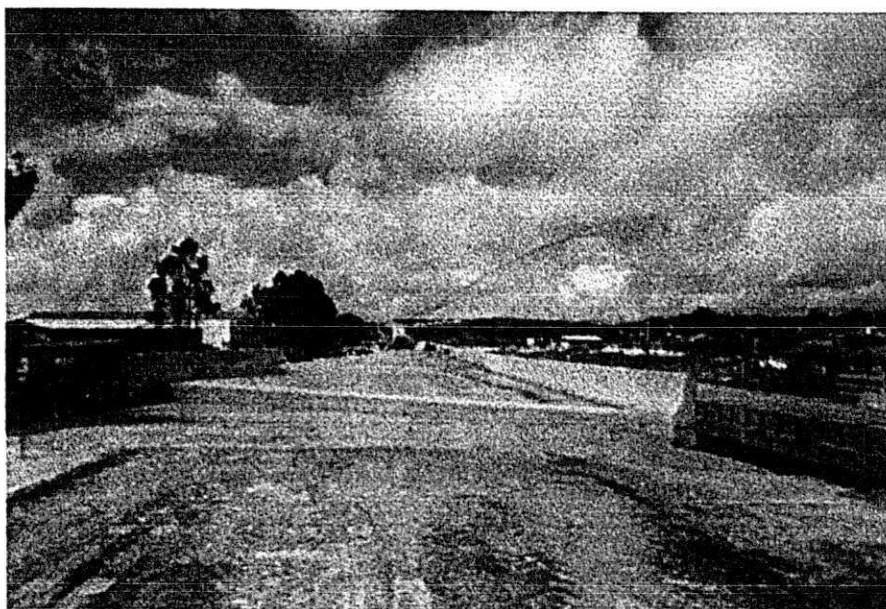


FOTO 04 - Vista geral da pista nova sobre linha da RFFSA Ina estaca 285.

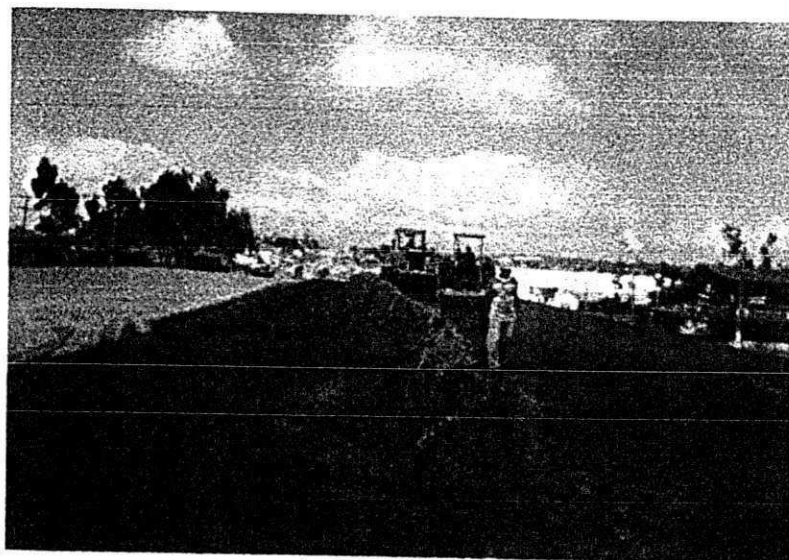


FOTO 05 - Execução do corpo de aterro no Viaduto sobre passagem inferior de Gravatá na estaca 400.

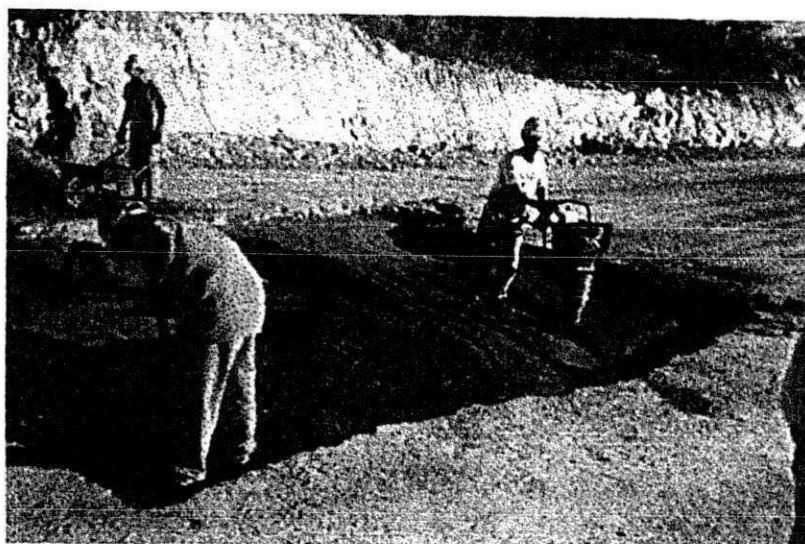


FOTO 06 - Detalhe de borrachudo na estaca 155.

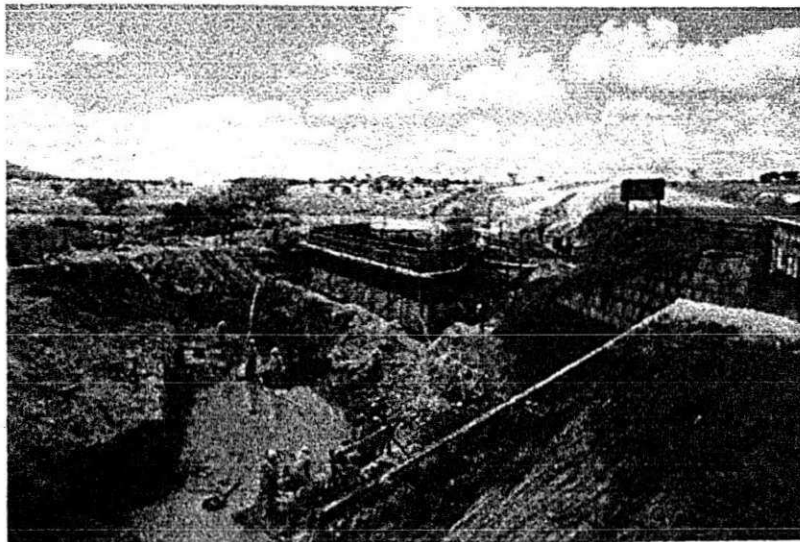


FOTO 07 - Detalhe da armação dos painéis para a concretagem da Ponte sobre o Riacho do mel na estaca 1159.



FOTO 08 - Detalhe do fechamento de uma das camadas do corpo de aterro no Viaduto sobre passagem inferior de Gravatá na estaca 400.



FOTO 09 - Detalhe da execução da Terra Armada sobre passagem inferior de Gravatá na estaca 400.

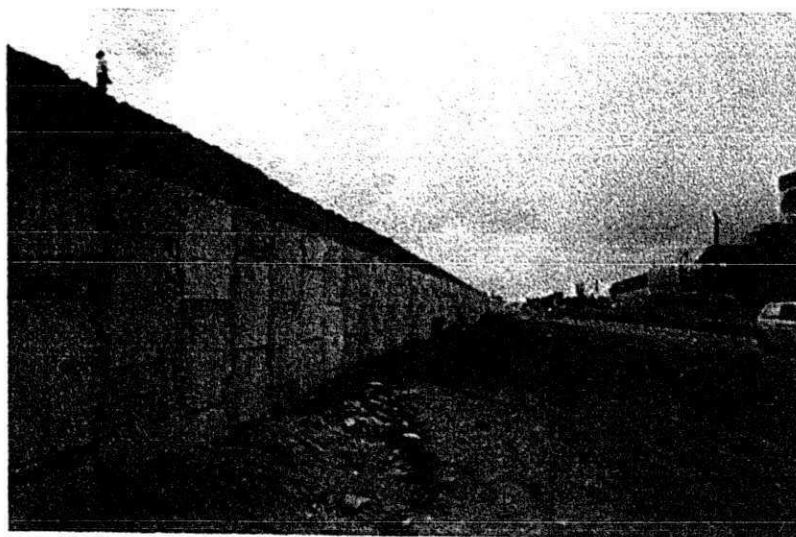


FOTO 08 - Detalhe do murro de arrimo do viaduto de Gravatá na estaca 400.

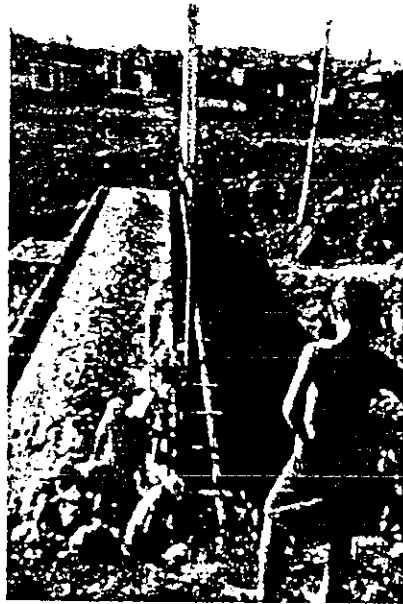


FOTO 11 - Detalhe da concretagem do bueiro simples de placas na estaca 480.

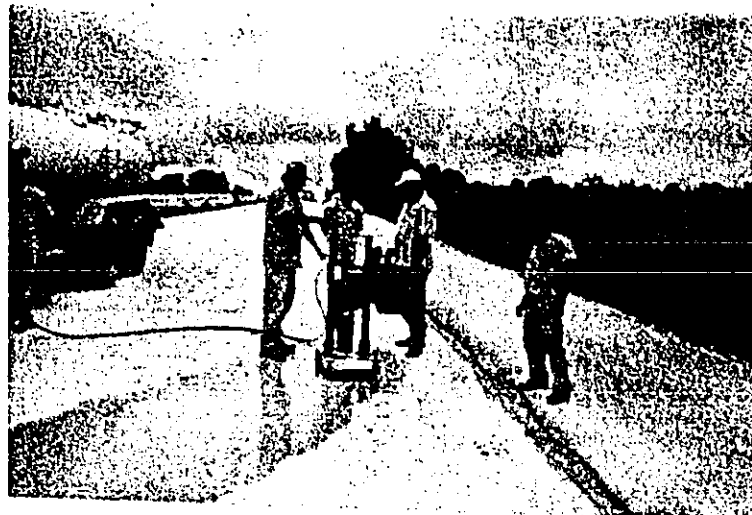


FOTO 12- Detalhe da retirada de testemunho para ensaios de compressão e tração na flexão na estaca 185.

DER/PE

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



FOTO 01 - Detalhe da execução do CCR na estaca 780.

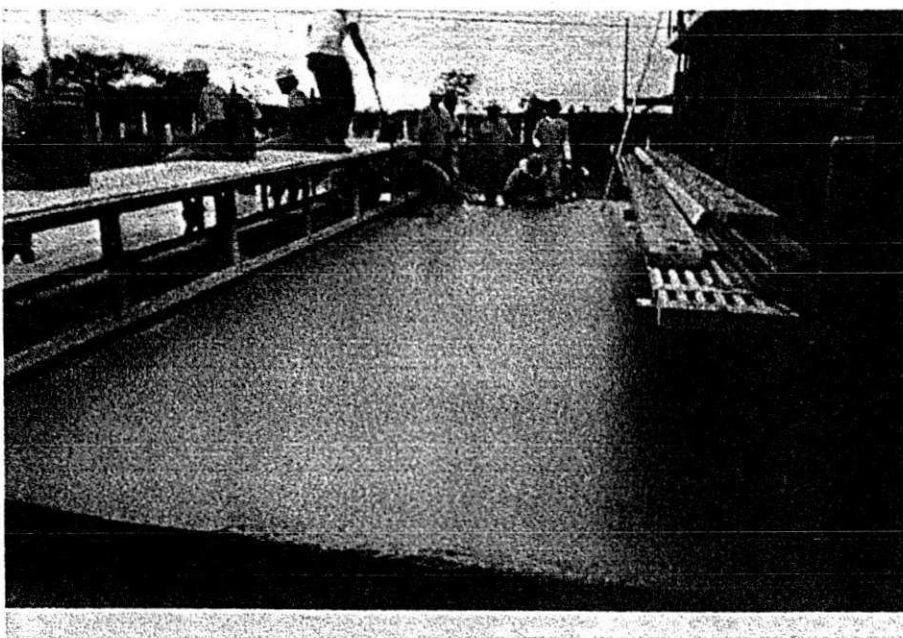


FOTO 02- Detalhe da aplicação do produto químico Master Curi na estaca725.

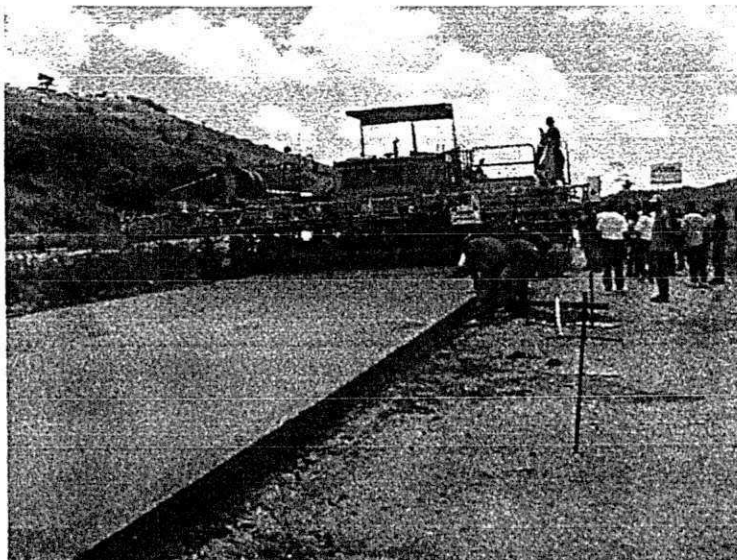


FOTO 15 - Detalhe da Pavimentadora modelo SF 3002
CMI/CIFALI.



FOTO 16- Detalhe da máquina texturizadora.

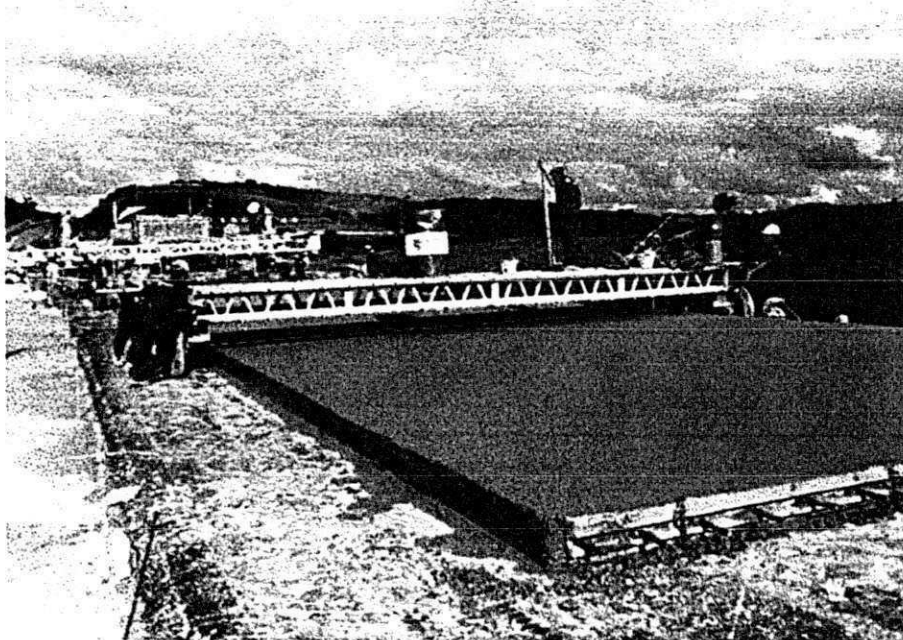


FOTO 17 - Detalhe das barras de transferência, do acabamento e testurização da superfície das placas..



FOTO 18- Vista aérea da rodovia BR-232/PE.

11.0 - CONCLUSÃO

A oportunidade de realização de estágio Supervisionado nas Obras de Duplicação e Restauração da Rodovia BR-232/PE, trecho: Recife-Caruaru, com 129,0 Km de extensão, um dos mais importantes empreendimentos rodoviários hoje em execução no país, foi de fundamental importância para a complementação de minha formação acadêmica, uma vez que me permitiu acesso direto a todo o processo necessário à implantação de obra de tal porte, tais como: filosofia adotada, organização, plano de ataque dos serviços, diretrizes básicas, logística e controle de qualidade. É importante ressaltar que duas tecnologias usadas nos serviços da rodovia me chamaram bastante atenção; são elas:

X

- A concretagem de placas de concreto do pavimento com máquina pavimentadora modelo SF 3002 CMI/CIFALI, que revolucionou e otimizou o método de concretagem e permitiu assim uma produção média de 450m /dia em toda a largura da pista de rolamento, 7,20m;
- A execução dos aterros de acesso ao viaduto sobre a passagem inferior de Gravatá em Terra Armada, uma tecnologia francesa, que tem encontrado boa aplicação no Brasil, em locais onde há a necessidade de contenção das saís dos aterros.

X

O estágio possibilitou-me conhecer as técnicas construtivas dos diversos serviços inerentes a implantação de uma rodovia, bem como, a oportunidade de relacionar-me com técnicos das mais variadas especialidades.

A experiência adquirida durante o estágio foi muito rica, tendo contribuído inicialmente para consolidar o aprendizado em sala de aula.

É de suma importância que a Universidade estimule e encontre meios para que todos os alunos possam passar por uma experiência de estágio supervisionado uma vez que o binômio escola-empresa oferece a oportunidade de colocar no mercado um profissional melhor preparado.

12.0 – BIBLIOGRAFIA

- PONTES FILHO, G. – Estradas de Rodagem: Projeto Geométrico. 1 ed, editora: Saraiva, São Carlos,1998.
- DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) – Diretrizes Básicas para a Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários. Rio de Janeiro, 1999.
- PINTO, S. – Apostila de Materiais Pétreos e Concreto Asfáltico, 1996,IME/RJ.
- DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) – Manual de Drenagem Rodoviária. Rio de Janeiro,1990.

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho foi necessário a colaboração dos Engenheiros da JBR Engenharia Ltda. José Aguinaldo Pereira de Melo, Flávio Eduardo Alves de Oliveira, Pedro Otávio, Silvano Queiroga e Aroldo Moreira, e também, dos laboratoristas da Construtora OAS e inspetores de campo da JBR.

Agradecimentos aos professores José Afonso Gonçalves de Macêdo e Ricardo Correia Lima, e de forma especial, ao mestre, amigo e irmão Pedro Pereira Cavalcante Filho (grande incentivador).