

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA-UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA-CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

ALUNO:

RODRIGO AGRA PEREIRA DE SÁ

MAT:

29811272

PERÍODO:

00.2

**RELATÓRIO
ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

SAPIENTIA AEDIFICAT

Campina Grande. Maio de 2001



Biblioteca Setorial do CDSA. Agosto de 2021.

Sumé - PB

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Área de Estágio : Pavimentação

Orientador : Ricardo Correia Lima

Co-Orientador : José Afonso Gonçalves de Macêdo

Supervisor : Gentil Felizola Lins de Araújo

Examinador : Raimundo Leidimar Bezerra

Coordenadora : Maria Constância Ventura Crispim Muniz

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

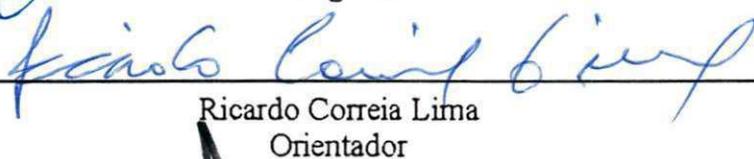
Entidade concedente : Departamento de Estradas e Rodagem da Paraíba (DER-PB)

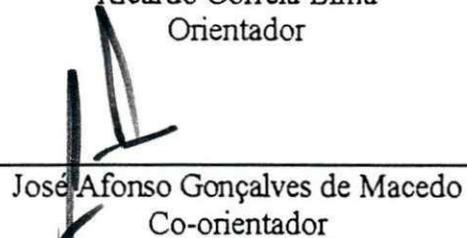
Endereço : Av. José Américo de Almeida, s/n, João Pessoa – Paraíba

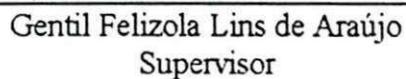
Campina Grande
Maio de 2001

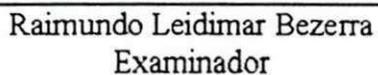
RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO


Rodrigo Agra Pereira de Sá
Estagiário


Ricardo Correia Lima
Orientador


José Afonso Gonçalves de Macedo
Co-orientador


Gentil Felizola Lins de Araújo
Supervisor


Raimundo Leidimar Bezerra
Examinador

Campina Grande
Maio de 2001

Apresentação

Transmitir a importante experiência adquirida no estágio da duplicação da BR-230, trecho Campina Grande – Entrada de Ingá, com ênfase aos materiais terrosos trabalhados na obra, a descrição de projetos e aos ensaios de campo, foi o que conduziu para o preparo deste relatório.

Com relação a aplicação dos materiais terrosos na obra de uma camada de pavimento, desenvolveu-se os seguintes temas:

- Ensaio de caracterização;
- Classificação;
- Compactação;
- Exploração de jazidas;
- Transporte de materiais;
- Topografia.

Já na descrição dos projetos, enfatizou-se nos Projetos de sinalização e de Proteção Ambiental.

O estágio foi oficializado através da Universidade Federal da Paraíba - UFPB e o Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba –DER-PB, no período de 20 de Março à 31 de julho de 2000.

Sumário

INTRODUÇÃO.....	5
PARTE A.....	7
1 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO PARA SOLOS.....	7
1.1 PREPARO DAS AMOSTRAS.....	7
1.2 TEOR DE UMIDADE.....	8
1.3 PESO ESPECÍFICO APARENTE.....	8
1.4 DENSIDADE REAL DOS GRÃOS SÓLIDOS.....	9
1.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS.....	9
1.5.1 Análise granulométrica por peneiramento;.....	10
1.5.2 Análise granulométrica por sedimentação;.....	10
1.6 LIMITES DE CONSISTÊNCIA DOS SOLOS.....	11
1.6.1 Limite de liquidez.....	11
1.6.2 Limite de plasticidade.....	12
1.6.3 Limite de contração.....	12
1.7 SOLOS TROPICAIS.....	12
2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS.....	13
2.1 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA – UNIFIED SOIL CLASSIFICATION (USC).....	14
2.2 CLASSIFICAÇÃO DO HIGHWAY RESEARCH BOARD, H.R.B.	16
2.3 SOLOS TROPICAIS.....	17
2.3.1 Classificação MCT – Mini Compacto Tropical (Nogami e Villibor, 1981).....	18
2.3.2 Classificação Resiliente (Medina e Pressler, 1980).....	18
3 COMPACTAÇÃO DOS SOLOS.....	18
3.1 CONCEITUAÇÃO.....	18
3.2 FATORES QUE INFLUÊNCIA NA COMPACTAÇÃO.....	19
3.2.1 A Natureza do solo.....	19
3.2.2 O método de compactação.....	19
3.2.3 A energia específica.....	19
3.2.4 A quantidade de água do solo.....	20
3.2.5 O sentido em que se escorra a escala de umidade ao efetuar a compactação.....	20
3.2.6 A quantidade de água original do solo.....	21
3.2.7 A recompactação.....	21
3.2.8 A temperatura.....	21
3.2.9 Outros fatores.....	21
3.3 MÉTODOS DE COMPACTAÇÃO.....	22
3.3.1 De laboratório.....	22
3.3.1.1 Ensaios dinâmicos.....	22
3.3.1.2 Ensaios Estáticos.....	25
3.3.1.3 Por amassamento.....	25
3.3.1.4 Por vibração.....	26
3.3.1.5 Ensaios especiais.....	26
3.3.2 De campo.....	26

3.3.2.1	Compactação por amassamento. Rolo pata-de-cabra ou pé-de-carneiro.	27
3.3.2.2	Compactação por pressão. Rolos lisos e pneumáticos. Rolos lisos	28
3.3.2.3	Rolos de pneumáticos	28
3.3.2.4	Compactação por impacto. Sapo Mecânico.	30
3.3.2.5	Compactação por vibração. Rolos vibratórios	30
3.3.2.6	Compactação pela combinação dos anteriores (Métodos Mistos)	31
3.3.2.6.1	Rolo de grelha	31
3.3.2.6.2	Rolos pneumáticos vibratórios	32
3.3.2.6.3	Placas vibratórias	32
3.3.2.6.4	Rolos de rodas lisas de 3 rodas equipados com 3 placas vibratórias	32
3.3.2.6.5	Rolos combinados do tipo tandem	32
3.3.2.6.6	Rolo combinado de roda lisa e pneumático	32
3.3.2.6.7	Rolo tandem de 3 eixos com rolo central do tipo vibratório	32
3.3.2.6.8	Rolo vibratório pé-de-carneiro	33
3.3.2.6.9	Rolos de rodas segmentadas	33
3.3.2.6.10	Rolo pé-de-carneiro do tipo autopropulsor	33
4	EXPLORAÇÃO DE JAZIDAS	33
4.1	PROSPECÇÃO	34
5	TRANSPORTE DE MATERIAIS	35
6	TOPOGRAFIA	38
6.1	NIVELAMENTO GEOMÉTRICO	38
6.1.1	Conceito	38
6.1.2	Equipamentos	38
6.1.2.1	O Nivel	39
6.1.2.2	A Mira	39
6.1.3	Prática do nivelamento	40
	PARTE B	43
7	PROJETO DE SINALIZAÇÃO	43
7.1	SINALIZAÇÃO VERTICAL	43
7.2	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	44
7.3	DISPOSITIVOS AUXILIARES	44
7.3.1	Tachas e Tachões	44
7.3.2	Balizadores	45
7.4	SEGURANÇA RODOVIÁRIA	46
8	PROTEÇÃO AMBIENTAL	47
8.1	ARBORIZAÇÃO	47
8.2	HORTO FLORESTAL	50
8.3	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	50
8.3.1	Obtenção e Armazenamento de Sementes	50
8.3.2	Produção de Composto Orgânico	51
8.3.3	Produção de Mudanças	51

8.3.4 Espécies Vegetais recomendadas	51
8.4 QUEIMADAS	51
8.4.1 Impactos negativos de natureza física.....	52
8.4.2 Impactos negativos de natureza biológica.....	52
8.4.3 Impactos negativos de natureza antrópica.....	52
EXPLANAÇÕES FINAIS SOBRE A OBRA.....	54
CONCLUSÃO.....	57
BIBLIOGRAFIA	58
ANEXOS.....	59

Introdução

“O solo é o mais antigo, mais usado, mais complexo e mais desconhecido dos materiais de construção.” (FONTE)

Não é uma tarefa fácil definir solo, pois cada uma das atividades humanas ou científicas que necessitam de seu estudo o faz de um ponto de vista específico, variando de uma para a outra o conceito do que a palavra representa.

Uma definição que, de certa forma, atenderia a todas as aplicações seria: “Solo é uma formação natural, de estrutura solta e removível e de espessura variável, resultante da transformação de uma rocha mãe, pela influência de diversos processos físicos, físico-químicos e biológicos.” (FONTE)

Com a instituição dos fundamentos da Mecânica dos Solos, esse material deixou de ser, de vez, apenas algo que, por existir no planeta em volume praticamente infinito, deveria ser escavado ou depositado quando se pretendesse reduzir o nível do terreno ou elevá-lo.

Os estudos de solos têm vasto campo de emprego na Engenharia Civil, bastando dizer que não há obra sem a respectiva fundação. A pesquisa de materiais de suporte para barragens, edifícios e pavimentos de estradas e aeroportos procura analisar a compatibilidade entre os esforços solicitantes e o terreno de fundação. Embora, no campo dos pavimentos, já se tenha dito que “felizmente, pavimento não cai”, os estudos visam manter a estabilidade diante das cargas dinâmicas, repetidas milhares e milhões de vezes, produzindo ruptura por fadiga.

Quando se deseja utilizar o solo como material componente, por exemplo de uma camada de pavimento, este guinda à condição de material de construção e, assim, deve merecer estudos prévios de qualidade e controles rigorosos durante a aplicação. Os estudos para a localização de jazidas e os complementares de estabilização, quer utilizando aglutinantes, quer pela simples e conveniente distribuição dos diâmetros dos grãos, representam hoje, em nosso meio, uma das mais importantes atividades de pesquisas, dada as inegáveis vantagens econômicas do uso de crescente de materiais locais.

Com relação ao projeto de sinalização, o mesmo obedece as instruções contidas nos Manuais de Sinalização do DENATRAN (Resolução nº599/82-Sinalização Vertical e Resolução nº666/86-Sinalização Horizontal), cujos textos, juntamente com o do Código de Trânsito Brasileiro, são considerados como parte integrante do projeto, regendo as questões referentes à classificação,

forma, cor, dimensões, símbolos, palavras, letras, localização e posição dos sinais, marcas e acessórios.

Da mesma forma, o projeto de proteção ambiental segue instruções, este porém, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

Parte A

1 Ensaios de caracterização para solos

Para caracterização dos solos são necessários, basicamente, os seguintes ensaios:

- Teor de umidade;
- Peso específico aparente;
- Densidade real dos grãos sólidos;
- Composição granulométrica, por peneiramento e sedimentação;
- Limites de consistência (liquidez, plasticidade e contração).

Estes ensaios permitirão a classificação dos solos e, conseqüentemente, uma previsão do seu comportamento nos demais ensaios e também na obra.

É norma a obrigatoriedade da execução dos ensaios de caracterização em todas as amostras submetidas a outros tipos de ensaios.

Em outras situações, é efetuado a caracterização na totalidade das amostras coletadas, para permitir a extensão, a um horizonte de solo, das propriedades determinadas através de ensaios em amostras pontuais.

1.1 Preparo das amostras

A preparação das amostras compõe, basicamente, de cinco etapas:

- Secagem parcial das amostras;
- Destorroamento;
- Quarteamento;
- Pesagem;
- Peneiramento.

No Brasil, dispõe-se dos seguintes documentos normativos para realização do preparo das amostras:

DNER ME 041/94 - Preparação de amostras para ensaios de caracterização.

ABNT MB-27 (NBR-6457) Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

1.2 Teor de umidade

A relação, expressa em percentagem entre o peso da água existente numa certa massa de solo e o peso das partículas sólidas, denomina-se *teor de umidade*.

$$h = \left(\frac{P_a}{P_s} \cdot 100 \right) \%$$

Os métodos para determinação do teor de umidade podem ser:

No laboratório, por meio da secagem do solo em estufa;

Este método é preciso para determinação do teor de umidade e o mais executado em laboratório, pois além de ser utilizado na determinação do teor de umidade do solo "in situ" (teor de umidade natural) utilizando amostras preparadas para esta finalidade, é ainda parte integrante de ensaios que objetivam a determinação de outros parâmetros do solo tais como, os limites de consistência e ensaio de compactação.

Estes ensaios são realizados obedecendo a Norma rodoviária:

DNER-ME 213/94- Solos - Determinação do teor de umidade.

No campo, através do aparelho "Speed";

Neste método a umidade é determinada pela pressão do gás resultante da reação da água contida na amostra e o carbureto de cálcio que se introduz no aparelho específico do ensaio.

Estes ensaios são realizados obedecendo a Norma rodoviária:

DNER-ME 052/94- Solos- Determinação da umidade com emprego do "Speed"

No campo, através de secagem com álcool;

Neste método a água do solo é eliminada pela queima do álcool etílico lançado no solo. Trata-se de um processo precário, que deve ser utilizado somente com a devida autorização do fiscal.

Estes ensaios são realizados obedecendo a Norma rodoviária:

DNER-ME 088/94- Solos- Determinação da umidade pelo método expedido do álcool

1.3 Peso específico aparente

A relação entre a massa de uma amostra solo e o seu volume, incluindo os vazios entre suas partículas, denomina-se *peso específico aparente*.

1.4 Densidade real dos grãos sólidos

A Densidade real dos grãos de uma amostra de solo, que passa na peneira nº 4 (0,475 mm), representa a relação entre a massa de um dado volume de partículas sólidas e a massa de igual volume de água.

A maioria dos solos inorgânicos apresentam a densidade real dos grãos sólidos variando entre 2,60 e 2,80.

Estes ensaios são realizados obedecendo a Norma rodoviária:

DNER-ME 093/94- Solos- Determinação da densidade real

1.5 Análise granulométrica dos solos

Um solo apresenta em sua composição partículas de várias formas, tamanhos e quantidades.

A *análise granulométrica* divide estas partículas em grupos pelas suas dimensões (frações de solo) e determina suas proporções relativas ao peso total da amostra.

Para representar a distribuição dos grãos numa amostra de solo, recorre-se, geralmente, a uma distribuição relativa acumulada.

Com isso, traça-se a curva de distribuição granulométrica, marcando a percentagem de material com dimensões menores do que uma determinada dimensão, versus essa dimensão de partícula numa escala logarítmica.

A posição da curva na escala, a declividade, o achatamento e a forma em geral, informam características importantes do solo, como: a granulação (fina ou grossa) e a distribuição dos grãos pelos diversos diâmetros.

Na prática da engenharia geotécnica, os resultados das análises granulométrica dos solos são extremamente importante na solução de várias situações, como:

- Seleção do material para aterro;
- Materiais para pavimentos rodoviários;
- Materiais para filtros;
- Drenagem do terreno;
- Injeção no terreno (obras de melhoramento do solo).

Para obtenção da distribuição granulométrica dos solos, existem dois processos distintos:

- Análise granulométrica por peneiramento;
- Análise granulométrica por sedimentação.

1.5.1 Análise granulométrica por peneiramento;

A análise granulométrica por peneiramento, aplica-se a solos contendo pequena quantidade de material passando na peneira nº 200, desde que não haja interesse em se conhecer a distribuição granulométrica da porção que passa nesta peneira.

O processo consiste em passar a amostra num conjunto de peneiras, empilhadas em ordem decrescente da abertura da malha, e em seguida pesar o material retido em cada peneira.

No Brasil, encontram-se os seguintes documentos normativos:

DNER-ME 080/94 Solo - Análise granulométrica de solos por peneiramento.

ABNT EB-22/88 Peneiras para ensaio.

1.5.2 Análise granulométrica por sedimentação;

A análise granulométrica por sedimentação, objetiva definir a curva granulométrica dos solos que são muito finos para serem ensaiados por peneiramento.

Nesta análise, as partículas são separadas por seus diâmetros usando o processo físico da sedimentação, descrito pela lei de Stokes(1891). Os diâmetros dos grãos menores do que a peneira N°200, siltes e argilas, são calculados pelas alturas de queda das partículas e a porcentagem dos mais finos são determinados, medindo-se o peso específico da suspensão solo-água.

Então, a análise por sedimentação fornece a distribuição das partículas menores que #0,075mm (passando na peneira N°200). Entretanto, um solo pode conter partículas abrangendo uma gama muito ampla de diâmetros, exigindo uma combinação dos métodos de peneiramento e sedimentação para a obtenção de sua curva granulométrica.

As normas disponíveis nas quais descrevem os procedimentos necessários à execução de uma análise granulométrica combinada, são:

DNER-ME 051/94 Solos - Análise granulométrica

ABNT MB - 32/88 (NBR 7181) Solo - Análise granulométrica

1.6 Limites de consistência dos solos

O termo consistência é usado para descrever um estado físico, isto é, o grau de ligação entre as partículas. Quando aplicado aos solos finos ou coesivos, a consistência está ligada a quantidade de água existente no solo, ou seja, ao seu teor de umidade.

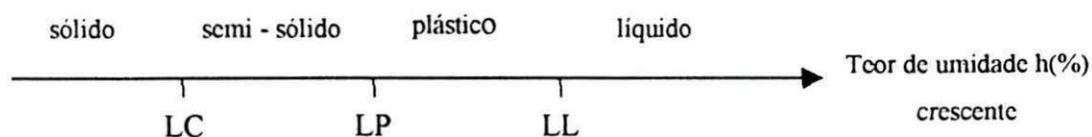
As propriedades mecânicas dos solos são profundamente alterada na presença de água, ocorrendo desta forma mudanças no seu estado físico.

As transições de um estado físico para o seguinte não se fazem de forma abrupta, mas gradualmente. Para caracteriza-las, foi necessária a criação de procedimentos empíricos pelos quais se determinam teores de umidade que representam os limites de consistência.

Na prática da engenharia geotécnica, os limites observado no comportamento dos podem ser descritos como:

- Limite de liquidez (LL);
- Limite de plasticidade (LP);
- Limite de contração (LC).

Figura 01- Variação do estado de consistência.



1.6.1 Limite de liquidez

O limite de liquidez refere-se ao teor de umidade na qual se unem, em um centímetro de comprimento, os bordos inferiores de uma canelura, aberta por um cinzel de dimensões padronizadas, em uma massa de solo colocada em um aparelho (concha de Casagrande) sob o impacto de 25 golpes.

No Brasil, encontram-se os seguintes documentos normativos:

DNER-ME 044/94- Solos- Limite de liquidez dos solos

ABNT - MB030

1.6.2 Limite de plasticidade

O limite de plasticidade refere-se ao teor de umidade no qual o solo começa a quebrar em pequenas peças, quando enrolado em bastões de 3mm de diâmetro. Assim o limite de plasticidade é o menor teor de umidade em que o solo se comporta plasticamente.

No Brasil, encontram-se os seguintes documentos normativos:

DNER-ME 082/94- Solos- Determinação do limite de plasticidade

ABNT - MB031 (NBR 7180)

1.6.3 Limite de contração

O limite de contração refere-se ao teor de umidade no qual qualquer perda de umidade não provocará uma diminuição de volume da amostra.

No Brasil, encontram-se os seguintes documentos normativos:

DNER-ME 087/94- Solos- Determinação dos fatores de contração

ABNT - MB055/82 (NBR 7183)

1.7 Solos tropicais

Para solos tropicais desenvolveu-se uma sistemática nova de caracterização prévia. Nesta são avaliadas a *deformidade* através da contração diametral, *resistência* através da penetração de um cone e *permeabilidade* através do tempo para ascensão capilar d'água e capacidade de reabsorção d'água.

A engenharia rodoviária brasileira tem encontrado dificuldades para a diferenciação preliminar de tipos básicos de solos tropicais quanto ao seu comportamento geotécnico, sendo as duas classes principais de comportamento laterítico e comportamento não laterítico.

Enfatiza-se que a identificação de solos no campo e no laboratório é o primeiro e mais essencial passo na investigação para o uso em engenharia. Ressalta-se ainda que freqüentemente a fração fina tem influência dominante nos comportamentos dos solos, particularmente, em questões de drenagem, valores de suporte e estabilidade de solos.

A diferenciação dos solos tropicais é de fundamental importância, pois os solos lateríticos, de vasta ocorrência no território nacional, tem-se constituído em importante fonte de matéria-prima para a construção viária, tais como: na construção de estruturas de pavimentos, aterros, camadas de proteção de taludes, recuperação de áreas degradadas, etc.

A importância dos solos lateríticos é de tal ordem que só no estado de São Paulo foram construídos mais de 8.000Km de estrada para baixo volume de tráfego e mais de 10.000.000m² de pavimentos urbanos, utilizando esses solos como camadas de estruturas de pavimentos. Essa quantidade de pavimentos executados tornou-se viável graças a abundância desses solos e seu menor custo em relação aos demais tipos de matérias-primas.

A principal peculiaridade dos solos tropicais lateríticos, que os diferencia dos solos de clima temperado, é a presença de uma cimentação natural causada pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

Na engenharia, solos lateríticos são aqueles que quando devidamente compactados, ao perderem umidade, adquirem condição de baixa perda de resistência ou nenhuma perda, mesmo na presença de água. Em estado natural, quanto maior o grau de laterização, menor a sua susceptibilidade à erosão.

Para a análise das propriedades, dos solos tropicais, citadas no início, utiliza-se o *método das pastilhas* que consiste essencialmente na avaliação de pastilhas moldadas em anéis de aço inoxidável.

O aspecto relevante é que as classes de comportamento láterítico (solos arenosos e solos argilosos) e não laterítico (areias, solos arenosos, solos siltsos e solos argilosos) podem ser diferenciadas, pelo método das pastilhas, pelas seguintes características do solo laterítico em oposição ao não laterítico: expansão diametral baixa até 10%, a resistência a penetração é elevada, com penetrações até no máximo de 6mm com cone de 30g e a quantidade de água reabsorvida pela amostra é pequena pois a perda de umidade, e por consequência a perda de resistência, é parcialmente irreversível.

2 Classificação dos solos

A enorme variedade e complexidade com que os solos se apresentam na natureza motivou, basicamente, o ensejo de agrupá-los conforme suas características e propriedades mecânicas básicas aplicáveis a determinados fins na engenharia civil.

A maneira mais simples de classificar um solo, objetivando sua aplicação em trabalhos de pavimentação, é levar em conta a granulometria, a cor e a textura desse solo. Porém, esses parâmetros não atendem às finalidades decorrentes do uso do solo para pavimentação, pois não leva em conta, por exemplo, a plasticidade, fator de importância fundamental no estudo do uso dos solos, quer como material de fundação, quer como material a compor as camadas do pavimento.

A medida que a ciência avançava, tais sistemas classificatórios também evoluíam, bem como novos procedimentos iam surgindo. Com a necessidade de uniformizar os tratamentos classificatórios e construir uma linguagem mais comum e universalmente aceita, os que se revelaram mais polarizadores e que, em conseqüência, passaram a ser amplamente usados, até hoje por diversos organismos internacionais para atender as finalidades geotécnicas, foram os sistemas unificado (USC) e o rodoviário (HRB).

2.1 Sistema de Classificação Unificada – *Unified Soil Classification (USC)*

É um sistema de classificação de solos baseado na classificação de Casagrande.

Inicialmente, a identificação dos solos é feita pelas iniciais das palavras correspondentes em inglês (Ver tabela 1).

Tabela 1 – Símbolos do Sistema de Classificação Unificada – USC

Símbolo	Identificação	
	Inglês	Português
G	<i>gravel</i>	pedregulho
S	<i>sand</i>	areia
M	<i>mo(sueco)</i>	silte
C	<i>clay</i>	argila
W	<i>well graded</i>	bem graduado
P	<i>poorly graded</i>	mal graduado
O	<i>organic</i>	orgânico
H	<i>high compressibility</i>	alta compressibilidade
L	<i>low compressibility</i>	baixa compressibilidade
P _t	<i>peat</i>	turfa

Os solos, de uma forma geral, são classificados em três grupos principais (Ver tabela 2.2):

- Solos de granulação grossa
- Solos de granulação fina
- Solos altamente orgânicos

Tabela 2 – Sistema de Classificação Unificada

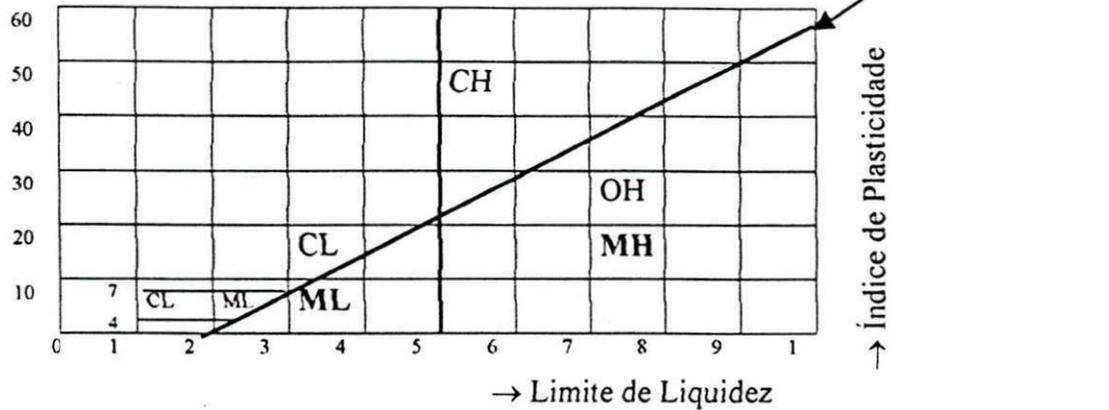
Classificação geral	Tipos principais	Símbolos
Solos grossos (menos de 50% passando na peneira nº200)	pedregulhos ou solos Pedregulhosos	GW,GP,GM e GC
	areias ou solos arenosos	SW,SP,SM e SC
Solos finos (mais de 50% passando na peneira nº200)	siltosos ou argilosos	Baixa compressibilidade (LL<50) ML,CL e OL
		Alta compressibilidade (LL>50) MH,CH e OH
Solos altamente orgânicos	turfas	P _t

Como se observa, o Sistema de Classificação Unificada baseia-se também na textura e na plasticidade dos solos. Assim, além de adotar a peneira nº 200 como separadora dos materiais de granulação grossa e granulação fina, considera também a forma das curvas granulométricas, distinguindo os solos bem graduados dos solos mal graduados. No que tange à plasticidade e compressibilidade, tanto siltes como argilas são identificados em função de apresentar maior ou menor valor dessas características.

O *U.S. Corps of Engineers* elaborou também a separação por zona dos materiais em função da linha A, que corresponde ao Gráfico de Plasticidade de Casagrande modificado

(Ver figura 02).

Figura 02 – Gráfico de Plasticidade Modificado



2.2 Classificação do *Highway Research Board*, H.R.B.

É resultado de alterações feitas na classificação do Bureau of Public Roads.

A classificação de solos do H.B.R. baseia-se também em ensaios normais de caracterização dos solos, ou seja, o limite de liquidez, o índice de plasticidade e o ensaio de granulometria. Neste último têm interesse as porcentagem que passam nas peneiras n^{os} 10, 40 e 200.

Um resumo da classificação é apresentado na tabela 2.3. o processo de classificação inicia-se pelos resultados de granulometria seguida dos ensaios de Liquidez (LL, %) e Plasticidade (LP, %), de onde se obtém:

$$IP = LL - LP \text{ (Índice de Plasticidade)}$$

Os solos são classificados em sete grupos, denominados A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 e A-7.

O grupo A-1 subdivide-se em dois subgrupos: A-1a e A-1b.

O grupo A-2 subdivide-se em quatro subgrupos: A-2-4, A-2-5, A-2-6 e A-2-7.

O grupo A-7 subdivide-se em dois subgrupos: A-7-5 e A-7-6.

Tabela 3 – Classificação dos solos: Sugestão do *Highway Research Board*, H.R.B. adotada pela AASHTO.

Classificação geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira N°200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira de N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Peneiração: % que passa											
N° 10	50máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 40	30máx.	50máx.	51min.	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 200	15máx	25máx.	10máx.	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Característica da fração que passa No40											
Limite de Liquidez LL(%)				40máx.	41min.	40máx.	41min.	40máx.	41min.	40máx.	41min.
Índice de Plasticidade IP(%)	6 máx.		NP	10máx.	10máx.	11min.	11min.	10máx.	10máx.	11min.	11min.
Índice de grupo (IG)	0		0	0		4máx.		8máx.	12máx.	16máx.	20máx.
Materiais que predominam	Pedra britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia siltoosa ou argilosa				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

2.3 Solos Tropicais

Como sistemática de uso, os processos citados anteriormente foram baseados na análise granulométrica, nos Limites de Alteberg e em processo eliminatório para classificar os solos como materiais de subleito e aterro.

Por outro lado, embora de uso universal, não eram inteiramente satisfatórios para certos grupos de solos não tratados quando da identificação das mesmas, uma vez que foram elaborados em países de clima temperado, além de não considerarem fatores como: a gênese dos materiais, estabilidade em função da umidade e grau de compactação, características físicas da fração pedregulho areia condicionando o atrito interno, deformabilidade elástica e influências da secagem prévia, manipulação, temperatura e outros.

Assim, com o intuito de permitir evidenciarem-se propriedades de interesse da engenharia não possíveis de serem consideradas pelos métodos anteriores, foram elaboradas, no Brasil, duas novas classificações aplicáveis a geotécnicas ligadas a pavimentação:

2.3.1 Classificação MCT – Mini Compacto Tropical (Nogami e Villibor, 1981)

Permiti identificar, com boa precisão, o comportamento laterítico ou não dos solos conforme suas propriedades pedológicas e granulométrica, por meio de ensaios realizados com corpos-de-prova de dimensões reduzidas.

2.3.2 Classificação Resiliente (Medina e Pressler, 1980)

Demandando equipamento mais sofisticado, identifica quantitativamente as propriedades elásticas dos solos, inferindo o seu desempenho em estruturas de pavimentos e vinculando-se a metodologias de dimensionamento e reforço de obras viárias.

3 Compactação dos Solos

3.1 Conceituação

Se denomina compactação de solos o processo mecânico pelo qual se busca melhorar as características de resistência, compressibilidade e a relação tensão-deformação dos mesmos. Em geral o processo implica numa redução dos vazios, onde parte do ar é expulso.

O objetivo principal da compactação é obter um solo de tal maneira estruturado que possa e mantenha um comportamento mecânico adequado por toda vida útil da obra.

Não menos importante do que as características citadas, a compactação dos deve, em alguns casos, atender as condições de permeabilidade e flexibilidade para a permanência da obra.

Junto a compactação dos solos surge a necessidade, das empresas, de controle de qualidade dos trabalhos em campo.

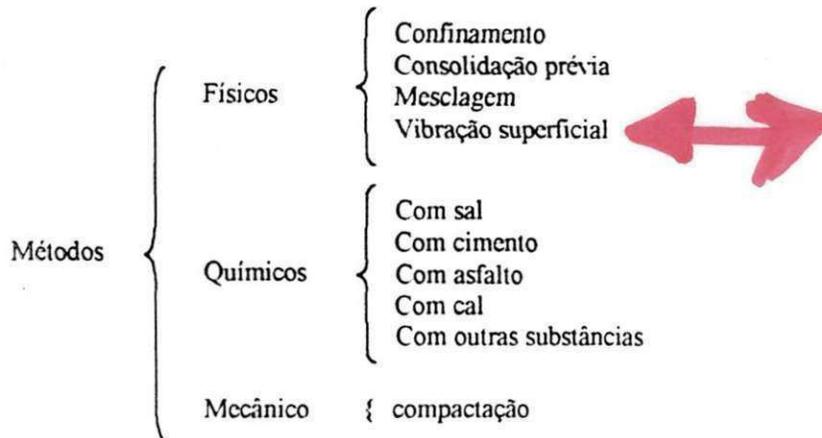
Então, para medir a resistência, a compressibilidade, a relação tensão-deformação, a permeabilidade e a flexibilidade dos solos se requerem ensaios especializados e custosos que, além de tudo, necessita-se de um tempo de execução demasiadamente grande para controlar um processo de compactação, que siga de maneira normal.

Atualmente, sabe-se que o aumento do peso específico de um solo, produzido pela compactação, depende fundamentalmente da energia despendida e do teor de umidade do solo.

Em fim, a compactação é um dos vários meios de que se dispõe para melhorar a condição de um solo que deverá ser usado na construção, sendo ainda um dos mais eficiente e de aplicação universal.

A tabela a seguir, permite situar a compactação dentro de um conjunto de métodos de melhoramento dos solos.

Métodos de melhoramento dos solos;



A eficiência de qualquer processo de compactação depende de vários fatores, e para poder analisar a influência particular de cada um, se requer dispor de procedimentos que produzam tais processos de campo em laboratório, de forma representativa.

3.2 Fatores que influênciam na compactação

3.2.1 A Natureza do solo

É certo que a classe do solo com que se trabalha influencia de maneira decisiva no processo de compactação.

Prevalece uma distribuição usual entre os solos finos e grossos ou entre solos argilosos e arenosos.

3.2.2 O método de compactação

No laboratório é bastante fácil classificar os métodos de compactação em uso, são três: compactação por impacto, por amassamento e por vibração, e ainda a combinação dos mesmos.

✓ 3.2.3 A energia específica *de compactação, S_v*

Se entende por energia específica de compactação a quantidade de solo por unidade de volume, durante o processo mecânico de que se trata. É mais fácil avaliar a energia específica em um ensaio de laboratório, em que se compacta o solo por impactos dados com um "soquete", tal energia pode ser expressa pela fórmula:

$$E_e = \frac{N \cdot n \cdot W \cdot h}{V}$$

E_e - energia específica;

N - número de golpes do soquete por cada camada do solo no molde;

n - número de camadas que irá se dispor no molde;

W - peso do soquete;

h - altura de queda do soquete;

V - volume total do molde de compactação.

3.2.4 A quantidade de água do solo

Já nos primeiros estudos comprovava-se que a quantidade de água do solo que se compactara é outra variável fundamental do processo. Proctor, grande estudioso dos comportamentos do solo, observou que com o acréscimo de água, a partir de valores baixos, se obtinham mais altos os pesos específicos secos para o material compactado, e se a mesma energia de compactação fosse mantida, esta tendência não se mantinha indefinidamente, já que quando a umidade passava de certo valor se verificava uma diminuição dos pesos específicos secos.

Assim, chegou-se a seguinte conclusão, existe um ponto, chamado de ótimo, onde para um certo teor de água, obtêm-se um peso específico máximo.

Isto acontece, pois a presença de água diminui a tensão capilar, e portanto, o aglutinamento entre os grãos, o que faz aumentar a eficiência da energia de compactação.

✓ 3.2.5 O sentido em que se escorra a escala de umidade ao efetuar a compactação ✓

As curvas do gráfico $\gamma_d \times h$ (peso específico seco x umidade) são diferentes, se os ensaios se efetuarem a partir de um solo relativamente seco, adicionando água, ou a partir de um solo úmido secando com o avanço do ensaio.

As investigações experimentais comprovam que no primeiro caso se obtêm pesos específicos secos maiores que no segundo, para um mesmo solo e com os mesmos teores de água.

3.2.6 A quantidade de água original do solo

Esta concepção se refere a quantidade de água natural que o solo possuía antes de retirar-lhe a umidade para compactá-lo, em busca do teor de umidade ótimo ou de qualquer outro parâmetro em que se fosse decidido realizar a compactação.

Nos processos de campo a quantidade de água original do solo exerce grande influência na resposta do solo ao equipamento de compactação. É sempre aconselhável buscar condições de umidade natural que não se afastem muito da ótima para que o processo de compactação apresente resultados satisfatórios.

3.2.7 A recompactação

Em muitos laboratórios é prática comum usar a mesma amostra de solo para a obtenção de pontos sucessivos dos ensaios de compactação, isto implica numa recompactação do mesmo solo.

Já é visto que esta prática é inconveniente, pois com a recompactação o solo apresentará peso específico seco maiores a cada ensaio, levando o mesmo a uma falta de representatividade.

3.2.8 A temperatura

A temperatura exerce um importante efeito nos processos de compactação de campo, em primeiro lugar pela evaporação da água incorporada no solo ou pela condensação da umidade ambiente no mesmo. Desta forma, pode exercer algum efeito na consistência e manejo dos solos com que se trabalha.

3.2.9 Outros fatores

Dentre as mencionadas, existe todo um conjunto que afetam os ensaios de compactação de laboratório e campo, tais como: o número e espessuras das camadas que se dispõe o solo, o número de passadas do equipamento de compactação sobre cada ponto ou o número de golpes do soquete compactador em cada camada, etc.

Todos estes fatores e seus efeitos se detalhará ao descrever os processos de compactação de campo e os diferentes ensaios de laboratório.

3.3 Métodos de compactação

3.3.1 De laboratório ✓

Os processos de compactação de campo são em geral demasiadamente lentos e custosos para que sejam reproduzidos a vontade. Assim, a tendência é realizar ensaios de laboratório que reproduzam fácil e economicamente aqueles processos imprescindíveis para qualquer que se interesse em racionalizar as técnicas de campo e em conhecer mais um processo tão difícil e importante.

As mesmas razões induzem os ensaios de laboratório a ser base para projetos e fonte de informação para planejar um adequado trabalho de campo. A alternativa seria o estabelecer sobre bases unicamente personalizadas, fundadas em experiências anterior, ou realiza-lo em um módulo a escala natural, verdadeira duplicação da estrutura que irá se construir, legando como limite ao absurdo total de fazer algo para aprender a faze-lo.

Assim, os ensaios de compactação de laboratório se justificam somente em términos de sua representatividade dos processos de campo que reproduzem.

Como existem tantos modos de compactar solos no campo, é razoável pensar que não se obterá resultados com um só ensaio, com uma única técnica padronizada, que possa representá-los. Assim, é lógico pensar que haja ensaios de compactação para os vários tipos.

A partir de 1993, em que Proctor realizou seu ensaio, o primeiro historicamente, iam aparecendo outros muitos, todos estes podem ser agrupados da seguinte forma:

- Ensaios dinâmicos;
- Ensaios estáticos;
- Por amassamento;
- Por vibração;
- Especiais.

3.3.1.1 Ensaios dinâmicos ✓

Todos os ensaios dinâmicos participam das seguintes características comuns:

O solo se compacta por camadas no interior de um molde metálico cilíndrico, variando de um ensaio a outro, o tamanho do molde e a espessura da camada.

Em todos os casos a compactação propriamente dita se estende ao aplicar a cada camada dentro do molde um certo número de golpes, uniformemente distribuídos, com um soquete cujo peso, dimensão e altura de queda variam de um ensaio a outro. O número de golpes do soquete também varia nos diferentes ensaios.

Em todos os casos, a energia específica pode ser calculada com bastante aproximação com o emprego da expressão (I), que é definida pelo número de golpes por camada do soquete compactador, o número de camadas em que o solo se dispõe dentro do molde, o peso do soquete, sua altura de queda e o volume total do molde.

Em todos os casos especifica-se um tamanho máximo de partícula que possa conter o solo, e se eliminam os de tamanho maiores por peneiramento antes do ensaio. Com frequência se estabelece também uma especificação relativa ao reuso do material durante o ensaio.

Alguns dos ensaios dinâmicos que tem alcançado maior difusão são o ensaio Proctor Estandar (normal), Proctor Intermediário, Proctor Modificado, E-10, Impacto da Califórnia e o Britânico.

As características principais de alguns dos ensaios se apresentam na tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Características dos ensaios de compactação por impacto de uso mais generalizado.

Ensaio	Tratamento do material	Molde		Peso do soquete	Altura de queda	Nº de camadas	Nº de golpes por camada	Reuso do solo	Energia específica
		Diâmetro	Altura						
		cm	cm	Kg	cm	-	-	-	Kg cm / cm ³
Proctor Normal	Peneirado na #1/4"	10.16	12.70	2.490	30.48	3	25	sim	4.02
E-10 do USBR	Peneirado na N ^o 4, secado ao ar e destorriado	10.80	15.24	2.490	35.72	3	25	sim	6.05
Proctor (AASHO) Normal (tipo A)	Peneirado na N ^o 4 e secado ao ar	10.16	11.43	2.490	30.48	3	25	sim	6.05
Proctor (AASHO) Modificado (tipo D)	Secado ao ar, destorriado e peneirado na #3/4", repondo material retido com igual peso do material compreendido entre as malhas de #3/4" e N ^o 4	15.24	17.78	4.530	45.72	5	55	não	27.31
California (tipo A)	Peneirado pela 3/4" no estado seco	7.30	91.44	4.530	45.72	5	20	não	17.70
California (tipo B)	Peneirado pela #3/4" no estado úmido	7.30	91.44	4.530	45.72	10	20	não	35.40
Britânico Normal	Secado ao forno ou ao ar e peneirado pela #3/4"	10.16	11.68	2.492	30.48	3	25	sim	6.05
Proctor de SOP	Secado ao ar e peneirado pela N ^o 4	10.16	11.68	2.490	30.48	3	30	sim	6.65

Uma das objeções principais que se observa nos ensaios de compactação por impacto, para firma sua representatividade, está fundamentalmente ligado as condições contraditórias de confinamento, muito rígido, que impõe o molde ao solo colocado em seu interior.

Estudiosos já realizam ensaios especiais com molde em forma cilíndrica, cujo interior é revestido por borracha, possibilitando um pequeno afastamento das partículas parecido com o observado em campo, porém os trabalhos foram interrompidos antes de conduzir a conclusões de caráter definitivo.

3.3.1.2 Ensaio Estáticos

Em solos com alto coeficiente de atrito (arenosos) é mais comum que os ensaios dinâmicos produzam uma curva de compactação com forma inadequada para a determinação de um peso específico seco máximo e uma umidade ótima. Para este tipo de solo existem outros ensaios de compactação nos quais usualmente se definiu uma curva de compactação de forma típica, adaptada ao fim que se deseja.

Um destes é o ensaio de compactação estático, introduzido por O.J. Porter e que alcançou sua forma definitiva em meados de 1935. Neste se compacta o solo colocando-o dentro de um molde cilíndrico de 15,24 cm (6") de diâmetro, dispondo-o em três camadas, acomodando-o com 25 golpes de uma vara com ponto de bala, o que não significa uma compactação intensa, pois a vara é leve e a altura de queda, que não está especificada, é mínima utilizada pelo operador para uma manipulação cômoda. A compactação propriamente dita segue aplicando ao conjunto de três camadas uma pressão de 140,6 Kg/cm², na qual se mantém por um minuto.

Alguns estudos foram feitos comparando os resultados entre os ensaios estáticos e dinâmicos, sendo as principais conclusões:

Nas areias grossas e cascalhos limpos ou com finos não plásticos, os resultados do ensaio Porter SOP são similares aos obtidos para os mesmos solos com o ensaio Proctor (AASHO) Normal.

Nas argilas de média plasticidade, nas areias finas com qualquer classe de finos e nas areias grossas com finos plásticos, os resultados do ensaio estático são compatíveis ao do ensaio Proctor (AASHO) Modificado.

E por fim, nas argilas de alta plasticidade, os resultados obtidos com o ensaio Porter superam (em torno de 10%) o do ensaio Proctor (AASHO) Modificado.

Algumas instituições têm o Porter como ensaio normal de compactação em solos com alto coeficiente de atrito e o ensaio tipo Proctor como norma em solos finos.

3.3.1.3 Por amassamento

Os métodos de compactação por amassamento são relativamente novos na tecnologia dos laboratórios. O ensaio para tal método denominou-se "Miniatura", criado por S.D. Wilson, na Universidade de Harvard.

Em todos os casos se busca reproduzir em laboratório o efeito típico que têm o rolo compactador no campo, com o objetivo de se conseguir no experimento a mesma estrutura interna que adquire o solo no campo.

No ensaio “Miniatura” o efeito de amassamento se obtêm ao pressionar um êmbolo de área especificada contra a superfície das diversas camadas de um amostra disposta num molde, o qual tem as dimensões necessárias para formar um experimento apropriado para a realização do ensaio triaxial convencional; em qualquer aplicação se transmite ao êmbolo uma pressão constante, que se consegue quando se adapta uma mola calibrada, que permite saber o momento em que se aplica tal pressão.

3.3.1.4 Por vibração

Os ensaios de compactação com vibração vêm interessando a vários estudiosos nos últimos anos. Muitos destes utilizam um molde Proctor montado em uma mesa vibratória, estudando o efeito da frequência, a amplitude e a aceleração da mesa vibratória, assim como a influência das sobrecargas, da granulometria do solo e da quantidade de água.

3.3.1.5 Ensaio especiais

Dentre os existentes, merece atenção a máquina giratória de compactação. Tal experimento pode ser realizado com um compactador de amassamento, sendo que a pressão é combinada com um efeito de balanço.

3.3.2 De campo

A energia que se requer para compactar os solos no campo pode ser aplicada mediante qualquer das quatro formas que segue, as quais se diferenciam pela natureza dos esforços e pela duração dos mesmos.

Então, os métodos de compactação de campo são:

- Por amassamento;
- Por pressão;
- Por impacto;
- Por vibração;
- Pela combinação dos anteriores (Métodos Mistos).

3.3.2.1 Compactação por amassamento. Rolo pata-de-cabra ou pé-de-carneiro.

Estes compactadores concentram seu peso sobre uma pequena superfície de todo um conjunto de pontas de formas variada exercendo pressões estáticas maiores nos pontos em que as mencionadas protuberâncias penetram no solo. Conforme vão dando passadas e o material se compactando, as pontas se aprofundam cada vez menos no solo, e chega um momento em que já não se produz nenhuma compactação adicional.

A pressão que exerce o rolo pé-de-carneiro ao passar com suas pontas sobre o solo não é contínua, as pontas penetram exercendo pressões crescentes, as quais levam a um máximo no instante em que a ponta está vertical e em sua máxima penetração, a partir deste momento a pressão diminui vista que a ponta sai. Afinal, a ação do rolo é de tal forma que faz progredir a compactação da camada do solo de baixo para cima, nas primeiras passadas as pontas e uma parte do tambor penetram no solo, o que permite que a maior se exerça no leito inferior da camada à compactar. Para que isto ocorra a espessura da camada não deve ser muito maior que a altura da ponta.

Os rolos mais usados têm pontas de 20 a 25 cm de altura e se utiliza para compactar camadas de solo solto de aproximadamente ^{30 cm} 30 % de espessura.

Em geral, se considera adequado a operação quando a ponta penetra 20 a 50 % de sua altura, o que depende da plasticidade do solo.

Com relação as passadas, podemos dizer que a porcentagem de cobrimento que proporcionam os rolos pé-de-carneiro (das aplicações sucessivas pelo mesmo ponto) se enquadra geralmente entre 4 a 12 %, bastante menor com relação aos outros equipamentos de compactação. Caso se aumente o número de pontas, aumenta a porcentagem de cobrimento, mas diminui a pressão de contato pois o número de pontas dos equipamentos comerciais estabelece um fator de peso conveniente. Não se deve esquecer no entanto, a necessidade de uma separação mínima das pontas, que permita conservar sempre limpo o rolo, vista que influência diretamente o rendimento do equipamento de compactação.

O rendimento dos rolos pé-de-carneiro está relacionado notavelmente na forma em que se opera o equipamento, por exemplo se as pontas penetram nos mesmos buracos durante varias passadas sucessivas, o rendimento do equipamento se reduz. Para evitar que isto ocorra, o operador deve procurar fazer uma ligeira variação no percurso do rolo.

Para um equipamento de características determinadas, o máximo rendimento possível da operação pode ser calculado aplicando a seguinte expressão:

$$E = \frac{a \cdot h \cdot v}{10 \cdot n}$$

onde,

E: rendimento do compactador, em m³/h;

a: largura do rolo, em cm;

h: espessura da camada, em cm;

v: velocidade do compactador, em Km/h;

n: número de passadas do equipamento pelo mesmo ponto.

3.3.2.2 Compactação por pressão. Rolos lisos e pneumáticos. Rolos lisos

Estes se dividem em dois grupos: rebocados e autopropulsados. Os primeiros constam geralmente de tambores montados em um marco, seu peso varia de 14 a 20 toneladas e podem ainda levar no lastro um depósito sobre o marco com água ou areia úmida. Os autopropulsados constam de uma roda dianteira e duas traseiras, fabricam-se com pesos de 3 a 13 toneladas. Os rolos lisos tem seu campo de aplicação circunscrito a materiais que não requerem concentrações elevadas de pressão, pois não forma bolos ou não necessita desagregar, pois geralmente são areias e cascalhos relativamente limpos.

O efeito da compactação dos rolos lisos se reduz consideravelmente a medida que se aprofunda a camada compactada, e o mesmo se produz de cima para baixo, ao contrário do rolo pé-de-carneiro.

O rendimento (E)deste rolo é expresso pela fórmula anteriormente citada.

3.3.2.3 Rolos de pneumáticos

O tipo comum é constituído de uma plataforma ou caixa montada sobre dois eixos, um dianteiro, outro traseiro, onde estão os aros em que são montados os pneus, em número de 4 na frente e 5 atrás. Existem rolos cujas rodas traseiras vibram, por se encontrarem montadas no eixo

com um ligeiro ângulo, constituindo o rolo de rodas excêntricas. Esta vibração provoca o amassamento do solo, o que vem contribuir para melhorar a compactação.

Os rolos de pneumáticos podem ser rebocados ou então autopropulsores. A pressão de enchimento dos pneus pode ser controlada, nos rolos autopropulsores modernos, por um dispositivo de *controle automático de pressão*, que permite variar a pressão com o rolo trabalhando.

A produção média de um rolo de pneumático é da ordem de 250 m³/h de material compactado.

De um modo geral, empregam-se esses rolos para compactar solos arenosos ou coesivos ou com pouca coesão. Sua velocidade de operação varia de 5 a 8 km/h. Velocidades exageradas de rolagem causam problemas, pois impedem a ação de esmagamento necessária a boa compactação, além de desenvolver compactação pressões neutras prejudiciais. Experiências têm demonstrado que velocidades de 16 km/h ou mais, exigem o dobro de passadas para se obter a mesma densidade que se conseguiria a 8 km/h, ou menos.

A principal característica deste tipo de rolo é a pressão de enchimento dos pneus e a área de contato entre o pneu e a superfície a compactar. O efeito da pressão de enchimento do pneu e a carga por roda podem ser resumidas como se segue:

A área de contato e a pressão de contato são funções da carga por roda e da pressão de enchimento do pneu. Ambas afetam o estado da compactação;

Um aumento da carga por roda ou da pressão de enchimento dos pneus produz um aumento de densidade máxima de rolagem, com um correspondente decréscimo de umidade ótima;

Para qualquer profundidade, um aumento de carga por roda ou da pressão de enchimento do pneu, produz um aumento na densidade. Observa-se, no entanto, que aumentando-se a pressão do pneu sem aumentar-se a carga por roda proporcionalmente, existe tendência a se produzirem grandes compactações na superfície;

O efeito pronunciado da pressão de enchimento do pneu indica a necessidade de emprego de um equipamento automático de controle de pressão do pneu com o rolo em movimento. É o que se chama "Controle Automático de Pressão", que permite o aumento ou diminuição da pressão de acordo com o solo compactado. Assim, os solos de pouca resistência exigem pressões de contato mais baixas no início da compactação, o que se consegue aumentando-se a área de contato, obtida pela diminuição de pressão de enchimento; a medida que o solo vai ganhando resistência, vai-se

aumentando a pressão de enchimento do pneu, diminuindo-se, portanto, a área de contato e aumentando-se a pressão de contato;

aumento indiscriminado da pressão do pneu não terá muito significado, desde que não venha acompanhado do tamanho do pneu e da carga por roda.

3.3.2.4 Compactação por impacto, Sapo Mecânico.

Emprega-se uma espécie de bate-estaca do tipo de combustão ou do tipo pneumático. Usam-se também martelos automáticos que pesam cerca de 100 kgf com rendimento reduzido. Hoje emprega-se o que se chama de Sapo Mecânico, que consta de um cilindro que, por ação de um motor de explosão, salta sobre a camada a compactar, caindo de uma certa altura e sendo dirigido por um homem. Recomenda-se este tipo de compactação para solos secos e soltos, de graduação graúda com pigmentos de rocha. É mais empregado nas compactações de pequenas áreas, encontro de pontes, locais perto de meio-fio, etc.

3.3.2.5 Compactação por vibração, Rolos vibratórios.

Os rolos vibratórios é indicado para compactar solos granulares graúdos ou finos, podendo ter ou não alguma porcentagem de elementos coesivos. Para compactação com esses tipos de rolo recomenda-se um teor de umidade ligeiramente superior ao ótimo obtido no laboratório. A velocidade de operação recomendada é entre 1,6 a 2,5 km/h

O fenômeno de vibração é complexo. Deixando-se, por exemplo, cair um objeto pesado de forma brusca e dando golpes na superfície do terreno, a terra absorve a energia desenvolvida na queda, por compressão do solo, e uma parte desta compressão permanece em forma de depressão permanente, devido a compactação ou deslocamento do solo, ou ambos. Uma outra parte da compressão retorna a sua posição inicial, por ser uma deformação elástica.

Com isto, a terra empurra o objeto para cima, numa pequena distância, e assim inicia-se um movimento oscilante que é chamado vibração. Por não haver qualquer peça de sustentação, a vibração cessa rapidamente, devido a ação amortecedora do solo.

Na compactação vibratória, a força de sustentação é um oscilador ou vibrador que fornece a força dinâmica de sustentação, fazendo com que as camadas debaixo do solo respondam movendo-se com o vibrador.

O conjunto solo-vibrador, quando vibra livremente tem a tendência de vibrar com uma certa frequência, conhecida como frequência natural. Quando as frequências produzidas pelas forças de

vibração do rolo aproximadamente coincidem com a frequência natural, o conjunto solo-vibrador vibra com a máxima intensidade, chamando-se a esta frequência de ressonância.

O rendimento máximo de um rolo vibratório é obtido quando:

- a) A força estática ou peso morto produza uma pressão adequada para o tipo de solo que está sendo compactado;
- b) A frequência da força dinâmica seja tal que a massa do solo e o vibrador estejam em ressonância;
- c) A força dinâmica seja aproximadamente igual a força estática do vibrador;
- d) O teor de umidade esteja ligeiramente acima do ótimo.

Neste tipo de compactação, recomenda-se adicionar a água ao solo de uma só vez, antes do início da compactação.

3.3.2.6 Compactação pela combinação dos anteriores (Métodos Mistos).

Além dos equipamentos citados anteriormente, os mais comumente empregados no Brasil, podemos citar os seguintes:

3.3.2.6.1 Rolo de grelha

É normalmente do tipo rebocado, podendo ter um ou tambores cuja face de contato com o material a compactar é constituída de malhas quadradas de aço, que concentram as pressões nas interseções. Nestes tipos de rolo, pode-se atingir a pressão de contato de até 1500 libras por polegada quadrada

O rolo de grelha é usado com sucesso no aproveitamento de materiais granulares como base, provocando a fratura dos materiais grãos, atingindo-se uma compactação de até 75% da compactação final. É empregado na recuperação de pavimentos antigos, que se destinem a funcionar como base e também na consolidação de aterros. Recomendam-se os seguintes cuidados no emprego deste rolo:

A espessura máxima da camada a compactar deverá ser de 20 cm. A camada inferior, onde se apoia a camada a compactar, deverá ser uma camada firme, para evitar o afundamento do material granular que se está compactando.

O material granular que vai ser compactado deverá ter um desgaste Los Angeles maior ou igual a 20%.

A velocidade de operação deverá ser da ordem de 3 km/h.

3.3.2.6.2 Rolos pneumáticos vibratórios

São constituídos em geral por um ou mais conjuntos de 4 rodas, montadas em um mesmo eixo excêntrico, tendo a mesma aplicação dos rolos vibratórios de rodas lisas. Conduzem a um desgaste excessivo dos pneus, além de que a flexibilidade dos pneus absorve grande parte da vibração a ser transmitida ao solo. Pelos motivos expostos, o seu emprego, sob o ponto de vista econômico, é posto em dúvida.

3.3.2.6.3 Placas vibratórias

Pode-se ter dois tipos. As operadas manualmente ou as rebocadas por trator. As rebocadas por trator são empregadas na compactação de bases granulares (macadame hidráulico, solo-brita, etc.) .As rebocadas manualmente são empregadas em obras de pequeno vulto, como na compactação de encontros de pontes, local de construção de edifícios, etc.

Hoje existem as placas vibratórias mais modernas, autopropulsadas e as do tipo tandem, com alta capacidade de produção.

3.3.2.6.4 Rotos de rodas lisas de 3 rodas equipados com 3 placas vibratórias

São utilizados na compactação de camadas de base de pedra britada.

3.3.2.6.5 Rolos combinados do tipo tandem

Esses rolos consistem de uma roda segmentada na parte da frente, uma roda lisa vibratória no meio, e na traseira uma roda lisa.

3.3.2.6.6 Rolo combinado de roda lisa e pneumático

Consiste na combinação, em uma única unidade, de um rolo de pneus de um único eixo e um rolo de rodas lisas, podendo trabalhar em conjunto ou isoladamente. Trabalha com uma velocidade de operação de 16 km/h e cor de pressão de enchimento dos pneus superior a 100lb/pol².

O rolo liso pode ser carregado com cargas de 120 a 535 lb por polegada de largura do rolo.

3.3.2.6.7 Rolo tandem de 3 eixos com rolo central do tipo vibratório

Pode-se usar como rolo de rodas lisas, bastando levantar-se, por um dispositivo automático, o rolo vibratório central.

3.3.2.6.8 Rolo vibratório pé-de-carneiro

É um rolo, geralmente rebocado, com um tambor munido de dispositivo de vibração. É empregado na compactação de bases granulares.

3.3.2.6.9 Rolos de rodas segmentadas

São rolos do tipo autopropulsor, funcionando com base no princípio de pressão interrompida, podendo ser do tipo tandem com 2 ou 3 eixos. São constituídos por espécies de almofadas de aço resistentes, dispostas alternadamente, que penetram no material solto a compactar, com um mínimo de deslocamento para frente ou de lado, deixando sem perturbar as áreas compactadas, exercendo todo o esforço de compactação para baixo. Nenhum material solto escoá-se para frente do rolo. Experiências realizadas mostraram que esses tipos de rolos conduzem a uma compactação de cerca de 7% maior que com o rolo convencional do tipo de rodas lisas.

3.3.2.6.10 Rolo pé-de-carneiro do tipo autopropulsor

Existem diversos tipos usados nos Estados Unidos. Tem-se o tipo de rodas duplas com tambores de 1,50 m de diâmetro e 1,80 m de largura e tendo 144 pés por tambor e comprimento de 9,25 polegadas (23 cm) e com área de contato de 7,5'2 (48,38cm²). A pressão de contato de 56,10 kgf/cm² quando vazio ou 60,20 kgf/cm² quando cheio com água e velocidades acima de 12,8 km/h. Um outro tipo é o composto de 4 tambores, dois na frente e dois na parte de trás, tendo cada tambor 1,50 m de diâmetro e 1,50 m de largura e com 120 pés por tambor e comprimento de 22,5 cm e área de contato de 64,5 cm². A velocidade de operação é acima de 8 km/h.

4 Exploração de Jazidas

Na pesquisa de jazidas segue, em geral, os seguintes passos:

Procura e análise de mapas geológicos da região atravessada pela estrada;

Informações locais sobre a ocorrência de quaisquer materiais que apresentem qualidades aproveitáveis na execução do pavimento;

Localização de jazidas;

Prospecção preliminar das jazidas, com avaliação, grosso modo, do volume e coleta de amostras representativas;

Análise dos elementos obtidos no item anterior e definição das jazidas que merecem estudo completo;

Sondagens das jazidas, determinando-se o seu volume real e coletando-se amostras para ensaios em laboratório.

A escolha de materiais para a construção das camadas do pavimento na verdade não segue padrões rígidos, pois está condicionada a uma série de fatores que ressaltam a importância do julgamento pessoal, o que implica dar ênfase a experiência do engenheiro incumbido dessa escolha.

Por exemplo, sabe-se que materiais como o pedregulho aparece em depósitos de leitos de rios e córregos em que os materiais resistentes se encontram misturados com o solo. Atentando-se sempre para espessura do manto de cobertura, espessura da pedregulheira e qualidade do material.

O pedregulho tem enorme aplicação no revestimento primário de estradas de terra e na estabilização dos acostamentos.

No caso da rocha decomposta, material abundante na região da Serra do Mar, conhecido como "salmourão", têm enorme aplicação na execução de base de asfalto e na estabilização dos acostamentos.

Por fim, podemos citar ainda o solo vegetal, camada superficial, geralmente afetada pelas raízes dos vegetais. Seu maior interesse fica a cargo de saber o custo da remoção.

No entanto, quando se pretende executar revestimento vegetal dos canteiros centrais e de taludes, o material retirado deve ser depositado ao lado da pista, para utilização posterior naqueles serviços.

4.1 Prospecção.

A prospecção efetiva deve ser procedida de uma prospecção preliminar, pois, em alguns casos, fica imediatamente patenteada a inviabilidade da exploração da jazida.

Nessa operação utiliza-se, além do trado manual, ferramentas como a barra-mina, a qual, solta de determinada altura, penetra no solo e permite a identificação das passagens de solo para areia ou pedregulho e, daí, para rocha.

Então, passa-se à prospecção efetiva, que deve ser identificada por uma avaliação da área abrangendo a jazida. Em seguida estabelece-se o esquema de ^{Sonlagem.} soldagem, localizando os furos convenientemente, a fim de se colher todos os dados necessários: extensão, espessura e volume da camada.

As amostras devem ser colhidas em número e quantidade suficiente para garantir a interpretação dos resultados e permitir a execução dos ensaios de caracterização e outros, segundo a finalidade no laboratório.

De posse desses resultados, pode-se avaliar a uniformidade do material e a possibilidade de aproveitamento da jazida. Em caso positivo, calcula-se o volume de material ou materiais da jazida multiplicando a área correspondente a cada malha pela média das aturas ou espessuras do material nos furos de cada vértice.

Durante a escavação do material, já na fase de construção, os ensaios devem ser repetidos, a fim de se verificar as eventuais alterações.

A forma do terreno, como é natural, é o primeiro elemento a ser considerado, pois está intrinsecamente ligado à origem da terra e aos fenômenos subseqüentes.

O sistema de vales e gargantas reflete a textura do solo. Variações em suas características indicam variações nas propriedades dos solos. Em geral, os granulares apresentam gargantas pequenas, em forma de "V". Solos plásticos, não-granulares, apresentam gargantas largas, levemente arredondadas, pouco profundas. Argilas arenosas e siltes apresentam gargantas em forma de "U".

Outro elemento auxiliar na interpretação é a cor e tonalidade dos solos, que está associada ao grau de umidade, o qual, por sua vez, está ligado a sua composição.

5 Transporte de Materiais

No processo de obtenção da plataforma da estrada torna-se necessário realizar cortes e aterros, pois a cota da plataforma dificilmente coincidirá com a cota natural do terreno, necessitando desta forma realizar sua adequação através das movimentações de terra que se façam necessárias.

Faz-se necessário então conseguir soluções econômicas para distribuição do material escavado, pelo aproveitamento das terras, procurando obter a compensação de cortes e aterros, pela qual se visa equilibrar os dois volumes totais. Caso haja excesso de cortes em relação aos aterros, torna-se necessário lançar fora o excedente, ou seja, o bota-fora ou depósito. Em caso

contrário, se houver falta de terra, deve-se efetuar o empréstimo através de jazidas previamente estudadas. O custo da escavação é proporcional à soma geral dos volumes extraídos.

Além destes aspectos relacionados a escavação de volumes de terra, deve-se considerar o ônus do seu transporte, através da análise dos momentos de transporte.

Na prática os pagamentos da movimentação de terra são feitos separadamente:

- Pelo volume escavado (m^3);
- Pelo transporte deste volume, também conhecido como Momento de Transporte.

$$M_t = \text{volume} \times \text{distância} (m^4)$$

A distribuição pode ser obtida por:

- Diagrama de áreas;
- Diagrama de Bruckner (Diagrama de massas).

Tais diagramas são obtidos a partir do perfil do terreno.

Nas operações básicas de qualquer serviço de terraplenagem podem ser resumidas nas seguintes etapas que ocorrem de forma seqüencial ou simultânea:

Escavação;

É o processo empregado para romper a compactidade do solo em seu estado natural, através do emprego de ferramentas cortantes, como a faca da lâmina ou os dentes da caçamba de uma carregadeira, desagregando-o e tornando possível a sua movimentação.

Carga do material escavado;

Consiste no enchimento da caçamba, ou no acúmulo diante da lâmina do material escavado e o transporte na movimentação da terra do local em que é escavado para onde será colocada em definitivo.

Transporte

Distingui-se transporte de carga, pelo fato do equipamento está carregado, ou seja, a caçamba está carregado em sua totalidade pelo material escavado e por transporte vazio, o retorno da máquina/equipamento ao local de escavação sem a carga de terra.

Descarga e espalhamento.

É a execução do aterro propriamente dito.

Várias unidades (equipamentos) se integram no processo de terraplenagem, com relação ao transporte, podemos citar:

Unidades escavo-empurradoras;

São unidades constituídas por uma concha (*dozer*) ou lâmina sendo também chamado de trator de lâmina ou *bulldozer*, adquirindo desta maneira a capacidade de escavar e empurrar a terra.

Unidades escavo-transportadoras;

São aquelas que escavam, carregam e transportam materiais ~~de consistência média~~ a distâncias médias.

Sendo representadas por dois tipos:

O *scraper* rebocado que é uma caçamba sobre dois eixos com pneumáticos, e normalmente tracionados por um trator de esteira.

O *scraper* automotriz ou *motoscraper* é constituído com um único eixo que se apoia sobre um rebocador de um ou dois eixos, através do pescoço. Tal sistema de montagem assegura um ganho de aderência, em função do aumento de peso que incide sobre as mesmas, permite uma grande independência de movimentos – curvas e manobras.

Unidades escavo-carregadoras;

São as que escavam e carregam o material sobre um outro equipamento que o transporta até o local de descarga, de modo que o ciclo completo da terraplenagem seja complementado por duas máquinas distintas.

Carregadeiras: também denominadas pás-carregadeiras e podem se montadas sobre esteiras ou rodas pneumáticas e geralmente possuem caçamba frontal. No processo de carregamento da unidade de transporte, as carregadeiras realizam os movimentos entre a área de escavação e o veículo.

Escavadeiras: também chamadas de pás-mecânicas, trabalham paradas, ou seja, sua estrutura permite que se desloque, mas todo o trabalho de escavação é feito com o veículo parado.

Unidades de transporte.

São utilizados em terraplenagem quando as distâncias de transporte do material escavado atingem grandeza que tornam inviável o uso de *motoscraper* ou *scraper* rebocado, por tornar antieconômico tal operação. Para grandes distâncias, deve-se usar equipamentos mais rápidos e de baixo custo, que tenham maior produtividade, embora se utilize uma grande quantidade de veículos.

Tais equipamentos podem ser:

Caminhão basculante comum: capacidade de 4,5 a 6,0 m³

Vagões rodoviários: unidades sobre pneus de grande capacidade (102m^3) rebocados por tratores de pneus semelhantes aos utilizados em *motoscrapers*. Somente transportam e descarregam o material escavado, sendo carregados por equipamentos escavo-carregadoras. São diferenciados pela forma de descarga: fundo móvel (*bottom-dump*); traseira por basculagem da caçamba (*rear-dump*); lateral (*side-dump*).

Dumpers: são veículos semelhantes aos basculantes comuns, porém possui estrutura reforçada (4 a 6 m^3).

Caminhões Fora-de-estrada (*Off highway trucks*): veículos construídos e dimensionados para serviços pesados de construção, possuem dimensões fora do normal e grande capacidade de carga, o que impossibilita seu uso nas rodovias, restringindo-o ao canteiro de obras e nas estradas de serviço.

6 Topografia

6.1 Nivelamento Geométrico

6.1.1 Conceito

A altimetria ou nivelamento é a parte da topografia responsável pela determinação de cotas ou distâncias verticais de um certo número de pontos referidos ao plano horizontal de projeção.

A altimetria permite fixar, por meio de cotas ou quaisquer sinais convencionais, o relevo do terreno, isto é, a expressão exata de sua forma.

O método de nivelamento geométrico ou por gravidade consiste em determinar um plano horizontal e as interseções dele com uma série de verticais tiradas pelos pontos a nivelar, e em seguida determinar a distância desses pontos a esse plano o qual toma o nome de plano de referência.

6.1.2 Equipamentos

Este método necessita de duas espécies de aparelhos:

Um nível, servindo para determinar um plano horizontal;

Uma mira, servindo para medida das linhas retas verticais entre o plano da superfície do terreno e o plano horizontal ou plano de referência adotado.

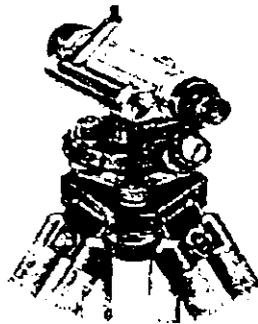
6.1.2.1 O Nível

Este aparelho é destinado aos nivelamentos técnicos simples e aos levantamentos taqueométricos em terreno plano (Figura).

Os tubos da luneta e do nível de bolha são construídos de uma só peça.

Os parafusos de correção são encapsulados e os de colagem e de comando (pressão diferencial e de focagem interna) são protegidos contra o vento e as poeiras.

A leitura da bolha é feita por meio de um espelho, e a do círculo horizontal, com um simples abaixar de cabeça, por uma lupa com aumento de 10 diâmetros.



Nível

6.1.2.2 A Mira

As réguas de mira ou miras são as réguas onde se medem as alturas de cada ponto a nivelar, acima do solo ou ponto de apoio.

Uma mira simples é uma régua de dois metros sobre a qual desliza um alvo. Na parte posterior da régua há uma graduação em decímetros e o alvo arrasta uma pequena régua dividida em milímetros, que permite determinar com a aproximação de 1 mm a altura do centro do alvo acima do solo.

As miras de corrediça de uma segunda parte de 2 metros, que desliza no interior da primeira; possuem uma dupla graduação e podem ter dois alvos.

Nas miras simples ou de correção a leitura é feita pelo porta-mira.



Miras

6.1.3 Prática do nivelamento

Para o estudo do relevo dos solos, deve-se determinar a distância vertical ou diferença de nível dos diversos pontos que o definem, calculando suas cotas ou altitudes. As primeiras são dadas em relação a um plano de referência arbitrário, e as segundas ao nível médio dos mares.

O nivelamento pode ser geométrico, direto ou por alturas, trigonométrico, indireto ou por declives, e físico ou barométrico.

As altitudes são obtidas diretamente pelos barômetros e aneróides, e as cotas pelos níveis de luneta e pelos teodolitos.

Referências de nível

As leituras procedidas no campo devem sempre ser feitas em miras mantidas verticalmente sobre estacas ou sapatas especiais. Para se obter a necessária verticalidade é preferível colocar-se um nível esférico nas costas da mira do que submetê-la a movimento oscilatório para frente e para trás (movimento pendular).

Fora da vertical, a leitura será a de uma hipotenusa e não do cateto que lhe corresponde. O nivelador colocado junto ao instrumento pode controlar unicamente a inclinação longitudinal da mira, devendo estabelecer sinais convencionais como o porta-mira para a oscilação da mesma para um ou outro lado, mudança de estação, permanência na estaca, ou Ra (referência auxiliar) enquanto se muda o instrumento, alongamento da mira, etc.

O porta-mira deve abrir completamente cada segmento ou parte da mira, até que a mola de fixação do fio se adapte no engate, sem o que a leitura feita na parte superior estará errada.

O nível pode ser instalado em qualquer ponto, geralmente fora do alinhamento, pois "as leituras são feitas na intercessão do plano horizontal descrito pelo eixo óptico do nível com a mira verticalizada. Sempre que possível, o nível deve ser instalado a igual distancia dos pontos extremos a nivelar.

A influencia da curvatura da terra e refração atmosférica causa um erro de abaixamento da linha de visada igual a $E (m) = 0,068 D(km)$, que limita o alcance das visadas. Por essa razão as visadas não devem exceder de 100 a 150 metros, e para que também os milímetros na mira possam ser avaliados. A leitura depende do tipo de nível empregado, das condições atmosféricas e do afastamento dos pontos a nivelar.

A exatidão de um nivelamento depende do cuidado das leituras que influem diretamente no fechamento altimétrico da poligonal, isto é, das leituras feitas na primeira visada, após a instalação, para a determinação da altura do instrumento, que se chama visada de ré, e na última de vante, que se chama visada de mudança.

As estacas de vante intermediárias não requerem cuidados especiais, embora devam ser sempre verificadas por um renivelamento de todas as estacas ou, pelo menos, por um contranivelamento entre as estacas de mudança, que aproveita o máximo alcance das visadas para cada lado.

Todas as leituras devem ser feitas com aproximação de milímetros. Com o intuito de fixar no campo pontos que correspondam a cotas de um nivelamento, costumam-se cravar, de quilômetro em quilômetro, ao lado do eixo da linha do projeto, em estradas, ou da poligonal, em topografia, estações amarradas as estacas do alinhamento e referidas a pontos seguros, de fácil identificação, quando necessário, mesmo de corridos anos.

Essas estações são chamadas referencias de nível e se designadas por RN acompanhadas de um número, bem definido na caderneta de nivelamento; por exemplo, RN8, a 15 metros do eixo da estrada, no cruzamento com a estrada para, a direita, junto a um poste telegráfico.

Os RN são artificiais, de boa madeira, com entalhe especial, para inscrição a fogo e aresta para colocação do fio da mira, ou de preferencia, naturais, como uma soleira da porta de um edificio, pedra natural, entalhe em árvore bem desenvolvida, etc.

Nivelamento simples. Instalado o nível de luneta firmemente num ponto M conveniente, que não precisa situar-se na linha a nivelar e sim, aproximadamente equidistante dos pontos extremos, centra-se a bolha de modo que a luneta descreva um plano horizontal em torno do eixo principal do nível. A altura do instrumento, em nivelamento, é a altura do eixo óptico acima do plano de referencia ou Datum. Para determiná-la faz-se uma leitura inicial num ponto de cota conhecida ou arbitrária seja A esse ponto, de cota CA e r a leitura chamada visada de ré.

Duas, portanto, são as regras para nivelar:

1 - A altura do instrumento é igual a soma da visada ré com a cota do ponto onde a mesma foi feita;

2- A cota de um ponto em função da altura do instrumento, é a diferença entre tal altura e a visada a vante lida no mesmo ponto.

Do mesmo modo procede-se para o cálculo das cotas dos pontos intermediários.

O nivelamento simples, que pode ser longitudinal, transversal ou radiante, é o que se faz com apenas uma instalação do nível.

Para achar as diferenças de nível entre quaisquer pontos, subtraem-se as respectivas cotas ou altitudes ou as diferenças entre as visadas.

Nivelamento composto. Quando o desnível é superior a altura da mira, isto é, a quatro metros, o nivelamento será composto, exigindo mais de uma estação do nível. Decompõe-se o trecho a nivelar em outros que possam ser nivelados convenientemente.

Instalado o nível num ponto M, por exemplo é feita uma visada a Ré máxima no ponto A, início da poligonal a nivelar, e outra a vante, mínima, no ponto B e assim; sucessivamente, até atingir o alto da rampa. Na contra-rampa, as visadas serão contrárias, isto é, mínimas a ré, e máximas a vante,

Para evitar erros de diversas naturezas, deve-se instalar o nível, sempre que possível e para maior precisão do nivelamento, o mais próximo dos pontos médios, isto é, em M, N. Também não se deve fazer leituras inferiores a 0,50 m e mesmo a 1 m em dias de sol e hora de forte irradiação e de movimento do ar, em que os raios luminosos próximos ao solo sofrem tal movimento e oscilam de tal modo que as leituras se tornam imprecisas; ocasiões, em que a distancias grandes, é impossível fazer as leituras, devendo-se aproximar mais os pontos a nivelar.

Parte B

7 Projeto de Sinalização

O projeto ora elaborado, obedece as instruções contidas nos Manuais de Sinalização do DENATRAN (Resolução nº 599/82 - Sinalização Vertical a Resolução nº 666/86 - Sinalização Horizontal), cujos textos, juntamente com o do Código de Trânsito Brasileiro, são considerados como parte integrante do projeto, regendo as questões referentes à classificação, forma, cor, dimensões, símbolos, palavras, letras, localização a posição dos sinais, marcas a acessórios.

7.1 Sinalização Vertical

A sinalização vertical é realizada através dos sinais de trânsito, cuja finalidade essencial é transmitir na via pública, normas específicas, mediante símbolos a legendas padronizadas, com o objetivo de advertir (sinais de advertência), regulamentar (sinais de regulamentação) a indicar (sinais de indicação) a forma correta a segura para movimentação de veículos a pedestres.

Com relação a sinalização vertical existente, foi efetuado o cadastramento dos sinais existentes, a verificado o estado de conservação de cada um deles. Considerando a duplicação da pista a conseqüente alteração da operação do tráfego, a tendo em vista a uniformização da sinalização adotada, concluiu-se pelo não aproveitamento dos sinais existentes.

No que concerne a sinalização vertical projetada, além da sinalização de regulamentação e advertência, foi dado ênfase à sinalização indicativa dos retornos a acessos projetados.

Os sinais utilizados no projeto estão apresentados em desenhos específicos, todos relacionados a uma codificação de identificação, onde constam as cores, dimensões, simbologia a mensagens de cada um deles. Para a composição das mensagens, foram utilizadas letras com 20 cm de altura.

Na sua confecção, deverá ser utilizada chapa de aço zincado na espessura de 1,25 mm, com o mínimo de 270 g/cm², de cinco, a película refletiva para o fundo, símbolos, tarjas e letras. As placas deverão ser revestidas na fase útil totalmente com material refletivo tipo "*Scotchilite Fiat-Top*" ou similar, de alta refletividade.

No que se refere à manutenção, todos os sinais deverão ser mantidos na posição correta, limpos a legíveis a qualquer momento. Sinais danificados deverão ser imediatamente substituídos. A manutenção deficiente faz com que os sinais não sejam respeitados. Sinais danificados ou sujos são ineficientes. Cuidados especiais devem ser tomados para que o mato, arbustos ou outros materiais não prejudiquem a visibilidade de qualquer sinal.

7.2 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal é realizada através de marcações no pavimento, cuja função é regulamentar, advertir ou indicar ao usuário da via, quer sejam condutores de veículos ou pedestres, de forma a tornar mais eficiente e segura a operação da mesma. Entende-se por marcações no pavimento o conjunto de sinais constituídos de linhas, marcações, símbolos ou legendas, em tipos e cores diversos, apostos ao pavimento da via.

Com relação a sinalização horizontal projetada, sugere-se a aplicação de pintura refletiva, realizada com material termoplástico aspergido retrorrefletorizado com 1,5 mm de espessura úmida, empregadas em:

- Linha de Bordo: contínua branca com 0,15 m de largura, distando 0,10 m do bordo da pista;
- Linha de Divisão de Fluxo de mesmo sentido de tráfego: tracejada branca com 0,15 m de largura a 4,00 m de comprimento, espaçadas de 12,00 m;
- Linha de Proibição de Mudança de Faixa: contínua branca com 0,15 m de largura;
- Linha de Continuidade: tracejada branca com 0,15 m de largura a 1,00 m de comprimento, espaçadas de 1,00 m;
- Setas, Símbolos e Palavras alocadas sobre o pavimento: em cor branca, com dimensões especificadas no desenho "Marcações no Pavimento".

A sinalização horizontal deverá ser executada de acordo com os detalhes apresentados nos desenhos "Marcações no Pavimento".

7.3 Dispositivos Auxiliares

7.3.1 Tachas e Tachões

São dispositivos auxiliares da sinalização horizontal, constituídos por superfícies refletivas aplicadas ao pavimento da rodovia, dispostas em geral sobre as linhas pintadas, de modo a delimitar a pista, as faixas de rolamento e as áreas neutras (áreas zebradas), permitindo ao condutor melhores condições de operação, principalmente em áreas sujeitas a neblina ou a altos indicadores pluviométricos, ou em percursos à noite.

Neste projeto, foram adotadas tachas e tachões monodirecionais, empregados da seguinte maneira:

- Tacha monodirecional branca com elementos refletivos brancos, com dimensões 10 x 10 x 1,9 cm, aplicadas em: linhas de bordo, linhas de divisão de fluxo de tráfego a linhas de proibição de mudança de faixa;
- Tachão monodirecional branco com elementos refletivos brancos, com dimensões 25 x 16 x 5 cm, aplicados em linhas de canalização de áreas de narizes de mesmo sentido de tráfego;
- Tachão monodirecional amarelo com elementos amarelo, com dimensões 25 x 16 x 5 cm, aplicados em linhas de canalização de áreas de narizes de sentidos opostos de tráfego.

7.3.2 Balizadores

São dispositivos auxiliares de percurso, posicionados lateralmente à via, dotados de unidades refletivas capazes de refletir a luz dos faróis altos de um veículo a cerca de 300 m de distância, de forma a indicar aos usuários o alinhamento da borda da via em segmentos rurais. São particularmente importantes em trajetos noturnos, ou com má visibilidade causada por condições adversas de tempo.

Neste projeto, devido a utilização de tachas ao longo de toda via, foram empregados balizadores nas aproximações a saídas de pontes sobre o Rio Bacamarte e o Riacho Convento.

Os balizadores utilizados foram de dois tipos, conforme seu emprego:

a) nas aproximações a saídas das pontes: balizadores monodirecionais, confeccionados em tubos PVC com interior preenchido com concreto no traço 1:2:4 a quatro ferros OJ 1/4", devidamente amarrados, com diâmetro de 0,10 m e altura de 1,00 m, a área refletorizante medindo 6 x 12 cm, executada com película refletora tipo "Scotchilite Fiat-Top" na cor branca;

b) nas pontes, o início dos guarda-corpos de entrada serão pintados com películas refletizantes tipo "Scotchilite Fiat-Top" de cor preta a prata, em diagonal, formando um ângulo de 45°, com 8 cm de largura, espaçados de 8 cm.

Os detalhes para sua confecção a colocação, são apresentados em desenho específico.

O Projeto de Sinalização é apresentado em forma de diagrama linear esquemático, onde constam as localizações das placas de sinalização utilizadas, e a indicação dos trechos onde a sinalização é apresentada separadamente, em desenhos contendo os detalhes da sinalização horizontal a vertical dos retornos a acessos projetados.

A apresentação do Projeto de Sinalização consta ainda de desenhos contendo instruções recomendadas para execução dos diversos serviços utilizados, tais como:

desenho contendo os sinais tipo utilizados, que são uma reprodução dos sinais contidos na Resolução nº 599/82 do Conselho Nacional de Trânsito;

- desenhos contendo os sinais de indicação, específico para esta rodovia;
- desenho contendo os detalhes para colocação dos sinais verticais;
- desenho contendo os detalhes para confecção dos marcos quilométricos;
- desenhos contendo os detalhes para execução das marcações no pavimento;
- desenhos contendo os detalhes para colocação de balizadores;
- desenhos contendo os detalhes para sinalização de obras;
- desenho contendo os detalhes para execução de defesa.

Finalizando, são apresentados quadros contendo:

- listagem da sinalização vertical, onde é apresentada a localização de todos os sinais verticais em correspondência ao estaqueamento;
- resumo de quantidades, contendo o quantitativo dos diversos serviços de sinalização utilizados no projeto.

7.4 Segurança Rodoviária

Antes do início efetivo dos serviços, a empresa contratada para a execução da obra deverá executar o Projeto de Sinalização de Obras, que constará de Sinalização Vertical e dispositivos de segurança que orientarão os usuários a equipe de construção quanto ao uso da rodovia nos segmentos em obras. Esta sinalização terá como primeira finalidade preservar a segurança do trânsito rodoviário e como finalidade adicional manter os usuários das rodovias federais informados sobre as ações do Governo concernentes à aplicação dos recursos públicos em obras rodoviárias.

As placas deverão estar de acordo com símbolos e padrões em vigor.

Os cones deverão ser de material plástico ou de borracha e os marcadores tubulares de tambor de aço.

Os dispositivos luminosos poderão ser constituídos de lâmpadas colocadas dentro de baldes plásticos vermelhos ou amarelos, com a boca para baixo, previamente aprovados pela autoridade de trânsito.

No Projeto de Execução, são apresentados os principais elementos previstos para a Sinalização de Obras; entretanto, os mesmos poderão ser adaptados em função dos métodos construtivos, garantindo a segurança do usuário.

No início do prazo contratual, a Construtora deverá propor a submeter ao DNER: (i) um plano de execução da obra, onde estejam previstos os procedimentos que serão seguidos na instalação a deslocamento de canteiros de obras a na execução de serviços que venham a interferir diretamente tom os percursos desenvolvidos pelos usuários; (ii) as rotinas de trabalho e de abertura de frentes de trabalho que minimizem o grau de risco ao usuário, acompanhadas dos respectivos Projetos de Sinalização das obras; (iii) um responsável específico para este assunto, cuidando da implantação, operação, manutenção a aperfeiçoamento das rotinas previstas a dos dispositivos de sinalização.

8 Proteção Ambiental

8.1 Arborização

Esta Instrução de Serviço objetiva o tratamento paisagístico e ambiental das faixas de domínio a lindeiras das rodovias federais, mediante a implantação de arborização adequada, harmoniza o campo visual a colabora para que a rodovia se integre na paisagem a transmita conforto a segurança aos usuários.

O Projeto Paisagístico trata a seleciona o tipo e a vegetação compatível com a fitogeografia da região, com base no equilíbrio biológico existente nas diferentes coberturas vegetais dos ecossistemas brasileiros.

Na fase de projeto da rodovia este detalhamento deverá estar integrado com o projeto de paisagismo, em harmonia com os demais tipos de equipamentos, tais como áreas de descanso, mirantes, sítios históricos, arqueológicos a turísticos.

Na fase de operação da rodovia deverá ser realizado um trabalho de reposição das espécies, ou introduzidas melhorias paisagísticas, relativas aos aspectos visual a funcional, objetivando combater os efeitos da oclusão visual a do ofuscamento produzido pelos faróis dos veículos.

Durante a construção deverão ser implantadas as espécies indicadas no projeto, preservando-se na medida do possível a vegetação natural existente.

Objetivando, predominantemente, atender à segurança a ao conforto dos usuários das rodovias, deverão ser adotadas as seguintes diretrizes principais:

a) a arborização deverá estar totalmente integrada à paisagem, de modo a contribuir para a harmonia visual do conjunto constituído pelos elementos construtivos , arquitetônicos e a vegetação local;

b) ao longo da rodovia dever-se-á priorizar os maciços vegetais de grandes volumes, por serem mais significativos, em locais intermitentes nas tangentes longas, contribuindo para reduzir a monotonia, bem como nas imediações das curvas, para combater os efeitos da oclusão visual;

c) as árvores de porte deverão ser plantadas em locais isolados a distantes, no mínimo 5m do bordo dos acostamentos, e, sempre que possível em nível superior ao da plataforma, de maneira a eliminar a possibilidade de ocorrência de acidentes decorrentes de colisões frontais dos veículos com estas;

d) deverá ser evitado o plantio de árvores de porte elevado em linha, a não ser que haja interesse paisagístico ou de segurança;

e) a arborização deverá ser constituída por maciços pluriespecíficos, variando a altura, o volume, a textura e a cor, devendo estarem espaçados assimetricamente, tendo como contraponto árvores isoladas a afastadas da pista de rolamento e;

f) os casos em que a rodovia atravessar bosques, ou trechos densamente arborizados, não haverá necessidade de plantio na faixa de domínio, exceto para os arbustos que possibilitarão a criação de um estrato intermediário entre o maciço arbóreo e o estrato herbáceo de revestimento vegetal

g) não deverão ser plantadas árvores frutíferas na faixa de domínio das rodovias, evitando-se interferência com as condições de segurança

A seleção das espécies deverá ser considerada como fator relevante nos trabalhos de vegetação a de revegetação das faixas das rodovias. Para tanto, deverão ser adotados critérios agrônômicos, visando a adaptabilidade ecológica, as exigências de porte a vigor vegetal, além dos aspectos estéticos.

Considerando a grande diversidade do bioma no território nacional, com dimensões continentais, ao se selecionar as espécies deverão ser considerados os fatores que conduzem ao equilíbrio biológico existente nas diferentes coberturas vegetais dos ecossistemas brasileiros, através dos diferentes domínios, a saber: o amazônico, do cerrado, da caatinga, da data Atlântica, da araucária, das pradarias a de transição

A execução da arborização de um trecho da rodovia, após definida a forma, os quantitativos a os tipos das espécies vegetais a serem implantadas, deverá obedecer às seguintes etapas a)

preparo das mudas; b) transportar c) plantio; d) registro dos dados a monitoramento no período de aclimação.

O preparo das mudas deverá ser realizado em horto, ou instalações adequadas, com área suficiente a canteiros especialmente preparados para esta finalidade, através da obtenção de sementes produzidas por matrizes selecionadas. Estas matrizes, tanto de natureza arbórea como arbustiva, deverão ser resultantes de espécies produzidas em viveiros a destinadas a fornecer as sementes que darão origem às mudas utilizadas para o plantio das áreas a serem arborizadas. Cuidados especiais deverão ser adotados em relação aos canteiros, constituídos por camadas drenante, de esterco a de solo areno-argiloso.

As sementes serão introduzidas nos canteiros, cobertas com tela fina para a proteção contra a insolação a as chuvas intensas que podem prejudicar o seu desenvolvimento. Esta proteção deverá ser mantida até o início da germinação, quando deverá ser realizada a aclimação das mudas no canteiro, retirando-se a cobertura, inicialmente em intervalos de horas, em seguida de dias e, finalmente, retirando-se definitivamente a cobertura.

Ao atingir a altura de 5 cm as mudas deverão ser transplantadas para sacos plásticos, procedendo-se a novo processo de aclimação das mudas no ripado, durante 15 dias, procurando-se mantê-las na sombra durante 50% do tempo.

As mudas deverão permanecer, no local denominado pátio de espera, até alcançarem alturas de 0,50 a 1,50 m, quando estarão aptas para serem utilizadas no plantio. Antes de serem transportadas para o plantio deverão ser adubadas a receber tratamento fitossanitário.

O transporte das mudas exigirá o máximo de cuidados, principalmente quando se utilizar espécies mais sensíveis, devendo-se colocar, no fundo da carroceria do caminhão, uma camada de argila que deve ser saturada, objetivando evitar a queima das raízes que tenham perfurado os sacos plásticos nos quais tenham sido acondicionadas. Sobre as mesmas deverá ser colocado um encerado para evitar, durante o transporte, a ação do sol a do vento.

O plantio das mudas deverá ser executado mediante a abertura de covas, com dimensões de 0,50x0,50x0,50 m, aproximadamente, colocando-se as mudas no interior das mesmas a preenchendo-se com terra e esterco, sendo este último na quantidade de 3 a 4 litros por cova. A abertura das covas, ao longo do trecho a ser arborizado, deverá reproduzir as características apresentadas, isto é, distribuindo-as em grupamentos intercalados, variando de acordo com a textura, a altura e a cor das flores, ou mesmo das folhas

O registro do plantio e monitoramento deverá ser realizado através do preenchimento de formulários, previamente preparados, nos quais constem a natureza da espécie, a procedência, o local do plantio, a data e o nome do responsável pelo mesmo. O monitoramento destina-se ao acompanhamento do desenvolvimento das mudas durante o período de aclimação. Nesta etapa deverão ser realizadas as correções e substituição das mudas que não apresentarem desenvolvimento satisfatório.

8.2 Horto Florestal

Destina-se a orientar a implantação de hortos florestais no preparo e formação de espécies, para a reposição da cobertura vegetal das faixas de domínio ~~a margens~~ das rodovias.

Os hortos florestais deverão ser distribuídos por diferentes regiões, possibilitando a perfeita execução de plantios em qualquer época do ano, com mudas disponíveis em quantidade suficiente, para atender a execução de projetos regionais de reposição da cobertura vegetal e de conservação das rodovias.

A principal atividade deverá ser a produção de mudas para atender ao reflorestamento de áreas mais vulneráveis, tais como, as margens das faixas lindeiras das rodovias e dos corpos d'água, as encostas, etc.

O DNER deverá propor a realização de Convênios com os municípios, Universidades, Institutos Florestais, além de outras organizações interessadas, para a implantação de hortos florestais, de forma a otimizar a produção de mudas e sementes.

Os hortos florestais deverão estar situados em terrenos planos e cercados, de preferência, próximos a reservatórios de água e protegidos dos ventos. As mudas deverão germinar em ripados que as protegerão devendo, ainda, serem instalados depósitos para os materiais, as esterqueiras e as áreas de transplante.

8.3 Atividades desenvolvidas

8.3.1 Obtenção e Armazenamento de Sementes

As sementes deverão ser selecionadas de acordo com critérios agronômicos, baseados nas regiões fitogeográficas do território nacional.

Há instituições especializadas onde pode-se obter as sementes de espécies florestais nativas, como Hortos Florestais públicos e particulares, universidades e Jardins Botânicos.

8.3.2 Produção de Composto Orgânico

Nos substratos utilizados nas sementeiras a recipientes individuais devem ser utilizados estrumes orgânicos bem curtidos, que podem ser obtidos através de restos de cultura do próprio viveiro.

A produção de composto orgânico visa melhor aproveitamento de esterco animal a restos de cultura, originando um adubo orgânico de baixo custo a de ótima qualidade.

8.3.3 Produção de Mudas

Para um bom resultado, é necessário que se tenha solo fértil, mais ou menos pulverulento, fino, livre de torrões a rico em nutrientes.

A Chefia dos DRF^s deverão tomar a iniciativa de propor a realização de convênios para a implantação a manutenção dos hortos, de maneira que possam, também, atender as necessidades de reflorestamento dos municípios.

8.3.4 Espécies Vegetais recomendadas

São apresentadas, a seguir, as principais espécies vegetais recomendadas para utilização na recuperação ambiental na faixa lindeira das rodovias. Destinam-se para a proteção contra erosão e minimização da propagação das queimadas, discriminadas a seguir:

Peroba, pau-pombo, maria-mole, castanha-da-praia, almecegueira, embaúva, oiti, diadema, tapiá, licurana, caxim, guanandi, bacupari, abricó-de-macaco, jarana, cainga, pacová-de-macaco e fava-de-bolota.

8.4 Queimadas

Proteger ou atenuar, do ponto de vista ambiental, os efeitos físicos, biológicos a antrópicos, adversos, causados pela queimada da cobertura vegetal das faixas lindeiras a de domínio das rodovias.

Os serviços de preservação contra queimadas nas faixas deverão ser realizados durante a etapa de conservação rotineira das rodovias. Tipos de vegetação resistentes ao fogo deverão ser implantados nesta fase, mediante a seleção através de critérios agrônômicos.

A classificação mais adequada para definir os tipos de queimadas se baseia no seu grau de envolvimento de cada estrato combustível florestal, desde o solo mineral até o topo das árvores.

As queimadas são classificadas em subterrâneas, superficiais a de copas, principalmente em decorrência dos seguintes aspectos:

- a) queima de restos de culturas, palhadas a gravetos;
- b) limpeza de pastagens, com fogo não controlado;
- c) queima provocada por fogueiras em acampamento, não apagadas devidamente, pontas de cigarros, outras formas de descuidos, e;
- d) garrafas ou cacos de vidro, sobre a vegetação seca, funcionando como lentes a provocando combustão

Os impactos ambientais negativos provocados pelas queimadas, acidentais ou voluntárias, produzidas nas faixas poderão originar os seguintes fatores adversos;

8.4.1 Impactos negativos de natureza física

Resultantes da destruição dos seguintes dispositivos: a) cercas de madeira de delimitação das faixas de domínio; b) sinalização vertical; c) placas de propaganda; d) eventuais instalações de apoio em pré-moldados de madeira e; e) instalações de serviço.

8.4.2 Impactos negativos de natureza biológica

f) cobertura vegetal de proteção do solo, com relevância nos taludes dos comes a aterros. indispensáveis para a proteção dos mesmos contra a erosão; g) reservas florestais, e; h) o "habitat" da fauna.

8.4.3 Impactos negativos de natureza antrópica:

i) produção de fumaça, prejudicando a visibilidade; j) acidentes devido a falta de visibilidade associada à redução de velocidade dos veículos; k) poluição atmosférica através da emissão de gases tóxicos a particulados, e ; l) dificuldades para o tráfego aéreo, em algumas regiões, e; m) problemas acarretados às propriedades particulares.

Com relação as medidas de proteção deverão ser executadas medidas durante a realização dos serviços de conservação rotineira, adotando-se, além das recomendações do Corpo Normativo Ambiental do DNER, as seguintes:

- a) realização de roçada a capina, utilizando-se ferramentas a equipamentos adequados;
- b) não utilização de explosivos para a remoção de vegetação ou desmatamentos;
- c) não permitir o use de herbicidas a desfolhantes;
- d) execução de aceiros na periferia de matas, bosques a capoeiras;
- e) construção de cortinas de segurança utilizando reflorestamentos com espécies florestais

que ofereçam maior resistência à propagação do fogo;

f) utilização de espécies vegetais que sejam resistentes ao fogo, e;

g) eliminação dos resíduos vegetais provenientes da poda a roçado nos acostamentos a no canteiro central, mediante queima controlada, em local adequado, tais como valetões ou áreas protegidas por aceiros impossibilitando a propagação do fogo.

h) aproveitamento dos resíduos da capina para emprego como adubo nas áreas degradadas. Para se atacar um incêndio florestal, com equipes de combate, existem três métodos, usados de acordo, com a intensidade do fogo

a) o fogo é atacado diretamente com abafadores ou através de aplicação de água ou terra,

b) construção de um pequeno aceiro de 1,0 m de largura, paralelo à linha do fogo,

c) se a intensidade do fogo for alta, deve-se abrir um aceiro largo na frente do fogo a usar o contra fogo para ampliar o aceiro ainda mais

Aceiros são técnicas preventivas destinadas a quebrar a continuidade do material combustível. Constituem-se basicamente de faixas livres de vegetação, superior a 5 m, onde o solo permanece exposto, ou protegido por leguminosas resistentes ao fogo, dificultando a propagação das queimadas a extremamente úteis como meios de acesso a de pontos de apoio para as turmas de combate.

As cortinas de segurança são técnicas que, basicamente, alteram a inflamabilidade do material combustível.

Quando existem grandes extensões reflorestadas com espécies altamente combustíveis, sujeitas a incêndios de copa, o estabelecimento de faixas de espécies menos inflamáveis, formando verdadeiras cortinas, oferecem maior resistência à propagação dos incêndios. Nas margens dos aceiros e ao longo das divisas da faixa de domínio das rodovias, também podem ser plantadas linhas com espécies menos inflamáveis, para reduzir a propagação de possíveis incêndios.

As espécies vegetais que perdem parte das folhas em determinadas épocas do ano, não devem ser utilizadas, pois as folhas caídas formam uma camada de material facilmente inflamável.

Cuidados especiais devem ser adotados em relação à utilização de gramíneas nas faixas de domínio, face ao seu comportamento durante a estação seca, tornando-se altamente inflamável. Também deverão ser evitados esforços para eliminar determinadas espécies, como o capim colômbio, que invadem o canteiro central a as proximidades dos acostamentos das rodovias,

alcançando alturas elevadas por ocasião das chuvas, da ordem de 2 m, tornando-se altamente combustíveis ao secarem sob a ação do sol.

Como alternativa utilizar as granúneas consorciadas com plantas que não sofrem de intensa perda de água durante a estação seca, tais como, as leguminosas forrageiras e as gibóias (Araceas), de fácil desenvolvimento.

Recomenda-se a margaridinha silvestre, com pequenas flores amarelas, se possível, ao longo das cercas que dividem as faixas de domínio, funcionando como um aceiro verde.

Explicações finais sobre a obra

1ª Etapa – Identificação da Jazida

Localiza-se a jazida, através de sondagens simples, do solo correspondente a camada em execução, próximo ao trecho em andamento, de preferência as margens da rodovia ou em fazendas circunvizinhas.

2ª Etapa – Aprovação da Jazida

Amostras são colhidas e levadas ao laboratório, para que sejam caracterizadas, a partir dos ensaios de caracterização, e classificadas de acordo com as Normas.

3ª Etapa – Exploração da Jazida

Acordos são fechados com os donos de fazendas, na forma de troca, para que a exploração da jazida ocorra.

Obs.: Troca – obras que beneficie a fazenda do correspondente dono, como:

- Pequenas barragens
- Melhoramento de estradas
- Aprofundamento de açudes
- Etc.

4ª Etapa – Transporte do Material ✓

Geralmente o transporte ocorre em caminhões tipo basculante comum ou fora-de-estrada, dependendo da localização do trecho e do volume de solo a ser transportado.

5ª Etapa – Lançamento do Material ✓

O material trazido da jazida, depositava-se num dos bordos (esquerdo ou direito) do trecho, para facilitar o trabalho de espalhamento e nivelamento da camada.

6ª Etapa – Execução da Camada ✓

Após espalhamento do material, o mesmo é trabalhado da seguinte forma:

- Com o caminhão “pipa”, o solo é umedecido próximo da umidade ótima estabelecido em laboratório;
- Com a grelha e o trator nivelador (usualmente chamado de “patrol”), o solo é homogeneizado;
- Com o trator nivelador, o solo é colocado na cota estabelecida em projeto, já demarcada com “piquetes”(referências). Atenta-se, nesta etapa, para o empolamento (abatimento) do solo, necessitando aumentar cota.
- Com o rolo, tipo pé-de-carneiro vibratório, é feito a compactação do solo.

As camadas da estrutura da rodovia, foram divididas da seguinte forma,(ver anexo):

Primeira camada – Corpo de aterro e/ou corte (Sub-leito);

Segunda camada – Material selecionado 01, MS1 (Leito 01);

Terceira camada - Material selecionado 02, MS2 (Leito 02);

Quarta camada – Sub – Base;

Quinta camada – Brita Graduada Simples, BGS (Base);

Sexta camada – Concreto Asfáltico 01, Bider (7 cm); *Binder*

Sétima camada - Concreto Asfáltico 02, Capa ou revestimento (5 cm);

7ª Etapa – Controle tecnológico**Sub-base e base**

Teor de umidade – deve ser feita imediatamente antes da compactação, em pontos espaçados de 100 metros da pista;

Massa específica aparente (densidade in situ) – deve ser feita em pontos afastados de, no máximo, 100 metros da pista, exigindo-se um grau de compactação de 100% em relação ao Proctor Normal.

Corpo de aterro e/ou corte e sub-leito

Determina-se a densidade aparente seca de campo (densidade in situ), exigindo-se um grau de compactação de 100% em relação ao Proctor Normal ou 95% em relação ao Proctor Modificado.

O mesmo, deve ser feito a cada 200 metros de pista;

8ª – Etapa – Controle geométrico

Após o controle tecnológico, a equipe da topografia deve atestar o nivelamento do trecho, a partir das cotas de projeto.

9ª – Etapa – Liberação do trecho para nova camada

Conclusão

Tendo em vista a pequena experiência adquirida, diante de uma obra tão grandiosa, como assim representa a duplicação da BR-230 para Paraíba, concluo que serão necessários anos de dedicação para um entendimento mais sólido sobre todas as etapas que envolveram a mesma.

Bibliografia

- De senço , Wlastermilen, Manual de Técnicas de Pavimentação, volume I, editora PINI;
- INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA ,Curso de Tecnologia de Solos, volume I;
- Caputto, Homero Pinto, Mecânica dos solos e suas aplicações, volume I,II e III, editora

Livros técnicos e científicos;

- Baptista, Cyro Nogueira, Pavimentação, Tomo I,II e III, editora Globo;
- Afonso Rico e Hermilo Del Custillo, La Ingniería de Suelos en las vias Terrestres,
capítulo 4.

Anexos

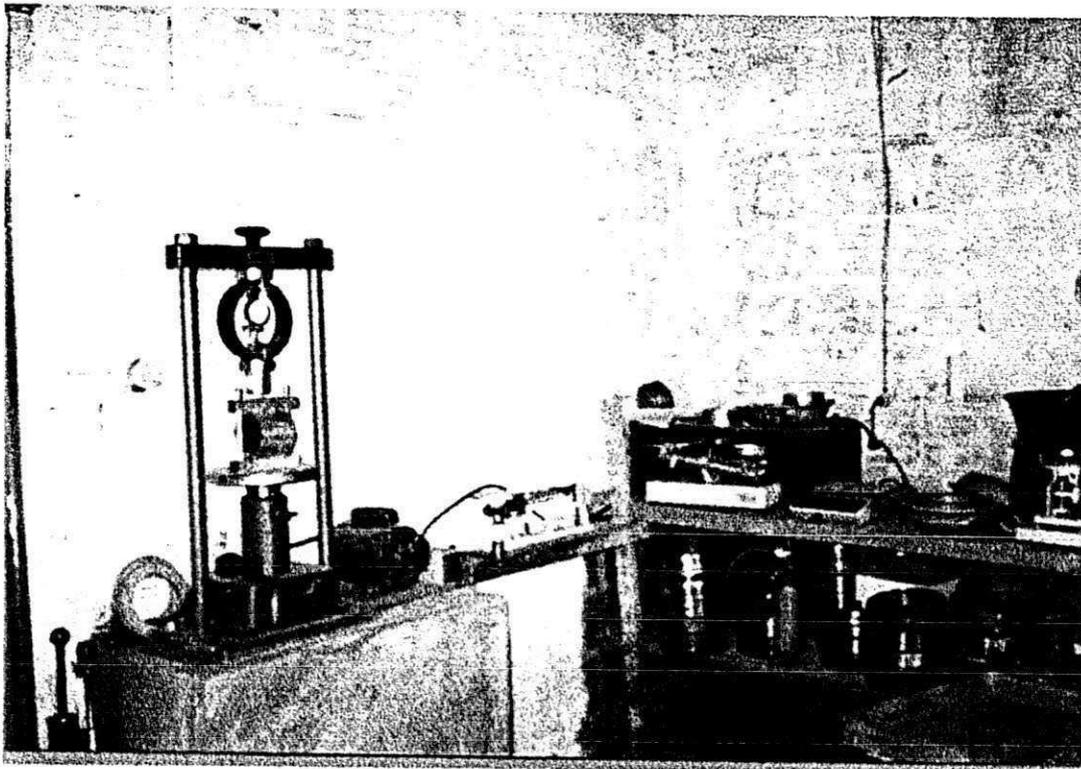


Foto 01 – Balanças de laboratório (Várias Precisão *Susabilidade*)



Foto 02 – Execução das camadas do pavimento

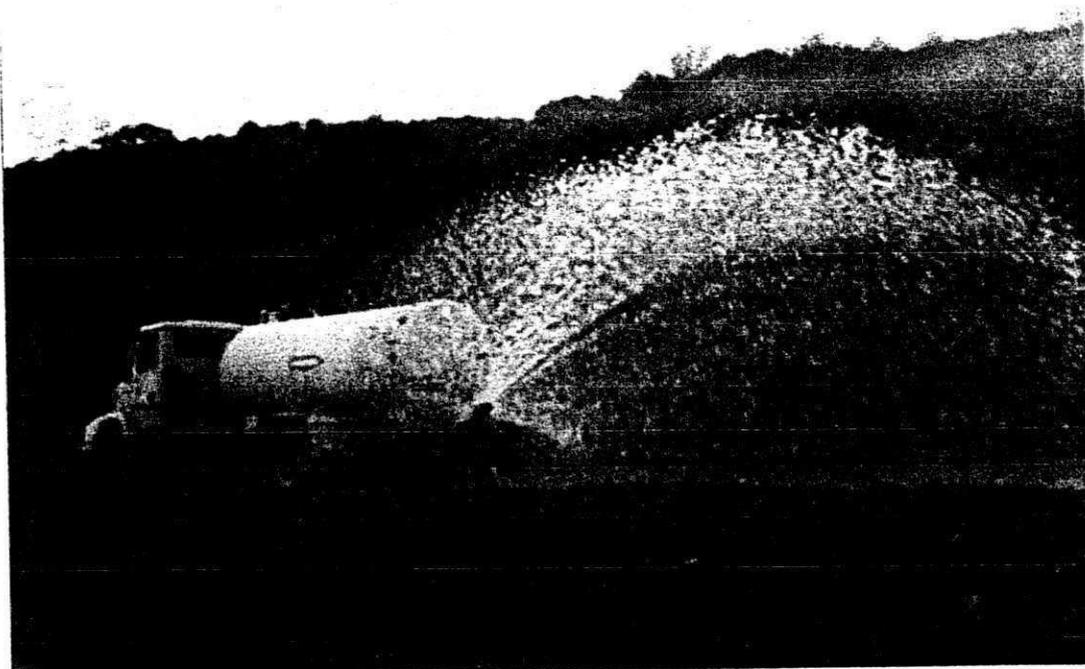


Foto 03 – Execução das camadas do pavimento

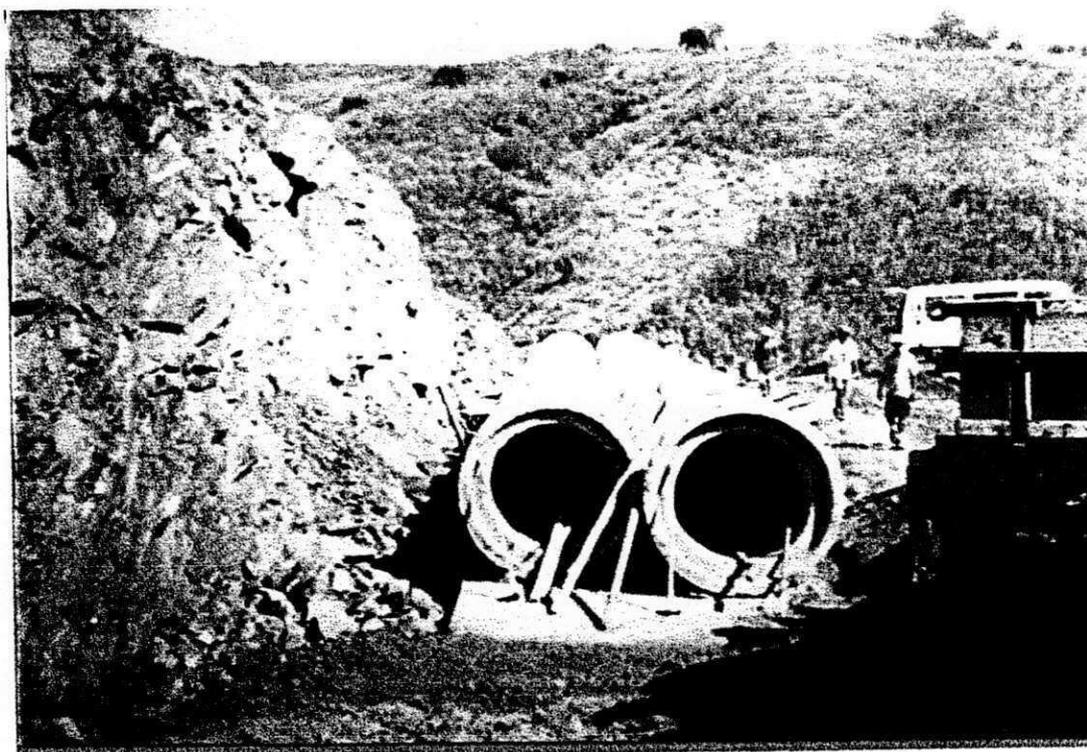


Foto 04 – Obras de drenagem



Foto 05 - Equipamentos de laboratório para determinação de características das partículas finas presentes numa amostra de solo.

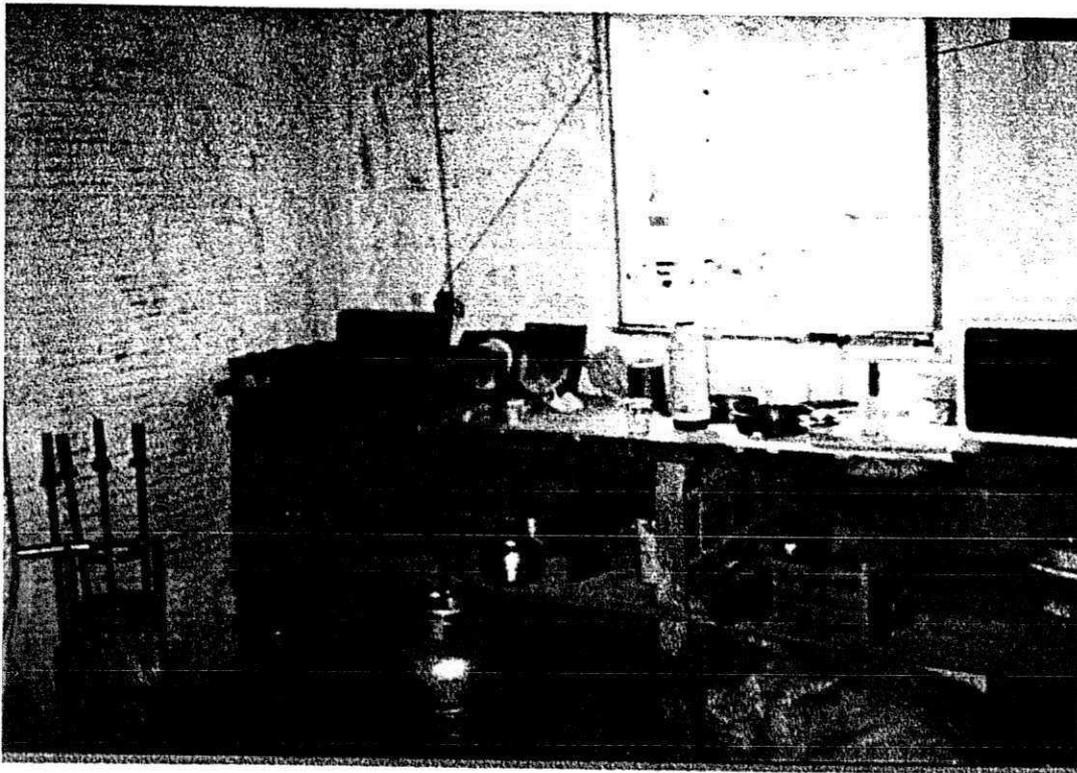


Foto 06 – Equipamentos de laboratório para secagem de amostras de solo.

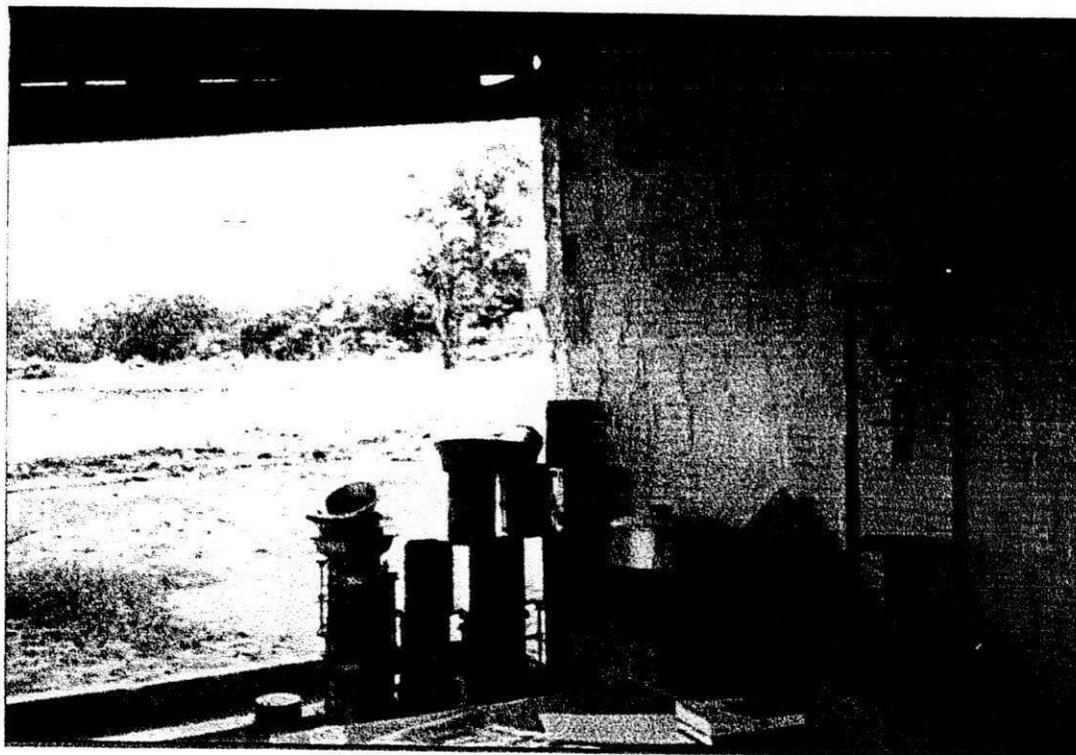


Foto 07 – Equipamentos de laboratório para determinação do CBR das amostras de solo.



Foto 08 – Transporte de materiais.

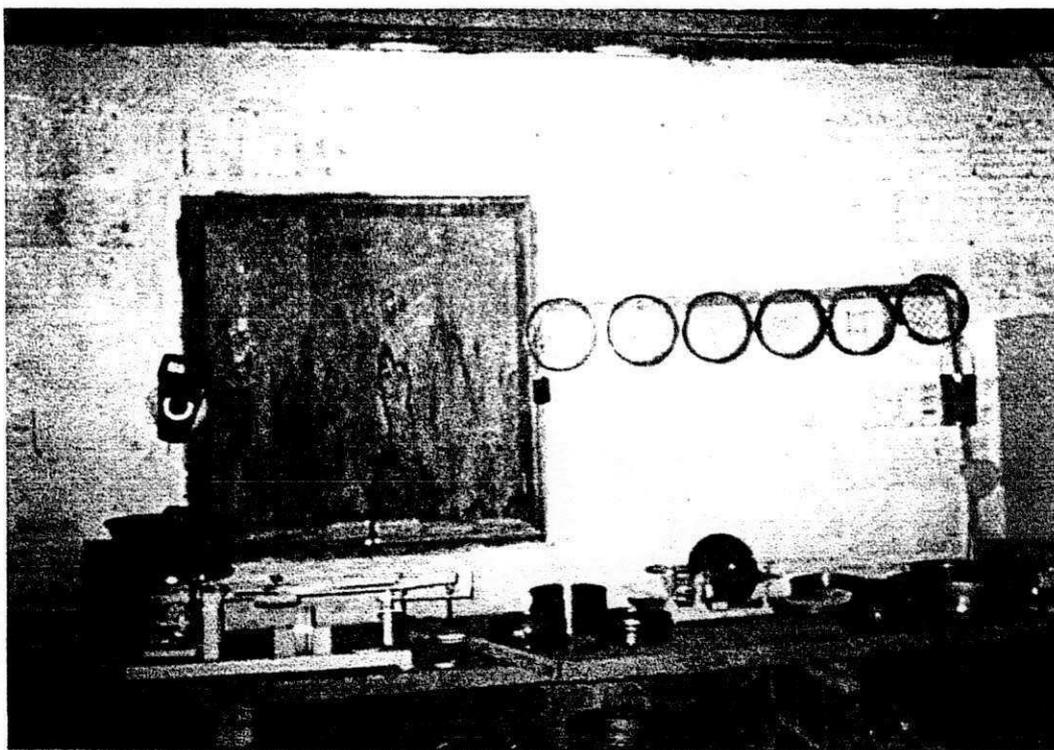


Foto 09 – Série de peneiras do laboratório