

DNIT

Publicação IPR - 742

MANUAL DE IMPLANTAÇÃO BÁSICA DE RODOVIA

3ª Edição

2010

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS**

MINISTRO DOS TRANSPORTES
Dr. Paulo Sérgio Oliveira Passos

DIRETOR GERAL DO DNIT
Dr. Luiz Antonio Pagot

DIRETOR EXECUTIVO DO DNIT
Eng.º José Henrique Coelho Sadok de Sá

DIRETOR DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA
Eng.º Hideraldo Luiz Caron

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
Eng.º Chequer Jabour Chequer

**MANUAL DE IMPLANTAÇÃO BÁSICA
DE RODOVIA**

EQUIPE TÉCNICA

Eng.º José Luís M. Britto Pereira – Coordenador - Engesur
Eng.ª M. Lúcia B. de Miranda – Supervisora - Engesur
Eng.º Alayr Malta Falcão – Consultor Engesur
Téc.ª Célia de Lima M. Rosa – Informática - Engesur
Téc.º Luiz Carlos Aurélio – Informática - Engesur
Téc.ª Carolina L. de Carvalho – Informática - Engesur

COMISSÃO DE SUPERVISÃO

Eng.º Gabriel de Lucena Stuckert – Coordenador Técnico – IPR/DNIT
Eng.º Pedro Mansour – Supervisor Técnico – IPR/DNIT
Bibl.ª Heloisa Maria Moreira Monnerat – Supervisora Administrativa – IPR/DNIT

COLABORADORES:

Eng.º Eider Gomes da Rocha – ATP Engenharia Ltda.
Bibl.ª Tânia Bral Mendes – Apoio Administrativo – IPR/DNIT
Estat. Dener dos Santos Coelho – Informática – IPR/DNIT

PRIMEIRA EDIÇÃO - 1968

EQUIPE TÉCNICA DO DNER

Eng.º Amarílio Carvalho de Oliveira	Eng.º Mário Brandi Pereira
Eng.º Antônio Lopes Pereira	Eng.º Newton Cyro Braga
Eng.º Homero Pinto Caputo	Eng.º Paulo Alvim Monteiro de Castro
Eng.º Ivan Bellas de Lima Borba	Eng.º Plínio Neuenschwander
Eng.º Luiz Gonçalves de Araújo Pinheiro	Eng.º Salvador Schmidt
Eng.º Luiz Ribeiro Soares	Eng.º Thomaz João Larycz Landau

SEGUNDA EDIÇÃO - 1996

EQUIPE TÉCNICA

Eng.º Alayr Malta Falcão	Eng.º Mauricio Ehrlich
Eng.º João Menescal Fabrício	Eng.º Marcio S. S. Almeida
Eng.º Henrique Alexis Ernesto Sanna	

COMISSÃO DE REVISÃO TÉCNICA

Eng.º Silvio Figueiredo Mourão - DNER	Eng.º Alayr M. Falcão - Consultor/Coordenador
Eng.º Arjuna Sierra - DNER	Eng.º Henrique Wainer - ABNT
Eng.º Humberto Romero de Barros - DNER	Eng.º Guioberto Vieira de Rezende - ABNT
Eng.º Gilgamés A. Bento - DNER	Eng.º Belmiro P. T. Ferreira - ABNT
Eng.º Fernando Medeiros Vieira - DNER	Eng.º Galileo A. de Araújo - ABNT
Eng.º Rivaldo Cafagni - DNER	Eng.º Reynaldo Lobianco - ABNT
Econ.ª Nilza Mizutani – DNER	
Eng.º Dultevir G. V. de Melo - DNER	
Eng.º Artur José de S. Santos (DNER)	

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

Manual de implantação básica de rodovia. – 3. ed. - Rio de Janeiro, 2010.
617p. (IPR. Publ. 742).

1. Rodovias – Projetos – Manuais. I. Série. II. Título.

CDD 625.7220202

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS

Publicação IPR 742

MANUAL DE IMPLANTAÇÃO BÁSICA DE RODOVIA

3ª edição

RIO DE JANEIRO
2010

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
Rodovia Presidente Dutra, km 163 – Vigário Geral
CEP.: 21240-000 – Rio de Janeiro – RJ
Tel.: (21) 3545-4504
Fax.: (21) 3545-4482/4600

e-mail.: ipr@dnit.gov.br

TÍTULO: MANUAL DE IMPLANTAÇÃO BÁSICA DE RODOVIA

Primeira edição: 1968

Segunda edição: 1996

Elaboração: DNIT / ENGESUR

Contrato: DNIT / ENGESUR 264 / 2007 – DIREX

Aprovado pela Diretoria Colegiada do DNIT em 13 / 10 / 2010

Processo administrativo: 50607.003251/2009-31

APRESENTAÇÃO

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes vem apresentar a 3ª edição do Manual de Implantação Básica de Rodovia, que desde sua primeira edição, de 1968, teve como principal finalidade servir como referência aos engenheiros encarregados das obras de construção rodoviária, visando estabelecer critérios uniformes para a execução destas obras, adotando como referência, métodos advindos de sua experiência e de outros centros de tecnologia.

Assim, o Manual de Implantação Básica de Rodovia reúne um conjunto de ensinamentos e orientações que se mostraram de grande utilidade para o meio rodoviário brasileiro, isto é, do DNIT e dos Órgãos Rodoviários Estaduais, na implementação de seus programas de obras.

Com a evolução tecnológica que atingiu não só os materiais e equipamentos, mas, também, os métodos de execução, tornou-se necessária a revisão do Manual, para que se procedesse à sua atualização e adaptação a fim de que pudesse continuar a atender seus objetivos.

Portanto, o Manual de Implantação Básica de Rodovia é apresentado à comunidade rodoviária, esperando este IPR que os técnicos e profissionais que venham a utilizá-lo possam usufruir dos benefícios decorrentes, visando atingir a necessária uniformização e normalização de métodos e procedimentos.

Na oportunidade, solicita-se aos que utilizarem este Manual, que enviem suas contribuições e críticas, por carta ou e-mail, para: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, Rodovia Presidente Dutra, Km 163 – Centro Rodoviário – Vigário Geral – Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21240-000, e-mail: ipr@dnit.gov.br

Engº Civil CHEQUER JABOUR CHEQUER
Gerente de Projeto – DNIT
Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Matriz de transportes	38
Figura 2 – VMD – Volume médio diário de tráfego – Rede Federal	38
Figura 3 – Plataforma de uma rodovia.....	46
Figura 4 – Pistas duplas paralelas	50
Figura 5 – Pistas duplas independentes (em desnível).....	50
Figura 6 – Elementos e indicações pertinentes aos bueiros	56
Figura 7 – Fluxo da água superficial.....	58
Figura 8 – Fluxo da água subterrânea	62
Figura 9 – Drenos subterrâneos	62
Figura 10 – Camada drenante	63
Figura 11 – Seções de drenos profundos	64
Figura 12 – Sistema de drenagem em pista simples	66
Figura 13 – Seção transversal típica de um pavimento flexível	74
Figura 14 – Perfil da estrutura do pavimento.....	74
Figura 15 – Fluxograma geral do processo de licenciamento.....	77
Figura 16 – Fluxograma de processo de licenciamento simplificado – Fase de obtenção da LP..	78
Figura 17 – Fluxograma dos estudos ambientais	100
Figura 18 – Área pesquisada/alternativas	118
Figura 19 – Cartografia de ocorrências (1)	122
Figura 20 – Cartografia de ocorrências (2)	122
Figura 21 – Área de influência de posto meteorológico	126

Figura 22 – Amarração por pontos de segurança.....	135
Figura 23 – Escondidade	137
Figura 24 – Levantamento cadastral – Área urbanizada.....	139
Figura 25 – Levantamento cadastral – Área não urbanizada	140
Figura 26 – Elementos de concordância – Curva circular	142
Figura 27 – Elementos de concordância curva de transição	142
Figura 28 – Elementos de concordância convexa.....	143
Figura 29 – Projeto geométrico – Elementos em planta e perfil.....	145
Figura 30 – Comprimento da curva de transição	148
Figura 31 – Tipos de banquetas de visibilidade.....	152
Figura 32 – Seção transversal corrigida.....	154
Figura 33 – Posição das sondagens – $L \leq 200$ m.....	166
Figura 34 – Posição das sondagens – Perfil assimétrico.....	166
Figura 35 – Posição das sondagens – $L > 200$ m.....	167
Figura 36 – Representação de materiais de 1ª categoria.....	176
Figura 37 – Convenções para representação de solos e rochas.....	177
Figura 38 – Curvas de controle de compactação	179
Figura 39 – Ensaio ISC completo	180
Figura 40 – Pontos de sondagens – Empréstimos – Zonas de corte	182
Figura 41 – Pontos de sondagem – Empréstimos – Zonas de aterro	183
Figura 42 – Curva de compactação.....	200
Figura 43 – Cálculo do volume do prisma por duas seções transversais consecutivas	201
Figura 44 – Perfil genérico do solo.....	219
Figura 45 – Depósito de tálus	224
Figura 46 – Fases de um solo.....	225

Figura 47 – Índices físicos	231
Figura 48 – Correlações entre os diversos índices físicos	234
Figura 49 – Gráfico de compactação	238
Figura 50 – Curvas de compactação para diferentes energias	238
Figura 51 – Resistência ao cisalhamento	240
Figura 52 – Dimensões das partículas.....	244
Figura 53 – Seção transversal de aterro	264
Figura 54 – Seção transversal de corte.....	264
Figura 55 – Desmatamento – Corte em paralelo.....	269
Figura 56 – Desmatamento – Corte em retângulo	269
Figura 57 – Modalidades de cortes	272
Figura 58 – Plano de fogo	277
Figura 59 – Plano de fogo mostrando a seqüência da explosão.....	277
Figura 60 – Implantação de aterros.....	282
Figura 61 – Aterro em meia encosta	283
Figura 62 – Estabilidade de taludes – Desprendimento	292
Figura 63 – Estabilidade de taludes – Escorregamento	292
Figura 64 – Estabilidade de taludes – Rastejo	293
Figura 65 – Controle de taludes de cortes – Esquadro.....	294
Figura 66 – Marcação de taludes de cores com esquadros	295
Figura 67 – Marcação de taludes de aterros com esquadros.....	296
Figura 68 – Marcação de taludes de aterros – Régua	297
Figura 69 – Seção transversal de um corte escalonado.....	298
Figura 70 – Vista longitudinal de um corte escalonado.....	298
Figura 71 – Estabilidade de aterros – Recalque por adensamento.....	301

Figura 72 – Estabilidade de aterros – Ruptura por afundamento.....	301
Figura 73 – Estabilidade de aterros – Ruptura por escorregamento	302
Figura 74 – Drenagem de cortes escalonados	308
Figura 75 – Esquema de canteiro de serviços	322
Figura 76 – Instalação de britagem	339
Figura 77 – Trator de esteiras	350
Figura 78 – Escavação em transporte com trator de lâmina fixa (esquema)	350
Figura 79 – Trator com lâmina angulável	351
Figura 80 – Escavação e transporte com trator de lâmina angulável	351
Figura 81 – Scraper rebocado	352
Figura 82 – Moto-scrapers	353
Figura 83 – Pá carregadeira	354
Figura 84 – Escavadeira hidráulica	355
Figura 85– Motoniveladora.....	355
Figura 86 – Caminhão basculante.....	356
Figura 87 – Caminhão fora-de-estrada.....	357
Figura 88 – Caminhão de carroceria fixa.....	357
Figura 89 – Caminhão pipa.....	358
Figura 90 – Caminhão betoneira.....	358
Figura 91 – Cavalo mecânico.....	359
Figura 92 – Caminhão comboio de lubrificação.....	359
Figura 93 – Rolo pé de carneiro.....	360
Figura 94 – Rolo vibratório.....	361
Figura 95 – Rolo pneumático.....	362
Figura 96 – Betoneira.....	363

Figura 97 – Bomba d'água.....	364
Figura 98 – Grupo gerador.....	364
Figura 99 – Vibradores para concreto.....	365
Figura 100 – Compactador manual.....	366
Figura 101 – Resistência de rampa	370
Figura 102 – Placas de sinalização vertical de advertência de obras.....	388
Figura 103 – Placas de sinalização vertical de regulamentação	391
Figura 104 – Sinalização com bandeiras.....	402
Figura 105 – Sinalização portátil	403
Figura 106 – 1º caso: Eixo não relocado.....	456
Figura 107 – 2º caso: eixo relocado	457
Figura 108 – Volume entre seções em corte	459
Figura 109 – Expressão da fórmula da média das áreas	460
Figura 110 – Linha de passagem inclinada em relação ao eixo.....	460
Figura 111 – Processo rede de malhas cotadas	463
Figura 112 – Sólido de base retangular.....	464
Figura 113 – Configuração das áreas x redes	465
Figura 114 – Delimitação no terreno da área de empréstimo	466
Figura 115 – Divisão do empréstimo em prismas retangulares	466
Figura 116 – Fluxograma – elaboração de custos unitários.....	492
Figura A.1 – Diagrama de Brückner.....	498
Figura B.1 - Demonstrativo dos procedimentos de medição e controle a serem adotados no acompanhamento dos movimentos de terra referentes à execução de cortes	508
Figura C.1 – Recomposição do aterro.....	532
Figura C.2 – Suavização do talude	535

Figura C.3 – Escalonamento da superfície do talude.....	536
Figura C.4 – Plantio em mantas contínuas.....	538
Figura C.5 – Plantio de canteiros escalonados.....	539
Figura C.6 – Plantio consorciado a rip-rap – Talude atual	540
Figura C.7 – Plantio consorciado a rip-rap – Talude recuperado	540
Figura C.8 – Manutenção dos dispositivos de drenagem – Leiras.....	551
Figura C.9 – Manutenção dos dispositivos de drenagem – Bigodes	552
Figura C.10 – Manutenção dos dispositivos de drenagem – Descidas d’ água	553
Figura C.11 – Manutenção dos dispositivos de drenagem – Dissipadores de energia	554
Figura C.12 – Recomposições de erosões – Enrocamento	556
Figura C.13 – Recalque de berço	557
Figura C.14 – Regularização de grandes erosões	559
Figura D.1 – Terra armada.....	572
Figura D.2 – Placa pré-moldada para terra armada	572
Figura E.1 – Remoção de solos moles	579
Figura E.2 – Deslocamento por sobrecarga	581
Figura E.3 – Deslocamento por explosivos	583
Figura E.4 – Deslocamento por explosivos	583
Figura E.5 – Drenos verticais de areia	584
Figura E.6 – Estivas de madeira.....	586
Figura E.7 – Bermas de equilíbrio	587

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FOTOS

Foto C.1 – Escavação do material.....	543
Foto C.2 – Deposição do material.....	543
Foto C.3 – Deposição do material.....	543
Foto C.4 – Deposição do material.....	543
Foto C.5 – Espalhamento do material.....	544
Foto C.6 – Compactação.....	546
Foto C.7 – Plataforma acabada	546
Foto C.8 – Plataforma acabada – Detalhe.....	546

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

PLANILHAS

Planilha 1 – Correspondência da elaboração dos estudos ambientais com o projeto de engenharia	99
Planilha 2 – Listagem representativa, a título de exemplo, de transformações/afetações (impactos) ao meio ambiente, como decorrência do desenvolvimento de atividades rodoviárias	104
Planilha 3 – Listagem dos impactos ambientais e respectivas medidas mitigadoras.....	105
Planilha 4 – Correlação impactos/programas ambientais	107
Planilha 5 – Planilha de interface “programa ambiental x projeto de engenharia”.	109
Planilha 6 – Cálculo das cotas do projeto	145
Planilha 7 – Produção das equipes mecânicas	379
Planilha 8 – Patrulhas e respectivas produções.....	380
Planilha 9 – Determinação dos custos horários dos equipamentos.....	486
Planilha 10 – Composição dos custos unitários	491

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADROS

Quadro 1 – Distância Efetiva de Visibilidade – Parábola Composta	143
Quadro 2 – Nota de Serviço de Terraplenagem.....	155
Quadro 3 – Nota de Serviço para construção de bueiro.....	156
Quadro 4 – Ordem de Serviço de bueiro.....	157
Quadro 5 – Número mínimo de furos de sondagens.....	165
Quadro 6 – Quadro resumo dos resultados de ensaios.....	171
Quadro 7 – Boletim de sondagem.....	172
Quadro 8 – Análise estatística de resultados de ensaios	173
Quadro 9 – Correspondência entre ISC e a qualidade do material	198
Quadro A.1 – Cálculo das ordenadas de Brückner	501
Quadro A.2 – Distribuição de materiais para execução de terraplenagem	502
Quadro A.3 – Resumo do movimento de terras.....	503

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

TABELAS

Tabela 1 – Evolução da Rede Rodoviária Nacional por tipo de jurisdição 1960/2000	36
Tabela 2 – Matriz de Transportes	37
Tabela 3 – Critérios de Classificação de Rodovias.....	41
Tabela 4 – Classificação das placas	71
Tabela 5 – Listagem dos escopos básicos	91
Tabela 6 – Listagem das instruções de serviços	91
Tabela 7 – Sumário da norma DNIT 070/2006-PRO - Procedimento	94
Tabela 8 – Listagem de instruções de serviço – IS referentes à elaboração de estudos e projetos (instrumentos ordinariamente adotados).....	115
Tabela 9 – Estudos Hidrológicos – Referências no Manual de Drenagem.....	127
Tabela 10 – Valores para Superlargura.....	146
Tabela 11 – Inclinação Transversal Total	148
Tabela 12 – Determinação da distância em curvas de PI inacessível	150
Tabela 13 – Atributos dos dispositivos de drenagem	212
Tabela 14 – Decomposição de rochas	221
Tabela 15 – Variação das dimensões relativas a cada fração de solo, conforme cada organização	226
Tabela 16 – Fatores de empolamento e expansão.....	243
Tabela 17 – Abertura das peneiras	243
Tabela 18 – Correlação das aberturas das peneiras em polegadas e em milímetros.....	244
Tabela 19 – Classificação dos solos (Transportation Research Board).....	248
Tabela 20 – Valores de β_1 : Tipo do material britado.....	341
Tabela 21 – Valores de β_2 : Método de alimentação.....	341

Tabela 22 – Valores de β_3 : Aproveitamento de horas trabalhadas.....	341
Tabela 23 – Equipamentos de Terraplenagem	345
Tabela 24 – Características das unidades de tração	348
Tabela 25 – Especificações de painéis	400
Tabela 26 – Listagem de projetos-tipo constantes do Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias	405
Tabela 27 – Aterros – Ensaio e frequência da realização	444
Tabela 28 – Itens de valor percentual fixo e obrigatório	477
Tabela 29 – A composição do LDI – Lucro e despesas indiretas	479
Tabela 30 – Escala salarial da mão-de-obra.....	481
Tabela 31 – Taxa de encargos sociais sobre a mão-de-obra	482
Tabela C.1 – Declividade ideal para taludes de aterros	535
Tabela F.1 – Providências iniciais – Procedimentos e ações ambientais na fase de obras.....	592
Tabela F.2 – Serviços preliminares – Procedimentos e ações ambientais na fase de obras	593
Tabela F.3 – Terraplenagem – Procedimentos e ações ambientais na fase de obras.....	595
Tabela F.4 – Exploração de materiais de construção – Procedimentos e ações ambientais na fase de obras	598
Tabela F.5 – Drenagem e obras-de-arte – Procedimentos e ações ambientais na fase de obras....	599

SUMÁRIO

SUMÁRIO

Apresentação	5
Lista de ilustrações – Figuras	7
Lista de ilustrações – Fotos	13
Lista de ilustrações – Planilhas	15
Lista de ilustrações – Quadros	17
Lista de ilustrações – Tabelas	19
1. Introdução	25
2. Definições e princípios básicos	33
3. O condicionamento ambiental	87
4. O projeto de engenharia	113
5. Materiais utilizados e incorporados à implantação da rodovia	217
6. Modalidades de serviços	259
7. Canteiro de serviços e instalações	317
8. Equipamentos	343
9. A segurança operacional	381
10. Controle da qualidade	425
11. Medições e pagamentos	447
12. Determinação do custo de execução de serviço de implantação	471
Anexo A – A metodologia de Brückner	493
Anexo B – Memória de cálculo dos quantitativos dos serviços executados	505
Anexo C – Serviços de conservação	523
Anexo D - Obras de estabilização de taludes	565
Anexo E – Aterros sobre solos moles e processos de conservação	575
Anexo F – Procedimentos e ações ambientais na fase de obras	589
Referências bibliográficas	601
Índice	605

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A Rodovia, em termos estruturais e de uma forma genérica, pode ser abordada segundo as duas componentes discriminadas na forma das alíneas “a” e “b” que se seguem.

a) A infraestrutura rodoviária – constituída por um conjunto de sistemas, cada um com suas funções específicas, a saber:

A plataforma terraplenada com seus requisitos e atributos específicos;

Os sistemas de proteção e drenagem, que respondem, de forma abrangente, pela preservação e pela durabilidade da via;

As obras-de-arte especiais – que compreendem as estruturas, tais como pontes, viadutos ou túneis necessários à plena implantação de uma via, e que pelas suas proporções e características peculiares requerem um projeto específico.

b) A superestrutura rodoviária – constituída, igualmente, por um conjunto de sistemas, a saber:

O pavimento, que, com seu pacote estrutural, em especial o revestimento betuminoso (camada de rolamento), interage diretamente com o tráfego;

Os dispositivos de sinalização e de obras complementares, que buscam resguardar a segurança do tráfego usuário.

A implantação básica da rodovia compreende a construção da infraestrutura viária, envolvendo, portanto, a execução dos serviços preliminares pertinentes, a execução da plataforma terraplanada, a execução dos dispositivos de drenagem e de travessias de talwegues e de obras relacionadas com declividades acentuadas do relevo, bem como das obras de acabamento de terrapleno e das obras complementares e de proteção do corpo estradal.

Esta construção da infraestrutura viária é o tema do Manual de Implantação Básica de Rodovia.

1.2. 1ª VERSÃO DO MANUAL

Em sua 1ª versão formal, o Manual de Implantação Básica de Rodovia, editado em 1968, procedeu à normalização e à uniformização das especificações de materiais e de serviços, bem como das técnicas de execução dos diversos trabalhos, mediante a consolidação das instruções então vigentes no DNER,

além da adoção de normas e especificações então identificadas, aplicáveis ao caso brasileiro, sempre que justificado e recomendado, pela prática bem sucedida em outros países.

Cumprir observar que, a partir da sua elaboração, o Manual passou a ser fartamente utilizado/consultado no âmbito do DNER, em conjunto com o elenco de Especificações Gerais de Obras e Serviços Rodoviários, instituídas em 1970/72, e ainda associadas às Especificações Complementares e Especificações Particulares, vinculadas a Projetos de Engenharia – PE.

Vale dizer que a adoção da sistemática do Projeto de Engenharia, que veio a constituir-se em imposição legal, para efeito de licitação/execução de obras rodoviárias, se generalizou no início da década de 70 (período em que foi desenvolvido um extenso programa de obras rodoviárias), se constituiu, também, em valioso recurso para o processo de assimilação e conscientização, por parte da equipe técnica do DNER, do aporte técnico então emergente, como decorrência da contínua evolução tecnológica ocorrida, não retratada, obviamente, no Manual editado em 1968.

De fato, as mencionadas Especificações Particulares e Especificações Complementares, em conjunto com textos específicos em memórias justificativas inseridas em Projetos de Engenharia, a par de se vincularem as especificidades ocorrentes em trechos projetados e/ou de suprirem omissões do instrumental normativo vigente no DNER, com grande frequência retratavam, embora de forma parcial, a contínua/crescente evolução do “estado da arte da engenharia rodoviária” incidente no período, em termos de procedimentos metodológicos/tecnológicos, seleção e tratamentos de materiais, modelagem de equipamentos, práticas construtivas e inovações outras.

Estes aspectos, entre outros, perceptíveis desde o final da década de 70, embora evidenciassem a conveniência de promover-se, em curto prazo, a atualização do Manual em foco, não foram considerados pelo DNER, na medida em que, à época, a ênfase do subsetor rodoviário estava, de forma ostensiva, voltada para a conservação e a manutenção da via. As ações relacionadas com a ampliação da rede viária, em especial aquelas voltadas para o trato do respectivo instrumental técnico–normativo, foram, durante um longo período, sucessivamente adiadas *sine die*, para execução *a posteriori*.

1.3. 2ª VERSÃO DO MANUAL

De conformidade com o exposto, a atualização do Manual de Implantação Básica elaborado em 1968 só veio a ser incluída, juntamente com a elaboração/atualização de vários outros Manuais e

instrumentos Técnico-Normativos, em competente programação estabelecida e implementada pelo DNER, na 2ª metade da década de 90.

Assim é que, mais precisamente em outubro de 1996, veio a ser editado, em sua 2ª Versão, o Manual de Implantação Básica de Rodovia, versão esta na qual foi devidamente incorporado e considerado todo o progresso tecnológico acumulado a partir da década de 60, observado o exposto na subseção 1.2 desta seção.

Tal versão se traduziu, então, em significativa ampliação do Manual editado em 1964, tendo sido estabelecida estrutura temática bastante diversificada e detalhada, distribuída em um total de 12 capítulos.

1.4. 3ª VERSÃO DO MANUAL

Nesta nova versão, que consolida os procedimentos de revisão que estão sendo procedidos, o Manual aborda o tema ao longo de onze seções específicas, precedidas de uma Apresentação e de uma Introdução, e seguidos de Anexos.

Relativamente a cada seção cabe um breve registro descritivo, na forma que se segue.

a) Introdução

b) A definição e princípios básicos

Compreende uma visão geral da engenharia rodoviária, em seus tópicos de maior interesse e identificada com a finalidade do Manual, tópicos estes que, de uma maneira geral, estão contemplados no desenvolvimento do Manual e que, de forma detalhada, estão tratados em Manuais específicos e instrumentos outros vigentes no DNIT.

c) Condicionamento ambiental

Versa sobre os impactos ambientais de ocorrência previsível ao longo da execução das obras de implantação rodoviária e sobre as medidas de proteção ambiental pertinentes a serem implantadas *pari passu* com o desenvolvimento das ações relativas à execução das obras. A abordagem se fundamenta, basicamente, nos seguintes instrumentos editados pelo DNIT em 2006:

- Manual para Atividades Ambientais Rodoviárias;
- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Programas Ambientais Rodoviários;

- Normas Ambientais, em especial a DNIT 070/2006 – PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras.

d) O projeto de engenharia

Aborda o tema em adequado nível de detalhamento, focalizando-o de conformidade com a nova conceituação assumida pelo DNIT e considerando, ainda, o que dispõem as “Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários” do DNIT, aprovadas em 2006.

e) Os materiais utilizados e incorporados à implantação da rodovia

Discorre objetivamente sobre o tema, detendo-se, em especial, nos tópicos relacionados com a terminologia referente a solos e rochas, a classificação dos materiais, o empolamento e a compactabilidade dos solos, bem como os materiais utilizados na execução das obras-de-arte correntes e de drenagem.

f) Modalidades de serviços

Contempla a descrição detalhada de cada um dos itens-serviços pertinentes, abordando-os de forma consentânea com o instituído nas Especificações de Serviço correspondentes.

g) Canteiro de serviços e instalações

Trata das unidades de apoio a serem ativadas para fins de execução das obras, reportando-se também ao disposto na Norma DNIT 070/2006 - PRO - Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento.

h) Equipamentos

Enfoca, em seus conceitos fundamentais, os principais equipamentos e suas respectivas aplicações, contemplando os tópicos relacionados com a operação, o dimensionamento de patrulhas e a manutenção dos equipamentos.

i) Segurança operacional

Discorre sobre o tema, considerando a segurança do tráfego usuário e a segurança operacional dos trabalhadores das obras.

j) Controle da qualidade

Aborda o tema, considerando os requisitos de qualidade instituídos em Normas Específicas do DNIT e de conformidade com o disposto na *ISO – International Organization for Standardization*.

k) Medições e pagamentos

Versa sobre os procedimentos pertinentes a medições e pagamentos de serviços executados, observando o instituído nas Especificações de Serviço correspondentes.

l) Determinação do custo de execução de serviço de implantação

Define, de forma conjugada com o constante na seção 11 (alínea “k” anterior), a sequência metodológica a ser adotada para tal estimativa.

m) Anexos.

2. DEFINIÇÕES E PRINCÍPIOS BÁSICOS

2. DEFINIÇÕES E PRINCÍPIOS BÁSICOS

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 O transporte rodoviário no Brasil

2.1.1.1 Considerações iniciais

O transporte, inserido no processo produtivo com destacada função na atividade meio, posiciona-se com relevância no contexto do desenvolvimento global do País, a par de constituir-se em grande indutor ao desenvolvimento socioeconômico e em fator de segurança e de integração político-administrativa.

Em razão de sua abrangência espacial apresentar características axiais, tal efeito indutor ao desenvolvimento desenvolve-se predominantemente ao longo do eixo, contemplando os pólos extremos e os pólos intermediários e apresentando expansões transversais, em função da flexibilidade das vias contribuintes e das potencialidades das regiões então contempladas.

Releva observar que no Brasil o subsetor rodoviário, em termos participativos, apresenta uma predominância absoluta, como decorrência de um processo histórico e face às vantagens comparativas de que o modal rodoviário desfruta, em razão da estrutura da demanda nacional de transporte, sua distribuição espacial, e particularidades outras, tais como:

- Notada flexibilidade e segurança do transporte rodoviário que, aliadas à relativa rapidez e às boas condições de operação, possibilitam tarifas e fretes competitivos com os preços finais das outras modalidades;
- Evolução da indústria automobilística, com aumento da capacidade média produtiva da frota nacional de veículos rodoviários de passageiros e de cargas, com ênfase para estes últimos;
- Expansão da produção agrícola nacional, em novas e amplas fronteiras, com maior utilização efetiva da frota de caminhões;
- Grande desenvolvimento econômico e urbanização acentuada, gerando crescente demanda de transportes de cargas diversificadas;
- Aumento da participação do modo rodoviário no transporte integrado, em face do próprio desenvolvimento nacional e, em particular, pelo incremento das exportações.

2.1.1.2 A magnitude e a importância da malha rodoviária

O transporte rodoviário passou a evidenciar a sua capital importância no processo de integração nacional a partir dos anos 40, em especial após o término da 2ª Guerra Mundial.

Naquela época, o modo rodoviário ultrapassava o ferroviário na movimentação de cargas e, por volta de 1950, as rodovias passaram também a transportar mais “toneladas x quilômetro” de cargas domésticas do que a navegação de cabotagem.

A malha rodoviária brasileira apresentou sua maior expansão nas décadas de 60 e 70, período no qual cerca de 20% do total de gastos do setor público, conforme Relatório do Banco Mundial foi destinado à construção e manutenção de estradas.

Note-se que todo este processo de construção da malha rodoviária brasileira foi fortemente baseado em um sistema de financiamento que utilizava recursos gerados, principalmente pelos usuários rodoviários, recursos esses vinculados a aplicações no setor de transportes.

Os valores apresentados na Tabela 1 evidenciam, em particular para a malha federal, a expansão ocorrida no período 1960/1980 e o relativo declínio posterior.

Tabela 1 – Evolução da rede rodoviária nacional por tipo de jurisdição 1960/2000 (extensão em km)

Ano	Federal		Estadual		Municipal		Total Geral	
	Pavim.	Total**	Pavim.	Total	Pavim.	Total	Pavim.	Total
1960	8.675	32.402	4.028	75.875	--	353.649	12.703	461.926
1970	24.145	51.539	24.422	129.361	2.001	950.794	50.568	1.131.694
1980	39.695	59.175	41.612	147.368	5.906	1.180.373	87.213	1.386.916
1985	46.455	60.865	63.084	163.987	6.186	1.202.069	115.725	1.426.921
1987	48.544	62.238	70.188	176.115	8.971	1.248.033	127.703	1.486.386
1995*	51.400	67.600	81.900	199.100	14.900	1.391.300	148.200	1.658.000
2000*	57.000	71.000	95.00	213.000	21.000	1.450.000	173.000	1.734.000

* Valores aproximados

** Não estão computadas as extensões de rodovias planejadas, mas não implantadas.

Cabe aqui esclarecer que o mencionado declínio teve como causa, fundamentalmente, a extinção da mencionada receita vinculada, em meados dos anos 70, extinção esta que decorreu de uma tendência de caráter universal, que emergiu na época, mas que há já algum tempo foi reconsiderada.

Nesse sentido, no Brasil, após demarches que se estenderam por mais de 20 anos, e considerando inclusive o mencionado arrefecimento de tendência mundial, o tema teve o seu equacionamento delineado através da Lei nº. 10.366, sancionada em 19.12.01. Referida Lei instituiu a CIDE - Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico incidente sobre a importação e a comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados e álcool etílico combustível. A arrecadação pertinente, entre outras finalidades, financiará substancialmente os programas de infraestrutura de transportes.

Assim sendo, ante o atual estágio de evolução do tema, desde que devidamente consolidadas a vinculação e a irreversibilidade da CIDE, o que garantirá o numerário para investimentos em infraestruturas de transporte, o DNIT terá condições de, em médio prazo, reverter este quadro, recuperando a malha viária e de modo que o transporte rodoviário venha a exercer adequadamente as suas funções, buscando atender, a nível qualitativo-quantitativo, as crescentes demandas do setor.

O texto em sequência destaca a magnitude e a importância do modal rodoviário na matriz de transportes de cargas e passageiros, associados ao volume diário de tráfego nas rodovias federais:

A Tabela 2, contendo dados relativos aos transportes de cargas e de passageiros referentes aos vários modais dos transportes terrestres para alguns anos, a partir de 1950, mostra a predominância absoluta da participação do modo rodoviário, o que evidencia sua magnitude e importância.

Tabela 2 - Matriz de Transportes (%)

Modos de Transportes	1950	1960	1970	1980	1987
<u>Transporte Carga</u>					
Ferrovário	23,8	18,8	17,2	24,3	20,5
Rodoviário	49,5	60,3	70,4	58,7	56,2
Demais modalidades	26,7	20,9	12,4	17,0	23,3
<u>Transporte Passageiro</u>					
Ferrovário	23,8	18,8	17,2	2,8	2,7
Rodoviário	63,6	75,1	78,3	94,6	94,0
Demais modalidades	12,6	6,1	4,5	2,6	3,3

A situação se estende, obviamente, até a presente data; as ilustrações que se seguem, fornecem dados pertinentes, relativos aos anos de 2001 e 2002.

Figura 1 - Matriz de Transportes

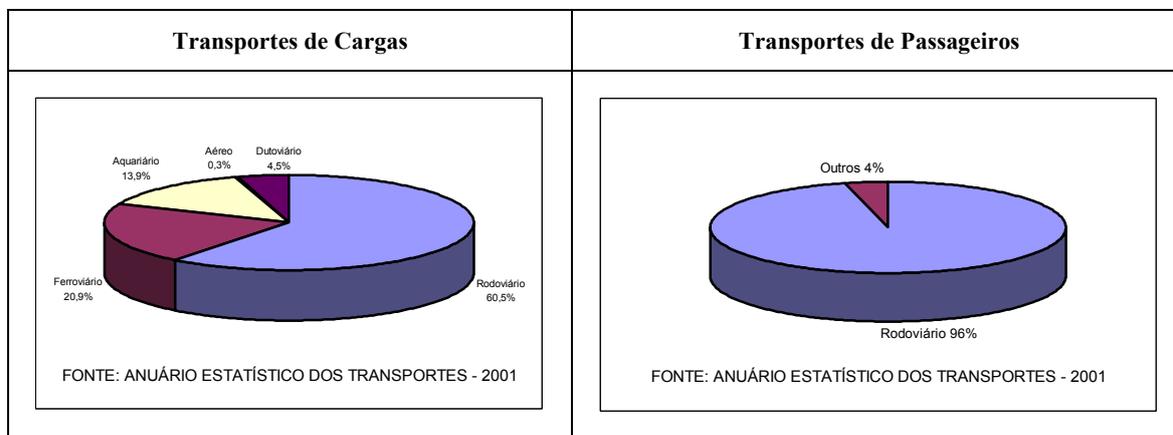
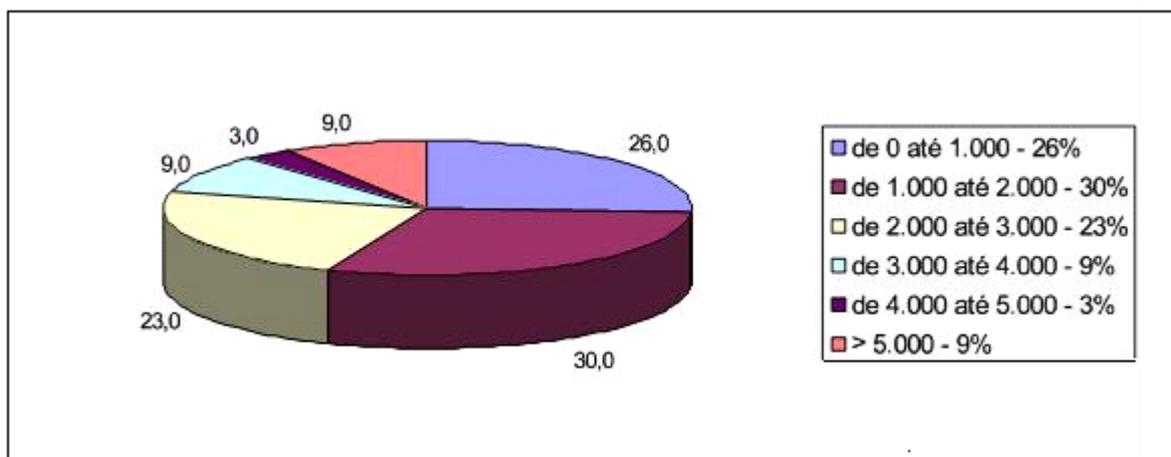


Figura 2 – VMD – Volume médio diário de tráfego – Rede Federal



2.1.1.3 A política setorial do Ministério dos Transportes

A política setorial do Ministério dos Transportes para a atuação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT objetiva a seguinte diretriz básica para o setor rodoviário:

Recuperar e manter a malha rodoviária existente, melhorando seus níveis operacionais, com a consequente elevação dos padrões de segurança e conforto para os usuários;

A implantação de novas rodovias, pavimentação de trechos existentes e a ampliação da capacidade de diversos segmentos da rede rodoviária federal.

As metas a serem continuamente perseguidas, em atendimento a tal diretriz, se concretizam ou se materializam através do empreendimento rodoviário, aqui entendido como o complexo de atividades rodoviárias, abrangendo as ações inerentes à infraestrutura viária e à operação da via.

Cumpra enfatizar que, para o atendimento às metas focalizadas, torna-se indispensável que se disponha dos recursos vinculados, conforme abordado em 2.1.1.2, o que garantiria ao subsector rodoviário as provisões financeiras em nível e fluxos adequados para tal atendimento das metas, em termos de implantação e manutenção de rodovias.

A inexistência de tal vinculação conduz a que a questão da alocação dos recursos venha a ser “disputada” a partir da receita ordinária.

Tal alternativa envolve processo extremamente desgastante, sobre o qual cabem as seguintes considerações:

O poder público, em suas três esferas de atuação, federal, estadual e municipal, busca, a partir de decisões políticas, tornar realidade as satisfações, os anseios ou os desejos da sociedade que representa, consubstanciados na melhoria da qualidade de vida das várias camadas sociais, dentro de uma visão conjunta socioeconômica, cultural e ambiental.

Em função desta tomada de decisão política, o Poder Público, com base em suas receitas orçamentárias anuais ou plurianuais e mediante a adoção da sistemática do planejamento, define o vulto dos investimentos a serem alocados à infraestrutura do País, distribuindo os escassos recursos na educação, saúde, transportes, agricultura e segurança, fundamentados em Planos Diretores Setoriais.

A distribuição dos recursos financeiros orçamentários em um sistema de mercado, como pretende ser o do Brasil, é um processo permanentemente submetido às forças de grupos de pressão, normalmente de interesses conflitantes, o que não ocorre em um sistema de economia planejada, onde o governo estabelece como os recursos devem ser distribuídos, resultando, entretanto, em qualquer um dos casos, como respostas obtidas, os insumos do processo de planejamento.

Este processo atuante na economia de mercado é extremamente complexo e circular, ocorrendo uma interação entre objetivos, recursos e planos preliminares, até se atingir uma situação de equilíbrio. Não sendo os recursos e os planos compatíveis com os objetivos almejados, haverá a necessidade de mais recursos; entretanto, existem outras prioridades, exigindo a retomada do processo de distribuição. Não havendo a possibilidade de alocação de novos recursos ou reforços orçamentários,

os objetivos devem ser limitados, ou mesmo postergados, e os planos adaptados às condições prevalecentes.

Ao final do processo de distribuição e como consequência dessa disputa, uma parcela de recursos caberá aos investimentos em infraestrutura, em particular no setor de transportes, competindo entre si várias modalidades: rodoviária, ferroviária, aquaviária, dutoviária e aeroportuária.

Fatalmente, os recursos considerados para o subsector rodoviário devem ser, ano a ano, insuficientes.

Assim, é mister que se busque a efetiva vinculação da Receita da CIDE, reportada em 2.1.1.2.

2.1.2 - A Classificação das Rodovias

2.1.2.1 - Considerações iniciais

Existem basicamente quatro critérios para a classificação das rodovias, conforme se apresenta a seguir:

a) Quanto à sua administração ou jurisdição: federais, estaduais, municipais e particulares.

Em determinados casos, ante circunstâncias específicas, trechos integrantes da malha rodoviária sob jurisdição federal têm a sua administração repassada para a responsabilidade de outro órgão rodoviário, por delegação do DNIT.

b) Quanto à sua classificação funcional:

Arteriais - Compreendem as rodovias cuja função principal é a de propiciar mobilidade;

Coletoras - Englobam as rodovias que proporcionam um misto de funções de mobilidade e acesso;

Locais - Abrangem as rodovias cuja função principal é oferecer condição de acesso.

c) Quanto às suas características físicas: não pavimentadas, pavimentadas, com pistas simples ou duplas.

d) Quanto ao seu padrão técnico: dividem-se em classes, devendo ser obedecidos os critérios estabelecidos na Tabela 3 que se segue.

2.1.2.2 - Critérios de classificação de rodovias

A Tabela 3, a seguir, apresenta as classes instituídas, em conjunto com as características gerais, critérios de classificação e respectivas velocidades de projeto pertinentes.

Tabela 3 - Critérios de classificação de rodovias

CLASSE DE PROJETO (1)	CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA (2)	VELOCIDADE DE PROJETO POR REGIÃO (km/h)		
			Plana	Ondulada	Montanhosa
0	Via Expressa – controle total de acesso	Decisão administrativa	120	100	80
I	A Pista dupla – Controle parcial de acesso	O volume de tráfego previsto reduzirá o nível de serviço em uma rodovia de pista simples abaixo do nível “C” (4)	100	80	60
	B Pista simples	Volume horário de projeto VHP > 200 Volume médio diário VMD > 1400			
II	Pista simples	Volume médio diário VMD 700 - 1400	100	70	50
III	Pista simples	Volume médio diário VMD 300 - 700	80	60	40
IV	Pista simples	Volume médio diário VMD < 300	80 – 60 (3)	60 – 40 (3)	40 – 30 (3)

(1) Como exemplo da compatibilização pretendida entre a classificação técnica e a funcional, menciona-se que as vias integrantes do Sistema Arterial Principal, conforme definido pelo DNIT, devem possuir as características básicas das Classes 0 e I, não devendo ser projetadas com base em padrões inferiores, a não ser no caso especial de rodovias pioneiras.

(2) Os volumes de tráfego bidirecionais indicados referem-se a veículos mistos e são aqueles previstos ao fim dos dez primeiros anos de operação da via.

(3) A ser decidido de acordo com as características da região e a finalidade da rodovia.

(4) Nível de Serviço: vide *Highway Capacity Manual*.

Nota: Para cada classe, são estabelecidos os valores a serem observados, na elaboração do Projeto Geométrico, para os vários parâmetros integrantes, a saber: rampa máxima, valores do raio de curva, largura de pista, acostamentos etc.

2.1.2.3 - Definição e análise das diferentes classes de rodovias

No Glossário de Termos Técnicos do DNIT, elaborado no ano 2000, constam, relativamente à classificação funcional, as seguintes definições:

a) Classificação funcional das vias

Processo de agrupar as vias em sistemas, grupos e classes, de acordo com o tipo de serviço que as mesmas proporcionam.

b) Classificação funcional das vias rurais

Classificação baseada na posição hierárquica ocupada dentro da rede viária, decorrente da função exercida. A importância dessa função é considerada diretamente proporcional ao porte (demográfico, político e/ou econômico) das localidades servidas, aos volumes de tráfego e à distância média de viagem desse tráfego na rodovia. Assim sendo, as vias rurais podem fazer parte do sistema arterial, do sistema coletor e do sistema local.

c) Classificação funcional das vias urbanas

Classificação baseada na posição hierárquica ocupada dentro da rede viária, decorrente da função exercida. Essa classificação resulta da integração dos seguintes quatro requisitos: função da via; tipo de trânsito; uso do solo lindeiro e espaçamento. Conseqüentemente, as vias urbanas podem ser classificadas em: vias urbanas expressas, vias urbanas arteriais, vias urbanas coletoras e vias locais.

d) Via Classe 0 - Rodovia do mais elevado padrão técnico, com controle total de acesso, devendo possuir, no mínimo, pista dupla. Esta classe é adotada: quando a função absolutamente preponderante da rodovia for a de atender à demanda do tráfego de passagem por uma região (função mobilidade), sem maiores considerações quanto ao atendimento do tráfego local e das propriedades lindeiras (função acessibilidade) que, por hipótese, devem ser atendidas por outras vias; quando há interferência recíproca entre atividades humanas nas propriedades lindeiras ou áreas vizinhas à faixa de domínio (pedestres, paradas de ônibus, tráfego local), e o fluxo de tráfego direto causar atritos indesejáveis, sob aspectos operacionais e de segurança (controle do uso do solo); quando a rodovia constituir trecho ou parte de um sistema viário (conjunto de estradas do mesmo padrão), cujas características técnicas e operacionais se desejar manter uniformes e homogêneas; quando os volumes de tráfego forem elevados e os custos operacionais o justificarem (geralmente não inferiores àqueles que requerem uma rodovia classe I-A). Os níveis de serviço desta classe são iguais aos da classe I-A.

e) **Via Classe I-A** - Rodovia com pista dupla, controle de acesso e com número total de faixas determinado pelo tráfego previsto.

f) **Via Classe I-B** - Rodovia de pista simples, projetada para 10 anos, para um limite inferior de tráfego de 200 veículos horários bidirecionais ou um volume médio diário bidirecional de 1400 veículos mistos e para um limite superior igual ao requerido no caso da classe I-A.

g) **Via Classe II** - Rodovia de pista simples, projetada para o 10º ano, para um limite inferior de tráfego médio diário bidirecional de 700 veículos mistos e para um limite superior de tráfego médio diário bidirecional de 1400 veículos mistos.

h) **Via Classe III** - Rodovia de pista simples, projetada para o 10º ano, para um limite inferior de tráfego médio diário bidirecional de 300 veículos mistos e para um limite superior de tráfego médio diário bidirecional de 700 veículos mistos.

i) **Via Classe IV A** - Rodovia de pista simples, frequentemente dotada apenas de revestimento primário, suportando tráfego médio diário, no ano de abertura, compreendido entre 50 veículos e 200 veículos.

j) **Via Classe IV B** - Rodovia simples suportando tráfego médio diário no ano de abertura inferior a 50 veículos.

Ex.: Rodovias pioneiras, estradas de serviço, estradas agrícolas.

2.1.3 - As rodovias com revestimento terroso

2.1.3.1 - Considerações iniciais

As rodovias intituladas de estradas de terra, a saber, não pavimentadas em termos de camadas betuminosas ou de concreto de cimento Portland, compreendem as rodovias cuja superfície de rolamento é constituída dos materiais integrantes do próprio leito natural da via – ao qual são agregados, por vezes, materiais específicos outros, para melhorar o desempenho da rodovia.

Estas rodovias, com grande frequência e em especial nas áreas rurais, resultam da evolução de trilhas e caminhos precários remanescentes de épocas pioneiras e primitivamente construídas dentro de características técnicas bastante modestas.

De fato, tais rodovias, construídas dentro do enfoque de “minimização” de custos de construção, apresentavam, quando de sua implantação, traçados que buscavam evitar a construção de obras-de-arte especiais e envolvendo reduzido movimento de terra.

Assim, frequentemente, os traçados são bastante sinuosos, geralmente aproveitando a disposição das curvas de nível do terreno e os divisores de águas, em geral com grande quantidade de curvas.

É de se notar que as estradas que, porventura, mantenham seus perfis nos espigões, ou levemente “encaixadas” no terreno natural, com cotas vermelhas muito pequenas, apresentam pequenos problemas de manutenção. Por outro lado, ainda sob o ponto de vista da manutenção, os segmentos críticos são aqueles que correspondem às travessias de talwegues, nos quais as rampas são íngremes. Esses trechos requerem frequentemente um revestimento de material granular, de forma a permitir o tráfego nos períodos chuvosos.

Releva observar, conforme abordado na subseção anterior ao focar a rede viária nacional, que as estradas de terra alcançam, em seu conjunto, extensão considerável, com predominância absoluta de rodovias municipais e vindo, em sequência, a rede estadual. As rodovias de terra, em termos de rodovias federais, apresentam, presentemente, extensão relativamente reduzida, cabendo observar que, contudo, ao longo dos anos, algumas delas vêm atendendo a tráfego crescente, relativamente pesado e volumoso.

Em função desta expansão de tráfego, tais condições precárias foram e/ou vêm sendo atenuadas pelas próprias atividades de manutenção, que, através de alargamentos e de pequenas retificações, conferiram, no estágio atual, melhores condições de traçado.

2.1.3.2 - Recomendações para a introdução de melhoramentos

Cumprir observar que, ao serem introduzidos melhoramentos em perfil ou em planta, em segmentos de tais estradas, recomenda-se ter em mente dois importantes princípios:

- a) É recomendável adotar greides elevados, com a preocupação de assegurar uma boa drenagem. Onde o greide se apresenta enterrado, sempre que possível, deve-se procurar melhorá-lo.
- b) Existe consenso de que as estradas de melhor desempenho são aquelas situadas nas áreas bem drenadas, sobre solos granulares, com fração “fina” suficiente para lhe conferir alguma coesão.

Para efeito de execução dos melhoramentos é recomendável a observância, em termos de requisitos geométricos e geotécnicos específicos, os estabelecidos no instrumental técnico normativo vigente no DNIT.

2.1.3.3 - O revestimento primário

Com o objetivo de se melhorar as condições de tráfego oferecidas pela rodovia, em especial quando estas apresentam VMD significativo, é executado o intitulado revestimento primário, o qual se constitui em uma camada de solo, com características adequadas, capaz de oferecer uma superfície de rolamento que assegure o tráfego, em qualquer época do ano.

Na execução do revestimento primário é utilizado material selecionado, oriundo de jazida, material este conhecido no campo como sílico-argiloso, cascalho, saibro ou piçarra, que é espalhado em espessura entre 10 cm e 20 cm sobre a terraplanagem concluída. É recomendável que o revestimento seja devidamente compactado e com largura uniforme, o que lhe conferirá uma maior resistência à ação do tráfego e das intempéries. Cabe observar que a camada de revestimento primário exige alguns cuidados e técnicas mais esmerados na sua conservação.

Para efeito de seleção do material deve ser atendido o preconizado em especificações pertinentes do DNIT.

Cumprir observar que, a partir de certo volume (normalmente entre 200 e 300 veículos diários) de tráfego, se torna mais vantajoso, economicamente, pavimentar a estrada do que mantê-la com o revestimento primário. Essa vantagem decorre, de um lado, de aspectos relacionados com a exaustão das jazidas economicamente viáveis e, principalmente, da sensível diminuição dos custos de operação dos veículos, proporcionada pela pavimentação da rodovia.

2.2 - A INFRAESTRUTURA E A SUPERESTRUTURA RODOVIÁRIA

2.2.1 - A plataforma da rodovia

2.2.1.1 - Considerações iniciais

A designação que ordinariamente referencia em conjunto a infraestrutura e a superestrutura rodoviária é a “plataforma da rodovia”.

A infraestrutura rodoviária é definida como “parte da construção de uma rodovia constituída pelo terrapleno e todas as obras situadas abaixo do greide do terrapleno”.

Terrapleno – Terreno resultante de terraplenagem, a saber: Parte da faixa de domínio compreendida entre a crista do corte e pé do aterro.

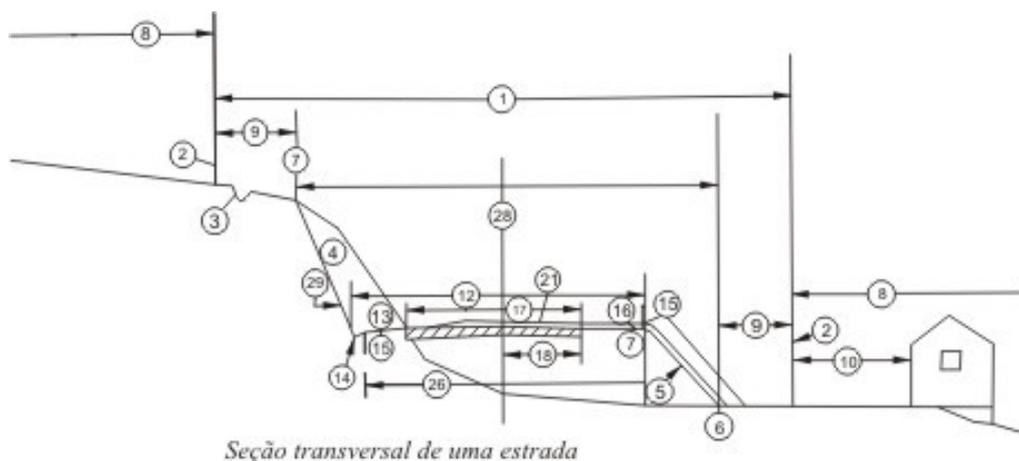
Terraplenagem – Conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga e compactação dos solos, aplicadas na construção de aterros e cortes, dando à superfície do terreno a forma projetada para construção de rodovias.

A Superestrutura da Rodovia é constituída pelo pavimento, que se define como um sistema de camadas de espessuras finitas assentes sobre um semi-espço considerado teoricamente como infinito, a infraestrutura ou terreno de fundação, o qual é designado de subleito.

2.2.1.2 - Os elementos constituintes da plataforma

A Figura 3 a seguir ilustra a plataforma de uma rodovia, contendo a indicação dos seus principais elementos componentes ou a ela vinculados, elementos estes que, em sequência, estão definidos.

Figura 3 – Plataforma de uma rodovia



- **Faixa de domínio (1)** – é a faixa que se desapropria para a construção da estrada, prevendo uma largura suficiente que permita, no futuro, sua expansão, facilitando também a execução de serviços de manutenção e a proteção das obras.
- **Vedo (2)** – é o tapume da estrada para protegê-la contra a invasão de animais de certo porte e também fixar os limites da faixa de domínio, garantindo a sua posse. O vedado pode ser uma cerca de arame farpado, um muro de pedra arrumada ou uma cerca viva etc.
- **Valeta de proteção dos cortes (3)** – é a valeta que se constrói entre a crista do corte e o limite da faixa de domínio, para desviar as enxurradas das encostas para fora da estrada. É uma

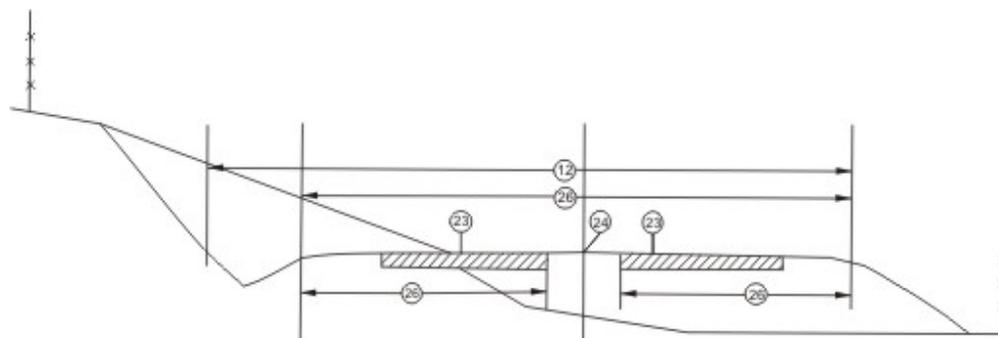
auxiliar da sarjeta e sua construção evita que a sarjeta fique sobrecarregada. Em alguns casos, como nos cortes em rocha nua, é muitas vezes mais econômico construir muretas de proteção para conduzir as águas do que construir valeta.

- **Rampa do corte (4)** – é a parte fortemente inclinada da seção transversal do corte. Se o corte é em seção plena, existem duas rampas. É também chamado de talude de corte.
- **Saia do aterro (5)** – é a parte inclinada da seção transversal do aterro. Se o aterro é em seção plena, existem duas saias.
- **Pé do corte ou do aterro (6)** – é o extremo inferior da rampa do corte, ou saia do aterro.
- **Crista do corte ou do aterro (7)** – Crista do corte é a interseção da rampa do corte com o terreno natural. Quando a seção é toda em corte, existem duas cristas de corte, mas, se a seção é mista, há apenas uma crista de corte. Crista de aterro é a borda saliente da seção de uma estrada em aterro. Quando a seção é toda em aterro, existem duas cristas de aterro, mas, se a seção é mista, só há uma crista de aterro.
- **Terreno marginal (8)** – é o terreno contíguo situado ao longo da faixa de domínio de uma estrada de rodagem.
- **Faixa marginal (9)** – é cada uma das faixas de terreno compreendida entre a crista do corte e o limite da faixa de domínio, no caso da seção em corte, ou entre o pé do aterro e o limite da faixa de domínio, no caso da seção em aterro.
- **Recuo (10)** – é a distância na qual se permitem construções estranhas à estrada, a contar do limite da faixa de domínio. É assunto regulamentado para cada estrada ou trecho de estrada.
- **Faixa terraplenada (28)** – é a faixa correspondente à largura que vai de crista a crista do corte, no caso de seção plena em corte; do pé do aterro ao pé do aterro, no caso de seção plena em aterro; e da crista do corte ao pé do aterro, no caso da seção mista. É a área compreendida entre as linhas de “off-sets”.
- **Plataforma (21)** – é a faixa da estrada compreendida entre os dois pés dos cortes, no caso da seção em corte; de crista a crista do aterro, no caso da seção em aterro; e do pé do corte à crista do aterro, no caso da seção mista. No caso dos cortes, a plataforma compreende também a sarjeta.

- **Acostamento (13)** – é a faixa que vai da borda do pavimento até a sarjeta, no caso da seção da estrada em corte, ou a faixa que vai da borda do pavimento até a crista do aterro, no caso da seção em aterro. Destina-se à proteção da borda do pavimento, estacionamento do veículo na estrada, pista de emergência, canteiro de serviço para a conservação da estrada, passeio para pedestre etc. Nas estradas de tráfego intenso, os acostamentos são também pavimentados.
- **Sarjeta (14)** – é uma valeta rasa, com seção em V aberto, situada ao pé do corte e destinada a receber as águas pluviais da plataforma e da faixa que vai da valeta de proteção do corte até o pé do mesmo.
- **Banqueta de proteção do aterro (15)** – é um prisma de terra que se constrói junto à crista dos aterros, para servir de anteparo às rodas dos veículos automotores, no caso de derrapagem, e também para impedir que as enxurradas corram pelos aterros altos, provocando erosão. Algumas situações dispensam a banqueteta, seja porque nos aterros altos se colocam dispositivos de proteção do veículo (defensas), seja porque as saias dos aterros são convenientemente gramadas para evitar a erosão etc.
- **Defensa (16)** – é uma cerca baixa, robusta, com moirões de madeira de lei ou de aço, com pranchões ou chapas de aço corrugado dispostos na horizontal, pregados nos moirões do lado interno da estrada. São colocadas nas cristas de aterros altos (mais de 2,50 m de altura), em curvas perigosas, e destinam-se a impedir, num acidente, que o veículo saia da plataforma da estrada, com consequências mais danosas para o veículo, passageiros ou cargas. Proporciona maior segurança para o tráfego.
- **Pista (17)** – é a faixa pavimentada da estrada por onde trafegam os veículos automotores. As estradas de rodagem podem ter uma única pista (pista simples) ou duas pistas (pista dupla). No segundo caso, cada pista tem o tráfego num único sentido, permitindo maior segurança. No caso de pistas duplas, elas podem ser contíguas (paralelas) ou independentes. Na travessia de perímetro urbano, as estradas podem ter 4 pistas ou mais, sendo as duas externas destinadas ao tráfego local ou ao acesso a estrada.
- **Faixas de tráfego (18)** – é a parte da pista necessária à passagem de veículo automotor típico. Cada pista deve ter, pelo menos, duas faixas de tráfego, a fim de permitir o cruzamento de dois veículos ou a passagem de um veículo pelo outro. No caso de transposição de serras, as estradas podem ter ainda uma faixa adicional, a 3ª faixa, destinada à subida de veículos lentos.

- **Borda do pavimento** – é a beirada da pista, como o nome indica.
- **Abaulamento** – é a inclinação transversal de cada trecho reto da seção transversal, sempre expresso em porcentagem. A seção transversal da pista de uma estrada de rodagem em tangente deve ser abaulada (convexa), para facilitar o escoamento das águas pluviais. A seção transversal é constituída de dois trechos retos simétricos em relação ao centro da pista, inclinados para cada margem, com uma ligeira concordância no vértice. Nas estradas pavimentadas, o abaulamento empregado é, em geral, de 1% a 3%, não devendo ir além de 3%, para não prejudicar a estabilidade do veículo. Nas estradas de pistas paralelas, o pavimento geralmente não é abaulado, pois cada pista tem inclinação transversal única, para permitir somente escoamento lateral das águas, no sentido da borda externa. Estender a denominação abaulamento para a inclinação deste tipo de pista é uma impropriedade, pois a superfície de cada pista é plana e não abaulada.
- **Superelevação ou sobrelevação** – é a inclinação transversal da pista de uma estrada em curva, para fazer face à força centrífuga do veículo automotor em movimento. É sempre expressa em porcentagem. Pela norma do DNIT a superelevação varia de 2% a 10%, conforme o raio de curvatura da estrada. Vale notar que as normas citadas denominam a superelevação de “inclinação transversal das curvas”, fugindo ao critério geral do mundo ocidental que sempre emprega palavra correspondente à superelevação.
- **Superlargura** – é o alargamento da estrada nas curvas, em relação à largura adotada nos trechos em tangente. Só se emprega nas curvas com pequenos raios de curvatura.
- **Pistas duplas paralelas (23)** – é o tipo de estrada de duas pistas construída com plataforma única (Figura 4). Neste tipo de estrada, as duas pistas são separadas fisicamente por uma faixa de terreno (canteiro central) geralmente com largura constante e convenientemente gramada e com cerca viva formada por arbustos. Entre as duas pistas pode, também, ser projetada barreira de concreto, para maior segurança do tráfego. Cada pista tem geralmente, uma única declividade, para fora, sendo a inclinação usual de 1,5% ou 2%.

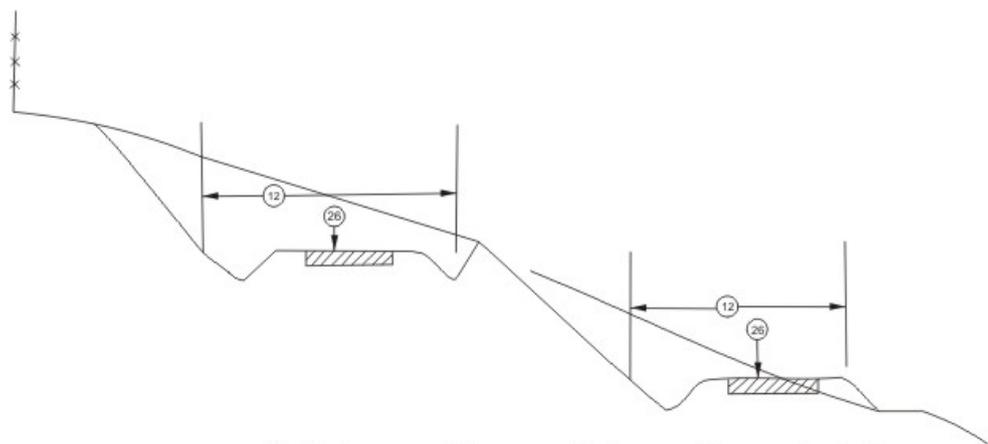
Figura 4 – Pistas duplas paralelas



Seção transversal de uma estrada com pista dupla

- **Canteiro central (24)** – é a faixa de terreno que separa fisicamente uma pista da outra. É denominado impropriamente “refúgio central”. Tem por finalidade oferecer maior segurança ao tráfego. Deve ser o mais largo possível, para permitir ampliação da largura das pistas se, no futuro, for necessário. No Brasil adota-se de 3 a 6 metros de largura, sendo preferível 6,00 m, por permitir retorno.
- **Pistas duplas independentes (26)** – são as pistas de uma estrada de rodagem que seguem o seu traçado independente uma da outra, tendo cada qual sua plataforma (Figura 5 adiante). No caso de pistas duplas independentes, as pistas são abauladas, como se tratasse de duas estradas diferentes. Este tipo de pista é usado, de preferência, em terrenos montanhosos e escarpados, porque a sua construção é mais econômica do que a de estradas de pistas duplas paralelas. As modernas estradas americanas de duas pistas estão sendo construídas com pistas independentes, qualquer que seja a topografia, por razões técnicas e estéticas.

Figura 5 – Pistas duplas independentes (em desnível)



Seção transversal de uma rodovia com pistas em desnível

- **Rodagem (21)** – é a faixa de estrada compreendendo pista e acostamentos. Recebeu este nome porque, nesta faixa, o veículo deve poder trafegar livremente, não se permitindo colocar nela nenhum obstáculo que vá limitar a liberdade de movimento do veículo. A sinalização deve, por isso, ficar sempre fora da “rodagem”.
- **Talude do corte (4)** – é a cotangente do ângulo de inclinação da rampa do corte com a vertical. Pode-se definir, também, como a tangente do ângulo horizontal. No Brasil, o talude é expresso por uma relação entre a altura e a base de um triângulo retângulo, que tem um segmento da rampa por hipotenusa. A relação em apreço corresponde à cotangente do ângulo da rampa do corte com a vertical. Na expressão do talude toma-se a vertical como referência e não a horizontal, porque os dispositivos usados para medir os taludes são de gravidade. Os taludes clássicos dos cortes são, na prática, os seguintes: talude vertical (caso dos cortes em rochas); talude 3:2 (vertical: horizontal) – caso dos solos consistentes; talude 1:1 (V: H) – caso dos solos pouco consistentes.
- **Talude do aterro (5)** – é a cotangente do ângulo de inclinação da saia do aterro expresso de maneira análoga à dos cortes ou a tangente, com o ângulo horizontal. Na prática, os taludes dos aterros variam de 2:3 (V: H) a 1:4 (V: H). O talude 1:4 (V: H) é empregado nas autoestradas quando os aterros são baixos (abaixo de 2,50 m), visando oferecer melhor segurança ao tráfego. A denominação talude tem ampliado o seu sentido, sendo muitas vezes empregada para designar a rampa do corte ou da saia do aterro.
- **Eixo da estrada** – é o centro da pista na estrada de pista simples. Nas estradas de pista dupla paralela, é o centro do canteiro central. Nas estradas de pista dupla independente é o centro de cada uma das pistas.
- **Banqueta de visibilidade** – é uma saliência deixada no alargamento de um corte em curva do lado da concavidade da mesma e destinada a ampliar a visibilidade. A altura da banquetta é determinada levando em conta a visibilidade, como veremos depois. Quando o corte é em rocha sem fendilhamentos (rocha maciça) é mais econômico fazer um nicho e não um corte completo, obtendo-se por ambos os processos a banquetta de visibilidade.

2.2.1.3 Elementos adicionais afins e particularidades

Adicionalmente, ainda vinculado ao tópico, cabem as referências na listagem que se segue:

- Corte – Segmento de rodovia em que a implantação requer escavação do terreno natural ao longo do eixo e no interior dos limites da seção transversal (off-set) que define o corpo estradal.
- Corte a céu aberto – Escavação praticada na superfície do solo.
- Corte a meia encosta – Escavação para passagem de uma rodovia, que atinge apenas parte de sua seção transversal.
- Corte em caixão – Escavação em que os taludes estão praticamente na vertical.
- Aterro – Segmento de rodovia, cuja implantação requer depósito de materiais proveniente de cortes e/ou de empréstimos no interior dos limites das seções de projeto (off-sets) que definem o corpo estradal.
- Aterro barragem – Maciço de solo construído com a finalidade de transpor vales e, suplementarmente, reter volumes mais ou menos substanciais de água.
- Aterro hidráulico – Aterro cujo material é levado ao local por meio de uma corrente de água, em tubos ou calhas.
- Corpo do aterro – Parte do aterro situada do terreno natural até 0,60 m abaixo da cota correspondente ao greide da terraplanagem.
- Camada final – Parte do aterro constituída de material selecionado, situada entre o greide da terraplanagem e o corpo do aterro.
- Bota-fora – Local selecionado para depósito do material excedente resultante da escavação dos cortes.
- Empréstimo – Local ou área de onde se escava solo para suprir deficiência ou insuficiência de material necessário à execução de aterro.
- Talude escalonado – Talude em geral alto, em que se praticam banquetas com vistas à redução da velocidade das águas pluviais, para facilitar a drenagem e aumentar a estabilidade do maciço.
- Pista ou superfície de rolamento – Parte da plataforma que é aproveitada, projetada ou planejada para o deslocamento dos veículos, podendo conter uma ou mais faixas de tráfego.

2.2.2 - Sistema de Drenagem

2.2.2.1 - Considerações iniciais

A água está num movimento entre a superfície e a atmosfera terrestre, no que se constitui o denominado "ciclo hidrológico".

O vapor d'água das nuvens se condensa, sob o efeito de mudança de temperatura e precipita sob a forma de chuva, neve etc. Parte desta precipitação não atinge, propriamente, a superfície terrestre, evaporando-se durante a queda sobre a vegetação ou superfícies impermeáveis; a maior parte, no entanto, atinge o solo e segue os seguintes caminhos: evapora-se sobre o solo ou escoar sob a forma de água de escoamento ("run-off").

A água de infiltração e a água de escoamento terminam alcançando os rios, lagos e os oceanos, donde se evapora novamente, recomeçando o ciclo hidrológico.

O encaminhamento da água de escoamento constitui o objetivo da drenagem superficial e o da água de infiltração o objetivo da drenagem profunda, subdrenagem ou drenagem subterrânea.

Assim, o sistema de drenagem tem por objetivo a captação, a condução e o deságue, de forma rápida e eficiente, das águas que, precipitando-se sobre a pista e/ou as áreas adjacentes, por infiltração ou escoamento superficial, podem comprometer o conforto e a segurança dos usuários e a durabilidade da rodovia.

De fato, a ação das águas superficiais ou subterrâneas pode acarretar os seguintes efeitos nocivos à rodovia:

- a)** Redução da resistência ao cisalhamento pela saturação dos solos;
- b)** Variação de volume de alguns solos pelo umedecimento;
- c)** Destruição do atrito intergranular nos materiais granulares pelo bombeamento de lama do subleito;
- d)** Produção de força ascensional no pavimento, devida às pressões hidrostáticas;
- e)** Produção de força de arrastamento dos solos pelo fluxo a alta velocidade.

Para que tais efeitos não se façam sentir, é indispensável que se tenha um sistema de drenagem eficiente, o qual comporta três componentes, cada um com suas finalidades específicas e a seguir enfocados.

É fundamental, portanto, que o técnico responsável pelo projeto de uma rodovia tenha ampla consciência da importância da drenagem na garantia da estabilidade da via a ser construída e, em consequência, estabeleça, de maneira coerente, técnica e economicamente, o correto dimensionamento das obras de drenagem a serem implantadas.

2.2.2.2 - Drenagem de transposição de talvegues

Em sua função primordial, a drenagem de uma rodovia deve eliminar a água que, sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais em que menos afete a segurança e durabilidade da via.

No caso da transposição de talvegues, essas águas originam-se de uma bacia e que, por imperativos hidrológicos e do modelado do terreno, têm que ser atravessadas sem comprometer a estrutura da estrada. Esse objetivo é alcançado com a introdução de uma ou mais linhas de bueiros sob os aterros ou construção de pontilhões ou pontes transpondo os cursos d'água, obstáculos a serem vencidos pela rodovia.

Bueiros

Os bueiros são obras destinadas a permitir a passagem livre das águas que acorrem às estradas. Compõem-se de bocas e corpo.

Corpo é a parte situada sob os cortes e aterros. As bocas constituem os dispositivos de admissão e lançamento, a montante e a jusante, e são compostas de soleira, muro de testa e alas.

No caso de o nível da entrada d'água na boca de montante estar situado abaixo da superfície do terreno natural, a referida boca deve ser substituída por uma caixa coletora.

Os bueiros podem ser classificados em quatro classes, a saber: quanto à forma da seção; quanto ao número de linhas; quanto aos materiais com os quais são construídos; quanto à esconsidade; e quanto à forma da seção.

São tubulares, quando a seção for circular; celulares, quando a seção transversal for retangular ou quadrada; e especial elipses ou ovóides, quando tiver seções diferentes das citadas anteriormente,

como é o caso dos arcos, por exemplo. Para o caso dos bueiros metálicos corrugados, existe uma gama maior de formas e dimensões, entre elas: a circular, a lenticular, a elíptica e os arcos semicirculares ou com raios variáveis (ovóides).

Quanto ao número de linhas, são simples, quando só houver uma linha de tubos, de células etc.; duplos e triplos, quando houver duas ou três linhas de tubos, células etc. Não são recomendáveis números maiores de linhas, quando provocar alagamento em uma faixa muito ampla.

Os materiais atualmente usados para a construção de bueiros no DNIT são de diversos tipos: concreto simples, concreto armado, chapa metálica corrugada ou polietileno de alta densidade, PEAD, além do PRFV – plástico reforçado de fibra de vidro.

Nas bocas, alas e caixas coletoras usa-se alvenaria de pedra argamassada, com recobrimento de argamassa de cimento e areia, ou blocos de concreto de cimento, além de concreto pré-moldado.

Os bueiros podem ser:

Normais - quando o eixo do bueiro coincidir com a normal ao eixo da rodovia;

Esconsos - quando o eixo longitudinal do bueiro fizer um ângulo diferente de zero com a normal ao eixo da rodovia.

Os bueiros devem estar localizados:

Sob os aterros, em geral deve-se lançar o eixo do bueiro o mais próximo possível da linha do talvegue; não sendo possível, deve-se procurar uma locação esconsa que afaste o eixo o mínimo possível da normal ao eixo da rodovia, tomando-se precauções quanto aos deslocamentos dos canais nas entrada e saída d'água do bueiro;

Nas bocas dos cortes, quando o volume de água dos dispositivos de drenagem (embora previstos no projeto) for tal que possa erodir o terreno natural nesses locais;

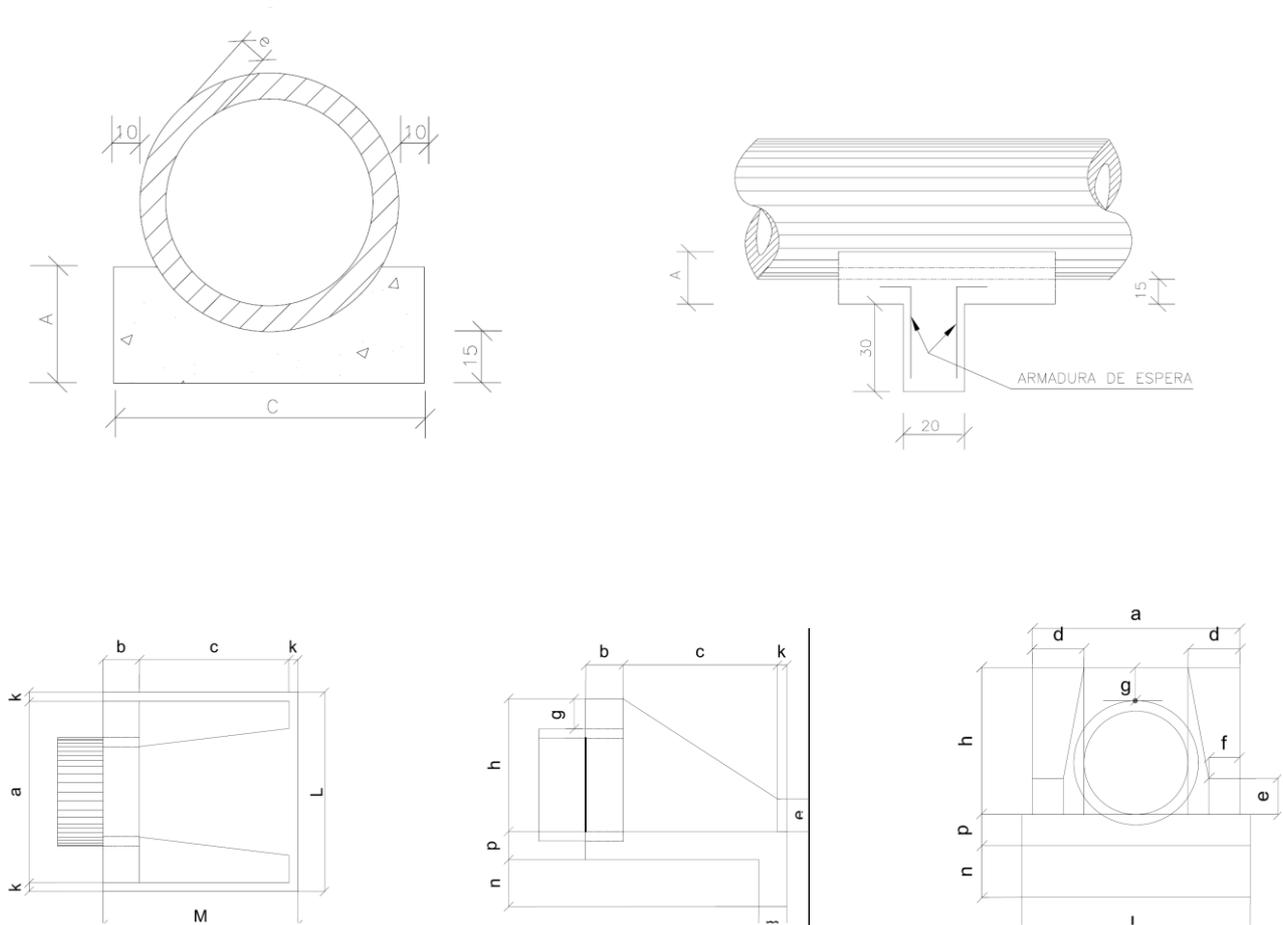
Nos cortes, quando for interceptada uma ravina e caso a capacidade de escoamento das sarjetas seja superada.

- Tubos de concreto

Os tubos de concreto, simples ou armado, devem: obedecer aos projetos-tipo do DNIT; ser moldados em formas metálicas; e ter o concreto adensado por vibração ou centrifugação.

Tubos diferentes daqueles apresentados nos projetos-tipo podem ser aceitos, desde que satisfaçam às exigências estabelecidas na norma ABNT NBR 8890:2007 e errata 2008.

Figura 6 – Elementos e indicações pertinentes aos bueiros



Nota: Os valores dos parâmetros indicados estão definidos no Álbum de Projetos-Tipo de Drenagem do DNIT.

- Tubos metálicos corrugados

Os tubos metálicos corrugados devem ser fabricados a partir de bobinas de aço, segundo normas da AASHTO e ASTM, e revestidos adequadamente para resistir às mais diversas condições ambientais.

A união das chapas ou segmentos pode ser feita por meio de parafusos ou cintas, de acordo com o tipo de produto escolhido.

- Células de concreto

As seções transversais tipo devem obedecer aos projetos elaborados, de acordo com as peculiaridades locais, devendo o concreto ser adensado por vibração.

A esconsidade é definida pelo ângulo formado entre o eixo longitudinal do bueiro e a normal ao eixo longitudinal da rodovia.

2.2.2.3 - Drenagem superficial

Numa estrada, a água superficial, que é a fração que resta de uma chuva após serem deduzidas as perdas por evaporação e por infiltração, pode surgir descendo as encostas ou taludes, ou escoando sobre a pista de rolamento.

As águas superficiais que descem as encostas num corte de estrada irão rolar sobre o talude, erodindo-o e, além de poder vir a comprometer a estabilidade do maciço, carregam o material de erosão para a pista, o que, em conjunto com a água, pode dificultar ou impedir o tráfego normal dos veículos.

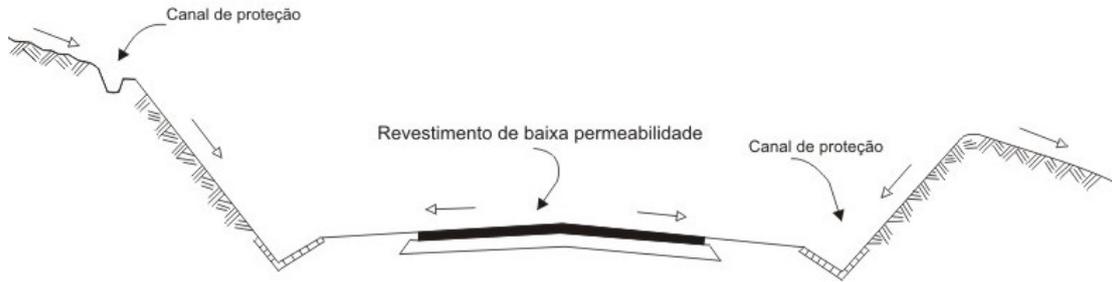
Assim é que o acúmulo de água que se escoia sobre a pista de rolamento, dependendo da espessura da lâmina d'água que se forma, pode vir a comprometer seriamente as condições de aderência da pista, acarretando graves acidentes, com a derrapagem e a aquaplanagem.

A erosão nas valetas junto ao pé do corte pode atingir a estrutura do pavimento, daí o emprego de revestimento nessas valetas.

De outra parte, se a água da chuva penetra na base e nela se acumula, os efeitos destrutivos, pelas pressões hidráulicas que as cargas pesadas dos caminhões transmitem, podem ocasionar a ruína completa de um pavimento, ainda que corretamente projetado.

A drenagem superficial deve evitar, assim, que essa água venha a danificar a plataforma e/ou atingir a estrada. Para tanto, são construídos adequados dispositivos que coletam a água e a removem, conduzindo-a para os canais naturais. No caso da chuva que cai diretamente sobre a pista de rolamento, as medidas a serem tomadas, e que evitam sua infiltração ou acumulação, consistem na adoção de declividades adequadas para a seção transversal, bem como na adoção de pavimento, cujo revestimento seja praticamente impermeável.

Figura 7 – Fluxo da água superficial



Para um sistema de drenagem superficial eficiente, utiliza-se uma série de dispositivos com objetivos específicos, a saber:

- Valetas de proteção de corte;
- Valetas de proteção de aterro;
- Sarjetas de corte;
- Sarjetas de aterro;
- Sarjeta de canteiro central;
- Descidas d'água;
- Saídas d'água;
- Caixas coletoras;
- Bueiros de greide;
- Dissipadores de energia;
- Escalonamento de taludes;
- Corta-rios.

Nas alíneas “a” a “h”, que se seguem, estes dispositivos estão sumariamente abordados.

a) Valetas de proteção de corte

As valetas de proteção de cortes têm como objetivo interceptar as águas que escorrem pelo terreno natural a montante, impedindo-as de atingir o talude de corte.

As valetas de proteção devem ser construídas em todos os trechos em corte onde o escoamento superficial proveniente dos terrenos adjacentes possa atingir o talude, comprometendo a estabilidade do corpo estradal. Devem ser localizadas proximamente paralelas às cristas dos cortes, a uma distância entre 2,0 a 3,0 metros. O material resultante da escavação deve ser colocado entre a valeta e a crista do corte e apilado manualmente, conforme indicado na Figura 7.

b) Sarjetas de corte

A sarjeta de corte tem como objetivo captar as águas que se precipitam sobre a plataforma e taludes de corte e conduzi-las, longitudinalmente à rodovia, até o ponto de transição entre o corte e o aterro, de forma a permitir a saída lateral para o terreno natural ou para a valeta de aterro, ou então, para a caixa coletora de um bueiro de greide.

As sarjetas devem localizar-se em todos os cortes, sendo construídas à margem dos acostamentos, terminando em pontos de saída convenientes (pontos de passagem de corte para aterro ou caixas coletoras).

c) Sarjetas de aterro

A sarjeta de aterro tem como objetivo captar as águas precipitadas sobre a plataforma, de modo a impedir que provoquem erosões na borda do acostamento e/ou no talude do aterro, conduzindo-as ao local de deságue seguro.

A indicação da sarjeta de aterro deve fundamentar-se nas seguintes situações:

- Trechos onde a velocidade das águas provenientes da pista provoque erosão na borda da plataforma;
- Trechos onde, em conjunto com a terraplenagem, for mais econômica a utilização da sarjeta, aumentando, com isso, a altura necessária para o primeiro escalonamento de aterro;
- Interseções, para coletar e conduzir as águas provenientes dos ramos, ilhas etc.

d) Descidas d'água

As descidas d'água têm como objetivo conduzir as águas captadas por outros dispositivos de drenagem, pelos taludes de corte e aterro.

Tratando-se de cortes, as descidas d'água têm como objetivo principal conduzir as águas das valetas quando atingem seu comprimento crítico ou de pequenos talvegues, desaguando numa caixa coletora ou na sarjeta de corte.

No aterro, as descidas d'água conduzem as águas provenientes das sarjetas de aterro quando é atingido seu comprimento crítico e, nos pontos baixos, através das saídas d'água, desaguando no terreno natural.

As descidas d'água também atendem, no caso de cortes e aterros, às valetas de banquetas quando é atingido seu comprimento crítico e em pontos baixos.

Não raramente, devido à necessidade de saída de bueiros elevados desaguando no talude do aterro, as descidas d'água são necessárias visando conduzir o fluxo pelo talude até o terreno natural.

Posicionam-se sobre os taludes dos cortes e aterros seguindo as suas declividades e, também, na interseção do talude de aterro com o terreno natural nos pontos de passagem de corte-aterro.

e) Saídas d'água

As saídas d'água, nos meios rodoviários também denominados de entradas d'água, são dispositivos destinados a conduzir as águas coletadas pelas sarjetas de aterro, lançando-as nas descidas d'água. São, portanto, dispositivos de transição entre as sarjetas de aterro e as descidas d'água.

Localizam-se na borda da plataforma, junto aos acostamentos ou em alargamentos próprios para sua execução, nos pontos onde é atingido o comprimento crítico da sarjeta, nos pontos baixos das curvas verticais côncavas, junto às pontes, pontilhões e viadutos e, algumas vezes, nos pontos de passagem de corte para aterro.

f) Caixas coletoras

As caixas coletoras têm como objetivos principais:

- Coletar as águas provenientes das sarjetas e que se destinam aos bueiros de greide;
- Coletar as águas provenientes de áreas situadas a montante de bueiros de transposição de talvegues, permitindo sua construção abaixo do terreno natural;
- Coletar as águas provenientes das descidas d'água de cortes, conduzindo-as ao dispositivo de deságue seguro;

- Permitir a inspeção dos condutos que por elas passam, com o objetivo de verificação de sua funcionalidade e eficiência;
- Possibilitar mudanças de dimensão de bueiros, de sua declividade e direção, ou ainda quando a um mesmo local concorre mais de um bueiro.

g) Dissipadores de energia

Dissipadores de energia, como o nome indica, são dispositivos destinados a dissipar energia do fluxo d'água, reduzindo conseqüentemente sua velocidade, quer no escoamento, através do dispositivo de drenagem, quer no deságue para o terreno natural.

Os dissipadores de energia classificam-se em dois grupos:

- Dissipadores localizados;
- Dissipadores contínuos.

h) Bacias de amortecimento

As bacias de amortecimento, ou dissipadores localizados, são obras de drenagem destinadas, mediante a dissipação de energia, a diminuir a velocidade da água, quando esta passa de um dispositivo de drenagem superficial qualquer para o terreno natural, de modo a evitar o fenômeno da erosão.

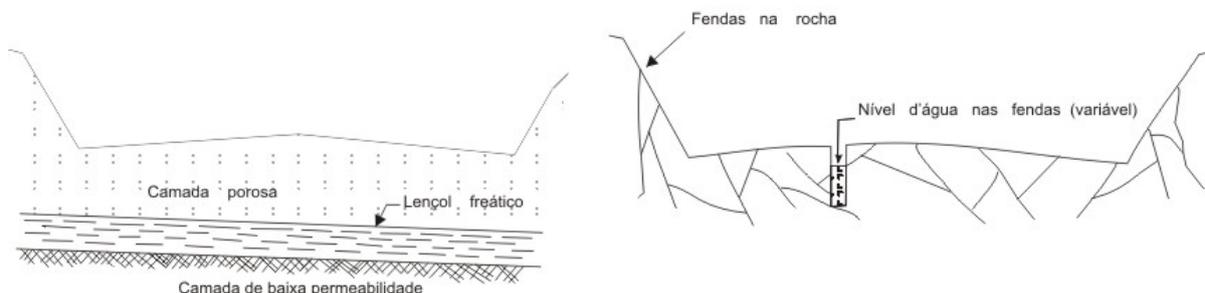
As bacias de amortecimento devem ser instaladas, de um modo geral, nos seguintes locais:

- No pé das descidas d'água nos aterros;
- Na boca de jusante dos bueiros;
- Na saída das sarjetas de corte, nos pontos de passagem de corte-aterro.

2.2.2.4 Drenagem profunda

As águas subterrâneas são aquelas que se encontram no subsolo e podem existir sob a forma de lençol freático, piping ou acumuladas em fendas de rochas.

Figura 8 – Fluxo da água subterrânea



O lençol freático é constituído por uma camada porosa, na qual a água se escoar, camada porosa esta que assenta sobre um leito impermeável. O piping é um fluxo canalizado de solo transportado pela água que filtra através dele. Nas estruturas rochosas fendilhadas, a água pode escoar-se e acumular-se nas fendas, constituindo-se na principal causa da ocorrência de fontes, no subleito das estradas.

Quando, no preparo do subleito de uma estrada, corta-se uma camada na qual percola um lençol freático não é adequado executar o pavimento sem que se execute uma camada drenante ou se instalem drenos subterrâneos longitudinais, de modo a interceptar e remover o fluxo de água do subsolo.

Figura 9 – Drenos subterrâneos

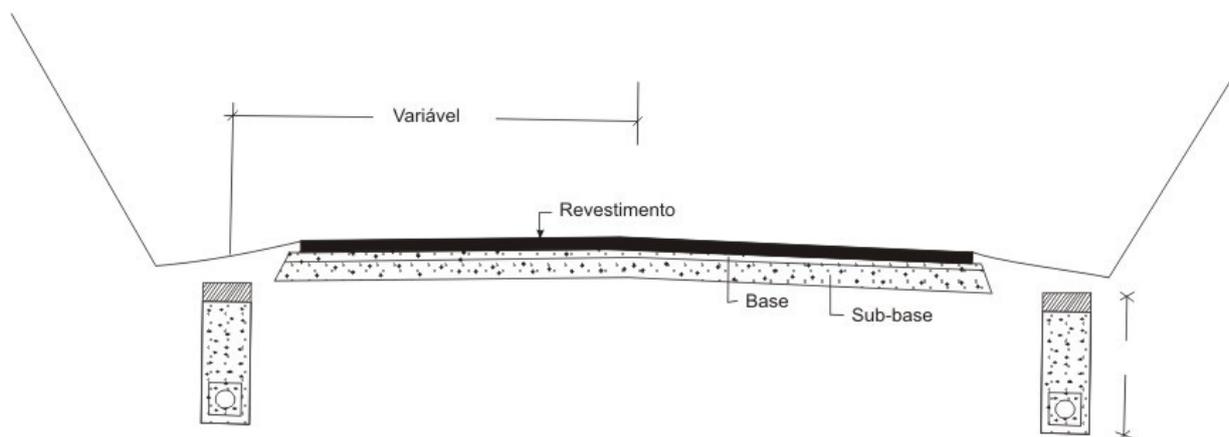
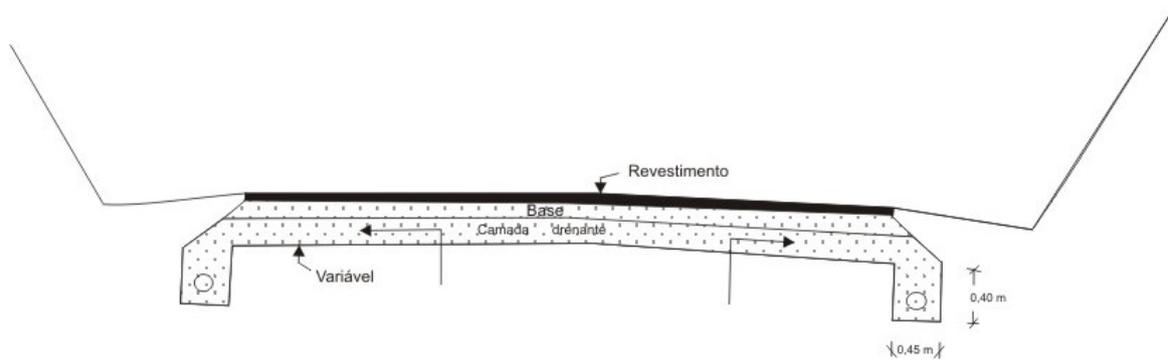


Figura 10 – Camada drenante



Nas alíneas “a” a “f”, que se seguem, estão enfocados os principais componentes desta modalidade de drenagem.

a) Drenos profundos

Os drenos profundos têm por objetivo principal interceptar o fluxo da água subterrânea através do rebaixamento do lençol freático, impedindo-o de atingir o subleito.

Os drenos profundos são instalados, preferencialmente, em profundidades da ordem de 1,50 a 2,00 m, tendo por finalidade captar e aliviar o lençol freático e, conseqüentemente, proteger o corpo estradal.

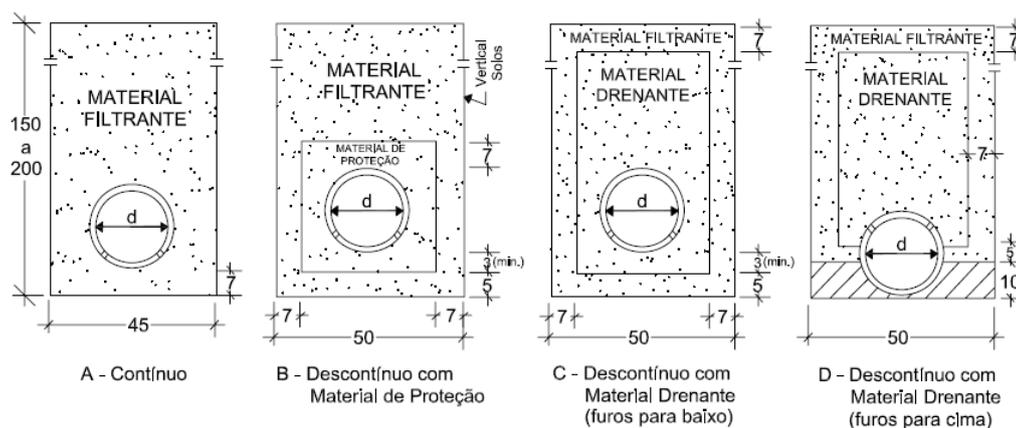
Devem ser instalados nos trechos em corte, nos terrenos planos que apresentem lençol freático próximo do subleito, bem como nas áreas eventualmente saturadas próximas ao pé dos taludes.

Os drenos profundos são constituídos por vala, materiais drenante e filtrante, podendo apresentar tubos-dreno, juntas, caixas de inspeção e estruturas de deságue.

No caso de drenos com tubos podem ser utilizados envoltórios drenantes ou filtrantes, constituídos de materiais naturais ou sintéticos.

No caso das Figuras 11A, 11B, 11C e 11D podem-se utilizar tubos plásticos com furos distribuídos ao longo de sua parede. No caso do material envelopante, devem-se seguir os critérios de estabilidade utilizados para drenagem subterrânea deste Manual, para evitar excesso de finos dentro do tubo.

Figura 11 - Seções de drenos profundos



b) Drenos em espinhas de peixe

São drenos destinados à drenagem de grandes áreas, pavimentadas ou não, normalmente usados em série, em sentido oblíquo em relação ao eixo longitudinal da rodovia ou área a drenar.

Geralmente são de pequena profundidade e, por este motivo, sem tubos, embora possam eventualmente ser usados com tubos.

Podem ser exigidos em cortes, quando os drenos longitudinais forem insuficientes para a drenagem da área.

Podem ser projetados em terrenos que receberão aterros e nos quais o lençol freático estiver próximo da superfície.

Podem, também, ser necessários nos aterros, quando o solo natural for impermeável.

Conforme as condições existentes podem desaguar livremente ou em drenos longitudinais.

c) Colchão drenante

O objetivo das camadas drenantes é drenar as águas situadas a pequena profundidade do corpo estradal, em que o volume não possa ser drenado pelos drenos "espinha de peixe".

São usadas:

- Nos cortes em rocha;

- Nos cortes em que o lençol freático estiver próximo do greide da terraplenagem;
- Na base dos aterros onde houver água livre próxima ao terreno natural;
- Nos aterros constituídos sobre terrenos impermeáveis.

A remoção das águas coletadas pelos colchões drenantes deve ser feita por drenos longitudinais.

d) Drenos sub-horizontais

Os drenos sub-horizontais são aplicados para a prevenção e correção de escorregamentos, nos quais a causa determinante da instabilidade é a elevação do lençol freático ou do nível piezométrico de lençóis confinados. No caso de escorregamentos de grandes proporções, geralmente trata-se da única solução econômica a se recorrer.

e) Valetões laterais

Existem casos em que se recomendam os valetões laterais, formados a partir da borda do acostamento, sendo este valetão constituído, de um lado, pelo acostamento, e do outro, pelo próprio talude do corte, processo este designado por falso-aterro.

Não obstante a economia obtida no sistema de drenagem, a estrada fica sem acostamento confiável na época das chuvas e, nos tempos secos, tem um acostamento perigoso, face à rampa necessária, a não ser que haja alargamentos substanciais, o que equivale a dizer que os valetões laterais vão funcionar independentemente da plataforma da rodovia.

O dispositivo (valetão lateral), por outro lado, em regiões planas, pode exercer sua dupla função sem dificuldade, visto poder trabalhar como sarjeta e dreno profundo, ao mesmo tempo.

Recomenda-se o revestimento dos taludes do canal com gramíneas.

f) Drenos verticais

A eventual necessidade de executar um trecho rodoviário com aterros sobre depósitos de solos moles, tais como siltes ou argilas orgânicas, argilas sensíveis e turfas, pode representar problemas de solução difícil e onerosa e, a fim de reduzir os custos de implantação, deve-se realizar cuidadoso exame do assunto na fase de projeto.

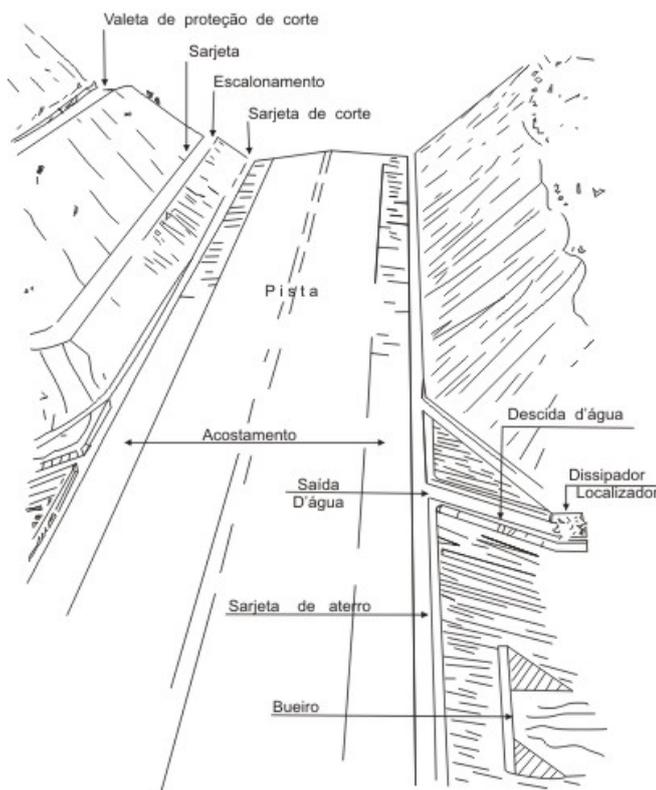
Entre a extensa gama de soluções possíveis de utilização, que vão da remoção do solo por escavação ou deslocamento até as técnicas construtivas, ou seja, velocidade de construção controlada, pré-adensamento, bermas estabilizadoras etc., aparecem os drenos verticais de areia, drenos cartão e os drenos fibro-químicos.

2.2.2.5 - Esquema do sistema de drenagem

Para que haja drenagem eficiente do corpo estradal, todo o sistema de drenagem, cujos componentes foram citados, deve funcionar de forma integrada e em cadeia, e para isto deve ser frequentemente desobstruído, limpo e mantido em boas condições estruturais.

A Figura 12, que se segue, ilustra o sistema de drenagem em pista simples.

Figura 12 – Sistema de drenagem em pista simples



2.2.2.6 - Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem do DNIT

Esse álbum, para cada tipo de dispositivo de drenagem, apresenta várias alternativas de solução, as quais diferem entre si nos seguintes tópicos: configuração e dimensões dos dispositivos; tipo de revestimento adotado; e materiais utilizados em sua construção.

A adoção do referido álbum se recomenda ante o objetivo de racionalizar e sistematizar o tratamento do assunto, facilitando o seu entendimento e produzindo benefícios em nível de execução.

Nota: O tema está abordado, em nível detalhado e na profundidade devida, no Manual de Drenagem de Rodovias, do DNIT.

2.2.3 Obras-de-arte especiais

2.2.3.1 Considerações iniciais

Especificamente, as obras-de-arte especiais compreendem as estruturas, tais como pontes, viadutos ou túneis, necessárias à plena implantação de uma via e que, pela suas proporções e características peculiares, requerem um projeto específico.

A malha rodoviária federal, implantada a partir da década de 40, época em que também foram editadas as primeiras Normas Brasileiras referentes ao cálculo e execução de estruturas de concreto armado, abrange obras com diferentes geometrias transversais, calculadas para solicitações provocadas por diferentes carregamentos e dimensionadas e detalhadas segundo critérios vigentes nas épocas dos projetos, muitos dos quais não mais aceitos.

Desde a implantação até a presente data, algumas obras foram substituídas, muitas foram restauradas e algumas foram reforçadas e alargadas; o perfil das pontes da maioria das rodovias, senão da totalidade, é, portanto, bastante heterogêneo.

2.2.3.2 Principais elementos componentes das pontes

A maioria das pontes tem três componentes básicos: Superestrutura, Mesoestrutura e Infraestrutura, cujas características são desenvolvidas a seguir.

a) Superestrutura

A superestrutura é o componente superior da ponte, constituída do estrado e dos elementos que suportam o estrado e todas as cargas nele aplicadas.

A função estrutural da superestrutura é a de transmitir as cargas, ao longo dos vãos, para os apoios.

O estrado é o elemento da ponte onde a carga móvel atua diretamente, devendo ser capaz de permitir um tráfego seguro e fluente.

Usualmente, o estrado é composto por lajes e um sistema estrutural secundário.

Três materiais podem ser utilizados na construção dos estrados de pontes: a madeira, o concreto e o aço.

A função estrutural do estrado é a de transferir as cargas permanente e móvel, a outros componentes da obra.

A função estrutural dos elementos que suportam o estrado é a de transmitir as cargas do estrado, ao longo dos vãos, para os apoios.

Esses elementos, constituídos de vigas e longarinas, são caracterizados pelo modo como transmitem as cargas aos apoios: por compressão, por tração, por flexão ou pela combinação dessas solicitações.

b) Mesoestrutura

A mesoestrutura da ponte é o componente que engloba todos os elementos que suportam a superestrutura. A função da mesoestrutura é a de transmitir as cargas da superestrutura, e a sua própria carga, à infraestrutura, constituída das fundações, diretas ou profundas.

Os elementos da mesoestrutura funcionam como peças carregadas axialmente, com capacidade de absorver solicitações horizontais, que provocam momentos fletores.

Há três elementos básicos nas mesoestruturas: encontros, blocos e pilares. Os encontros, se existentes, são os elementos que suportam as extremidades das pontes, ao mesmo tempo em que arrimam os acessos rodoviários; os pilares, isolados, maciços ou aporticados, são os apoios intermediários.

Por razões econômicas, no Brasil, somente as obras mais importantes têm encontros; na grande maioria das obras, os encontros são substituídos por superestruturas com extremos em balanço e aterros em queda livre, às vezes mal compactados e sem as proteções adequadas; o funcionamento deste conjunto heterogêneo, aterro/obra-de-arte, embora modernamente melhorado com a utilização de lajes de transição, é sempre deficiente: há assentamentos dos aterros de acesso, com os consequentes choques dos veículos na entrada das pontes.

c) Infraestrutura

A infraestrutura é o componente que assenta todo o peso da estrutura e a ação das cargas móveis no terreno natural. As fundações podem ser diretas ou profundas.

Assim, tem-se as fundações diretas compostas das sapatas.

As fundações podem ser ainda em tubulão – a céu aberto ou a ar comprimido – e em estacas, podendo ser de madeira, metálicas ou de concreto.

2.2.3.3 Tipos básicos de pontes

Em função do modo como se transmitem as cargas aos apoios, as pontes podem ser agrupadas em três tipos básicos:

- a) Pontes em viga:** quando transmitem as cargas aos apoios através de solicitações de compressão; podem ser:
- Pontes em laje, de concreto armado ou protendido;
 - Pontes em viga, de madeira, de concreto ou de aço;
 - Pontes em caixão, de concreto ou de aço;
 - Pontes em treliça, de madeira ou de aço.
- b) Pontes em arco:** quando transmitem as cargas através de solicitações inclinadas, de compressão; podem ser construídas em madeira, em concreto ou em aço.

As solicitações nos arcos são, inteira ou predominantemente, de compressão.

- c) Pontes pênses e pontes estaiadas:** as solicitações de tração dos cabos de suspensão são transmitidas às ancoragens na infraestrutura, depois de provocar solicitações de compressão nas torres intermediárias.

O tema está devidamente tratado no Manual de Projeto de Obras-de-arte Especiais, no Manual de Construção de Obras-de-arte Especiais e nas Normas de Especificações de Serviço pertinentes.

2.2.4 Obras Complementares

2.2.4.1 Considerações iniciais

As obras complementares constituem um conjunto de componentes outros que devem ser acoplados à estrutura das rodovias, com a finalidade de:

- a) Atender à segurança do tráfego e à preservação da via.
- b) Atender, sob caráter eventual e/ou em função de particularidades específicas dos trechos viários, a finalidades diversificadas.
- c) Os principais componentes estão a seguir sucessivamente enfocados na forma das subseções 2.2.4.2 a 2.2.4.6.

2.2.4.2 Sinalização Rodoviária

A sinalização rodoviária tem importância capital para a segurança e conforto dos usuários das rodovias e torna-se cada vez mais essencial, à medida que a velocidade de uso das estradas e o volume de tráfego crescem com a pavimentação, traçados modernos e rodovias de pistas duplas.

O motorista que estiver habituado a utilizar rodovias bem sinalizadas tem, imediatamente, uma sensação de insegurança quando entra em uma estrada sem sinalização ou com sinalização falha e por falta de conservação, sensação esta que cresce significativamente quando o percurso for feito à noite.

A implantação e a manutenção permanente da sinalização rodoviária são os aspectos mais importantes da segurança e do conforto que o órgão público tem por obrigação proporcionar aos usuários da rodovia, estando o tema devidamente tratado no Manual de Sinalização Rodoviária, editado pelo DNIT e nas Normas de Especificações de Serviço pertinentes.

A finalidade essencial dos sinais de trânsito é de transmitir aos usuários das rodovias normas, instruções e informações, visando à movimentação correta e segura dos veículos.

Os sinais são padronizados com o objetivo de despertar nos motoristas reações idênticas diante de uma mesma situação e devem transmitir mensagens claras e instantaneamente inteligíveis, sem possibilidade de interpretações variadas.

Os tipos de sinalização são: vertical e horizontal.

A sinalização vertical é constituída por: placas, painéis, balizadores e sinalização viva.

A sinalização horizontal é constituída por: faixas de sinalização e marcações no pavimento.

Os elementos verticais mais utilizados são as placas, fixadas em postes, em altura aproximadamente correspondente à visão horizontal dos motoristas.

Os painéis, utilizados nas rodovias de grande volume de trânsito, são fixados em pórticos que atravessam toda a largura da pista ou em postes localizados lateralmente.

As placas são classificadas quanto às suas funções em:

Tabela 4 - Classificação das placas

MODALIDADE / FUNÇÃO	FORMA	COR
Sinais de regulamentação	placa circular	vermelha
Sinais de advertência	placa quadrada com uma diagonal na vertical	amarela
Sinais de indicação	placa retangular com a maior dimensão horizontal	verde, azul ou marrom
Sinalização de obras		Laranja

Os sinais de regulamentação têm por objetivo notificar ao usuário as limitações, restrições e proibições no uso da via pública, cujo não cumprimento constitui uma infração ao Código Nacional de Trânsito.

Os sinais de advertência comunicam ao motorista a existência de situações de perigo iminente e as suas naturezas.

Os sinais de indicação têm por função orientar, indicar e educar o motorista, fornecendo-lhe informações para facilitar o seu deslocamento.

Nota: As obras de construção, restauração e conservação que interferem com as pistas, bem como as situações de emergência possuem um sistema de sinalização próprio, com placas, cones, barreiras e sinalizadores, conforme discriminado no Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias, editado pelo DNIT.

2.2.4.3 Cercas

A implantação de cerca, delimitando a faixa de domínio da rodovia, deve ser feita em toda a extensão da rodovia, exceto na travessia dos grandes cursos d'água, entroncamentos com outras estradas e em pontos outros onde for julgada como desnecessária ou prejudicial à plena operação da via.

Os serviços pertinentes consistem na limpeza de faixa de implantação, na aquisição e cravação, no terreno, de mourões suportes e esticadores, que podem ser de madeira ou concreto armado, e na colocação dos fios de arame farpado, ou telas para eventual atendimento de cunho ambiental.

2.2.4.4 Defensas

As defensas são utilizadas para atenuar o choque de um veículo desgovernado contra estruturas fixas ou evitar a sua saída da plataforma da estrada, sempre que houver perigo do veículo rolar pelo talude dos aterros. Elas se justificam quando as consequências de um possível choque do veículo contra as estruturas físicas se evidenciem, previsivelmente, como mais graves do que o choque contra a própria defesa.

Ordinariamente, as defensas devem ser implantadas nos seguintes casos:

- a) Junto aos pórticos de sinalização, em ambos os lados da pista;
- b) Junto a obras-de-arte especiais;
- c) Junto a acessos à rodovia, do lado esquerdo;
- d) Acompanhando o acostamento, nos aterros altos, em tangentes;
- e) Nas curvas perigosas;
- f) Como separação da corrente de tráfego de sentidos opostos;
- g) Nas estradas que margeiam rios, lagos, valas etc.

As defensas são executadas em concreto de cimento simples ou armado, ou em chapas metálicas perfiladas montadas em suportes de madeira cravados no terreno.

2.2.4.5 Dispositivos de proteção dos taludes

Estes dispositivos têm a finalidade de preservar as áreas expostas do corpo estradal, em especial as áreas de talude, dando-lhes condições de resistência à erosão.

Para esta finalidade existem várias alternativas de solução, sendo as mais praticadas as seguintes:

- a) Revestimento vegetal envolvendo o plantio de espécies em leivas, mudas ou sementeira e a arborização. O tema é tratado no Manual de Vegetação Rodoviária, do DNIT;
- b) Revestimento com solo-cimento;
- c) Outros, específicos.

2.2.4.6 Outros componentes

Envolve outros elementos que, quando definidos, podem eventualmente constituir-se em componentes de projeto específico e/ou estar vinculados ou integrando uma das componentes básicas do projeto.

Incluem-se aqui: interseções, paisagismo, obras de contenção e de preservação ambiental.

2.2.5 - O pavimento

2.2.5.1 Considerações iniciais

O pavimento, por injunções de ordem técnico-econômica, é uma estrutura de camadas, assente sobre um subleito, conforme abordado na subseção 2.2.1.1, em que materiais de diferentes resistências e deformabilidades são colocados em contato, resultando daí um elevado grau de complexidade, no que respeita ao cálculo de tensões e deformações atuantes nas mesmas, resultantes das cargas impostas pelo tráfego.

O subleito, limitado assim superiormente pelo pavimento, deve ser estudado e consideradas até a profundidade onde atuam, de forma significativa, as cargas impostas pelo tráfego. Em termos práticos, tal profundidade deve situar-se numa faixa de 0,60 m a 1,50 m.

2.2.5.2 Classificação dos pavimentos

De uma forma geral, os pavimentos são classificados em flexíveis, semi-rígidos e rígidos, a saber:

a) Flexível: aquele, em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

b) Semirrígido: caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento, revestida por uma camada asfáltica.

c) Rígido: aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

2.2.5.3 Seção transversal do pavimento

Nas Figuras 13 e 14 a seguir estão apresentados, a título de exemplo, seção transversal e perfil de estrutura do pavimento, com a denominação das várias partes constituintes e o perfil da estrutura do pavimento.

Figura 13 - Seção transversal típica de um pavimento flexível

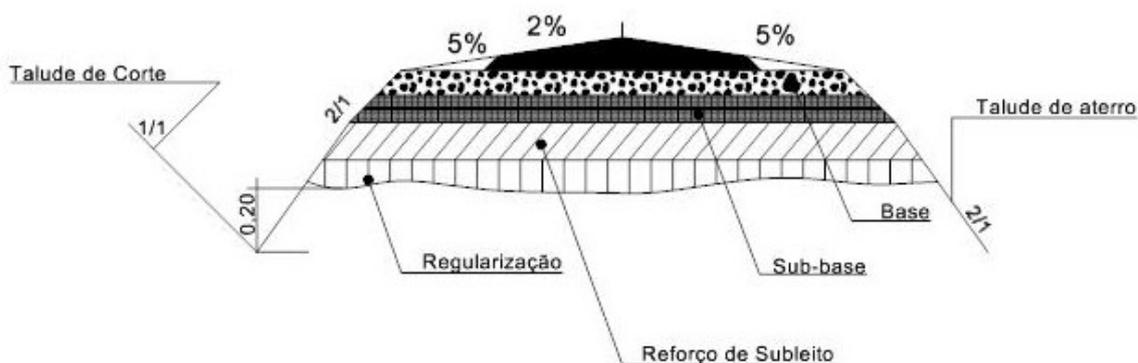
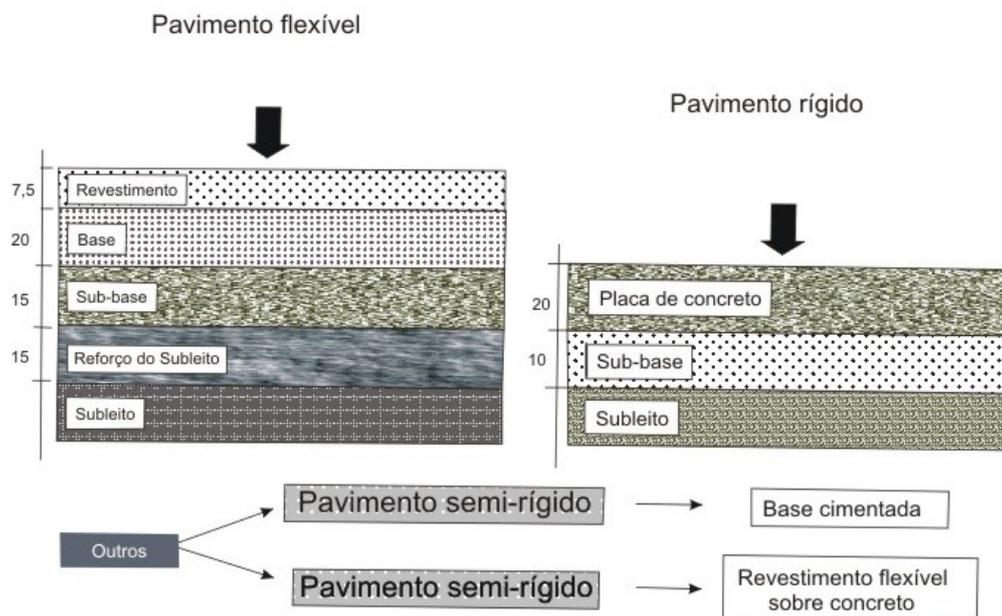


Figura 14 - Perfil da estrutura do pavimento



Nota: Dimensões em centímetros, assinaladas a título de exemplo.

O tema está devidamente tratado nos Manuais de Pavimentação editados pelo DNIT e nas Normas de Especificações de serviço pertinentes.

2.3 – TEMAS ESPECÍFICOS OUTROS

2.3.1 – O tratamento ambiental

2.3.1.1 Considerações iniciais

Entende-se por meio ambiente o espaço onde se desenvolvem as atividades humanas e a vida dos animais e vegetais envolvendo, assim, todo o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite abrigar e reger a vida em todas as suas formas.

Poluição ou degradação ambiental se define como qualquer alteração das qualidades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente que possam: prejudicar a saúde ou o bem estar da população; criar condições adversas às atividades sociais e econômicas; ocasionar danos relevantes à flora, à fauna e a qualquer recurso natural; e ocasionar danos relevantes aos acervos histórico, cultural e paisagístico.

Impacto ambiental é qualquer alteração significativa provocada pela ação humana em um ou mais componentes do meio ambiente.

Na forma do disposto na legislação específica, o empreendimento rodoviário, aqui entendido como o complexo da atividade rodoviária, abrangendo as ações inerentes à infraestrutura viária e à operação de rodovia, deve enquadrar-se dentro das premissas do desenvolvimento sustentável.

Nota: É de se considerar e enfatizar que, face ao Sistema de Gestão Ambiental do DNIT e à Política Ambiental do Ministério dos Transportes, o empreendimento rodoviário deve vincular-se e condicionar-se à Política Nacional de Meio Ambiente, por isto que, na forma da Legislação Ambiental específica, o mesmo é enquadrado dentro das premissas do desenvolvimento sustentável.

2.3.1.2 Definição do tratamento ambiental

Com o objetivo de promover a preservação do meio-ambiente em toda a sua abrangência e considerando os seus componentes básicos (meio físico, meio biótico e meio antrópico), o complexo da atividade rodoviária deve ser submetido a adequado tratamento ambiental.

O tratamento ambiental, de conformidade com o exposto, consiste em buscar a adequada eliminação/mitigação/compensação de impactos ambientais negativos, suscetíveis de ocorrer, em toda a sua abrangência, como decorrência do processo construtivo e da posterior operação da via.

Da mesma maneira, quando da previsão da ocorrência de impactos positivos significativos devem ser definidas medidas objetivando a otimização/potencialização de tais impactos positivos.

Para tanto, quando constatada, a partir de competentes estudos, a efetiva previsibilidade de impacto ambiental negativo significativo, para cada um dos componentes do meio ambiente então afetado, devem ser definidas medidas de caráter mitigador e/ou compensatório, a serem implementadas pari passu com a execução dos serviços e obras pertinentes ao empreendimento rodoviário.

Nota: Apresentam-se a seguir, na forma das Figuras 15 e 16, os fluxogramas referentes ao processamento do licenciamento ambiental. Aspectos relacionados com o licenciamento ambiental estão abordados no Manual para Atividades Ambientais Rodoviárias, do DNIT, editado no ano de 2007.

Figura 15 - Fluxograma geral do processo de licenciamento

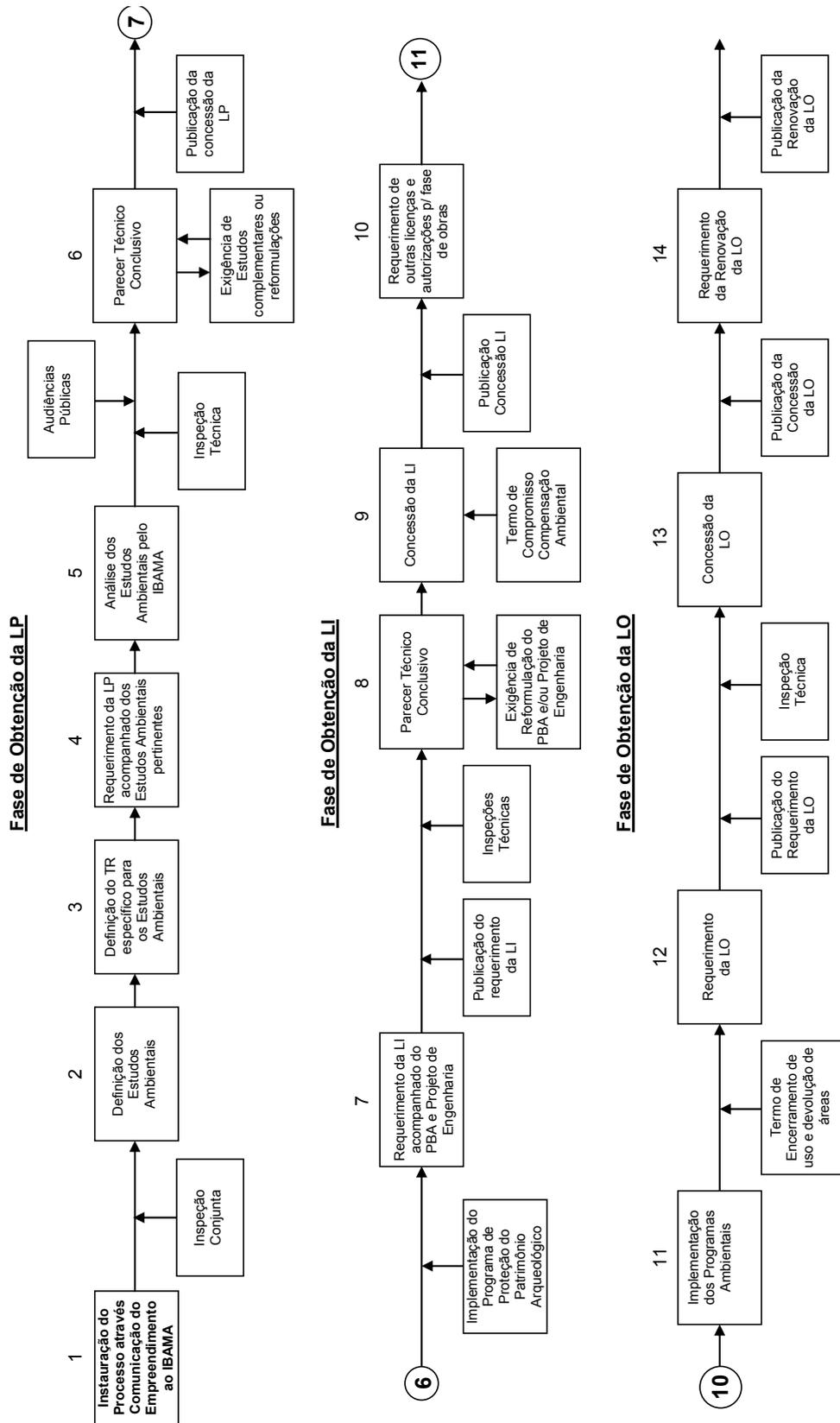
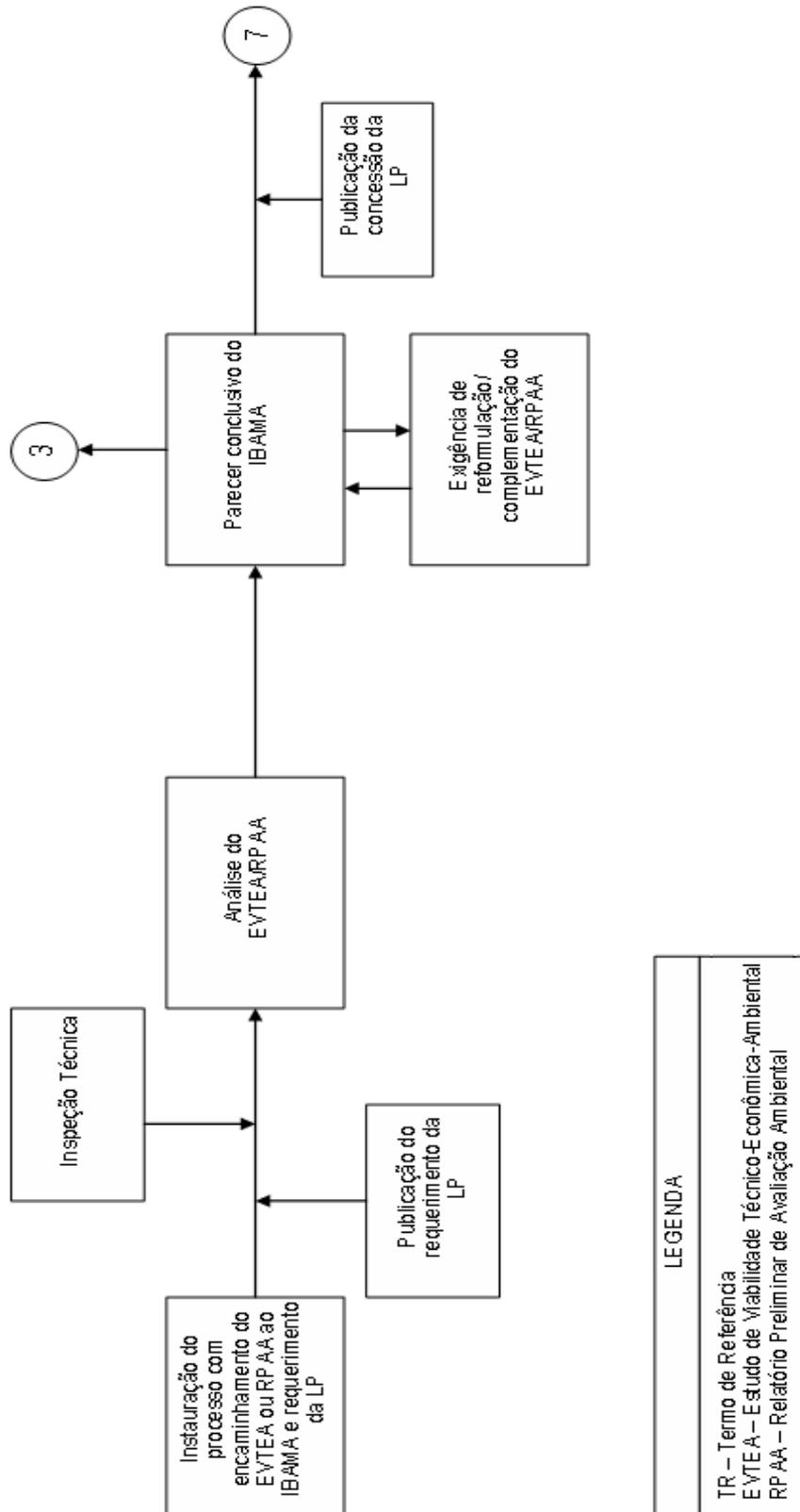


Figura 16 - Fluxograma de processo de licenciamento simplificado, fase de obtenção da LP



2.3.1.3 Etapas de trabalho do tratamento ambiental

O tratamento ambiental compreende as seguintes etapas de trabalho:

a) Etapa de Elaboração do RPAA – Relatório Preliminar de Avaliação Ambiental

Esta etapa de caráter facultativo (não exigida como obrigatória pelos Órgãos Ambientais) é desenvolvida em conjunto com a fase do planejamento rodoviário.

b) Etapa de Elaboração dos Estudos Ambientais

Esta etapa, desenvolvida de forma conjugada com a Fase Preliminar do Projeto de Engenharia, envolve a elaboração dos seguintes instrumentos, conforme Termo de Referência definido pelo órgão ambiental competente para o correspondente licenciamento ambiental:

- EIA – Estudo de Impacto Ambiental
- RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

Nota 1: O Projeto de Engenharia de empreendimento rodoviário não sujeito a licenciamento ambiental deve ter seu componente ambiental elaborado/desenvolvido em conformidade com a Instrução de Serviço IS-246, das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, instruções complementares do DNIT e recomendações/exigências dos órgãos ambientais.

Nota 2: Eventualmente, o órgão ambiental pode decidir-se pela elaboração de Estudos Ambientais de confecção e apresentação mais simples.

c) Etapa de Elaboração do PBA – Plano Básico Ambiental

Esta etapa, desenvolvida de forma conjugada com a fase de elaboração do Projeto de Engenharia, compreende a elaboração do Relatório Informativo e dos Programas Ambientais, estes, guardando correspondência com as medidas de caráter ambiental, definidas no EIA.

d) Etapa de Implementação – Implantação dos Programas Ambientais

Esta etapa compreende a execução *pari passu* com a execução das obras rodoviárias, das ações e atividades definidas no elenco de Programas Ambientais integrantes do PBA.

Alguns Programas Ambientais devem ser implementados antes da execução das obras, como por exemplo, os Programas de Reassentamento de População de Baixa Renda e o de Proteção ao Patrimônio Arqueológico.

e) Etapa de Monitoramento Ambiental, na Fase de Operação de Rodovia

Nesta etapa devem ser efetivados os monitoramentos ambientais específicos, conforme estabelecidos em determinados Programas Ambientais e/ou em decorrência de fatos supervenientes.

2.3.1.4 Definições e considerações adicionais

A seguir, são apresentadas sucessivamente as definições dos Instrumentos Técnicos vinculados às três primeiras etapas mencionadas em 2.3.1.3, considerando tópicos significativos, dentro do objetivo deste documento.

a) RPAA – Relatório Preliminar de Avaliação Ambiental

Este documento, a ser elaborado com base na coleta e análise de dados secundários, conjugado à inspeção “in loco”, objetiva orientar o processo decisório a ser assumido nas fases do planejamento e da definição do traçado.

b) EIA – Estudo de Impacto Ambiental

É um dos elementos de avaliação prévia de impacto ambiental; consiste na execução, por equipe multidisciplinar, das tarefas técnicas e científicas destinadas a analisar, de forma sistemática, as consequências da implantação de um projeto no meio ambiente, por métodos de avaliação de impacto ambiental e técnicas de previsão dos impactos ambientais. A orientação específica é da autoridade ambiental responsável pelo licenciamento do empreendimento.

Vale acrescentar que neste tipo de estudo elabora-se o prognóstico da situação local com e sem a implantação do projeto proposto.

c) RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

É um relatório sucinto, no qual se apresentam as condições do EIA, onde as informações técnicas devem ser expressas em linguagem acessível, demonstrando, através de técnicas de comunicação visual, todas as possíveis consequências ambientais do projeto e suas alternativas, comparando

vantagens e desvantagens, e indicando a alternativa de menor impacto, pois, como preconiza a legislação, deve ser divulgado e devidamente compreendido pelos interessados e a comunidade local.

d) PBA – Plano Básico Ambiental

O PBA é constituído de:

- Relatório informativo;
- Elenco dos Programas Ambientais, com base no constante no EIA - e eventuais recomendações e/ou exigências proferidas pelos Órgãos Ambientais. Tais instrumentos são detalhados em nível de Projeto Básico / Executivo, de modo a permitir que as respectivas medidas de controle ambiental venham a ser de forma precisa, devidamente implementadas.

2.3.2 – O Projeto de Engenharia Rodoviária

2.3.2.1 Considerações iniciais

Anteriormente ao advento da Lei de Licitações, Lei nº. 8.666, de 21.06.93, a legislação pertinente então vigente, para fins de execução das obras, exigia a existência de Projeto de Engenharia – o qual era focalizado em três etapas: estudos preliminares, o anteprojeto e o projeto, constituindo esse conjunto o mencionado Projeto de Engenharia.

A Lei de Licitações, Lei nº. 8.666, de 21.06.93, não menciona explicitamente essas fases, limitando-se a definir Projeto Básico e Projeto Executivo. A diferença entre um e outro de grau: o Projeto Básico é “o conjunto de elementos necessários e suficientes para caracterizar a obra ou serviço...” (Art. 6, Inciso IX); o Projeto Executivo é “o conjunto de elementos necessários e suficientes à execução completa da obra...” (Art. 6, Inciso X).

Diz o Artigo 7 que: “as licitações para obras e para a prestação de serviços obedecerão ao disposto neste artigo e, em particular, à seguinte sequência:

I – projeto básico;

II – projeto executivo;

III – execução das obras e serviços

§1º A execução de cada etapa deve ser obrigatoriamente precedida da conclusão e aprovação, pela autoridade competente, dos trabalhos relativos às etapas anteriores, à exceção do projeto executivo, o qual pode ser desenvolvido concomitantemente com a execução das obras e serviços, desde que também autorizado pela Administração.

§ 2º *As obras e os serviços somente poderão ser licitados quando:*

“I – houver projeto básico aprovado pela autoridade competente e disponível para exame dos interessados em participar do processo licitatório.”

De acordo com a sequência lógica apresentada, o Projeto Básico seria a exigência mínima para a realização da licitação da obra, mas nunca para sua execução. Embora se admita o desenvolvimento do Projeto Executivo, concomitantemente à execução das obras, é altamente desejável que o Projeto Executivo já esteja disponível a tempo da licitação, assegurando, assim, uma maior proximidade entre os Termos de Referência e a realidade da obra.

Esta nova conceituação de Projeto de Engenharia Rodoviária, Projeto Básico e Projeto Executivo, se encontra consolidada nas Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços – Publicação IPR 726 – Edição 2006.

2.3.2.2 Fases da elaboração do projeto

Segundo essas Diretrizes Básicas, os Projetos de Engenharia Rodoviária se desenvolvem ao longo das seguintes fases:

Fase Preliminar

Fase de Projeto Básico

Fase de Projeto Executivo

A Fase Preliminar, comum aos Projetos Básico e Executivo de Engenharia, caracteriza-se pelo levantamento de dados e realização de estudos específicos com a finalidade do estabelecimento dos parâmetros e diretrizes para a elaboração dos itens de projeto do Projeto Básico, sendo, portanto, uma fase de diagnóstico e recomendações.

A Fase de Projeto Básico é desenvolvida com a finalidade de selecionar a alternativa de traçado a ser consolidada e detalhar a solução proposta, por meio da realização de estudos específicos e elaboração

dos itens de projeto do Projeto Básico, fornecendo plantas, desenhos e outros elementos que possibilitem uma adequada identificação da obra a executar.

A Fase de Projeto Executivo, específica para Projetos Executivos de Engenharia, é desenvolvida com a finalidade de detalhar a solução selecionada, por meio da elaboração dos itens de projeto do Projeto Executivo, fornecendo plantas, desenhos e notas de serviço, que permitam a construção da rodovia. Devem ser fornecidos os seguintes elementos:

- a) Informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra;
- b) Subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra;
- c) Orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços, fornecimentos dos materiais e transportes propriamente avaliados;
- d) Informações para a instrução dos processos desapropriatórios.

2.3.2.3 Documentação integrante do Projeto de Engenharia

A documentação integrante do Projeto de Engenharia é constituída de quatro volumes básicos, a seguir focalizados:

- a) **Volume 1 – “Relatório do Projeto e Documentos de Licitação” e Volume 2 “Projeto de Execução”**

Estes documentos devem guardar o máximo de concisão e precisão, contendo todos os detalhes exclusivamente necessários ao perfeito entendimento das soluções propostas no Projeto de Engenharia, sempre dentro do enfoque de orientar a confecção e a apresentação de Propostas para a orçamentação das obras e a respectiva execução e controle.

- b) **Volume 3 – Memória Justificativa**

Este documento, envolvendo inclusive a apresentação de Anexos, é dedicado à descrição da linha metodológica adotada, descrição de alternativas de soluções, resultados de Ensaios e Memórias de Cálculos e todas as etapas intermediárias que subsidiarem as soluções do Projeto de Engenharia, incluindo os tópicos complementares, inclusive os relacionados com “Desapropriação” e o “Meio Ambiente”.

c) Volume 4 – Orçamento e Plano de Execução

Este documento contém as informações pertinentes a este título, observadas as particularidades do Projeto de Engenharia.

2.3.3 - Manutenção e o desempenho das rodovias

2.3.3.1 Considerações iniciais

Para que o sistema rodoviário exerça, de forma satisfatória, a sua importante missão e não venha a constituir-se em fator de inibição ao desenvolvimento e integração socioeconômica, é fundamental que a rodovia ofereça, de forma permanente, um elevado nível de serventia, ou seja, adequado desempenho, que se traduzirá na oferta, ao usuário, de condições de transporte revestidas de seus atributos essenciais: conforto, segurança e economia, conforme os preceitos básicos que norteiam o papel dos transportes dentro do contexto das atividades econômicas.

2.3.3.2 Os sistemas componentes da rodovia e suas funções

A infraestrutura rodoviária é constituída de um conjunto de sistemas, cada um com funções específicas, tais como:

- a)** A plataforma terraplanada, com seus requisitos específicos e os sistemas de proteção e de drenagem, que respondem, de forma abrangente, pela preservação e durabilidade da via;
- b)** O pavimento, o qual, com seu pacote estrutural, em especial o revestimento (camada de rolamento), interage diretamente com o tráfego;
- c)** Os dispositivos de sinalização e de obras complementares, que buscam resguardar a segurança do tráfego.

Para que a rodovia apresente tal desempenho satisfatório é indispensável que cada um dos sistemas componentes de sua infraestrutura exerça, de forma adequada, as suas respectivas funções.

As eventuais disfunções ocorrentes em qualquer um dos sistemas componentes, se não forem devidamente sanadas de imediato, tendem a afetar outro(s) competente(s) da via e, isoladamente ou em conjunto, se refletirão sobre a pista de rolamento, comprometendo, assim, o desempenho desta e o nível de serventia respectivo.

Assim, para que seja mantido ou elevado o nível de desempenho de uma rodovia, torna-se necessário que todos os sistemas componentes desempenhem a contento suas funções e se comportem de forma harmoniosa e solidária.

A manutenção do pavimento, em sua abrangência mais ampla, envolve o desenvolvimento de um conjunto de atividades destinadas a manter ou elevar a níveis desejáveis homogêneos e de acordo com os preceitos básicos mencionados o desempenho da rodovia. Tal conjunto de atividades deve considerar e contemplar todos os sistemas competentes.

2.3.3.3 Modalidades de serviços de manutenção rodoviária

As atividades de manutenção rodoviária estão definidas e retratadas, basicamente, no Manual de Conservação Rodoviária, do DNIT, editado no ano de 2005 e instrumentos complementares outros.

As tarefas correspondentes, conforme conceituado estão distribuídas em cinco grupos de ações, das quais duas tratam estritamente das atividades de conservação ordinária, observadas as seguintes definições:

- a) Conservação corretiva** – Compreende o conjunto de operações que têm como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia;
- b) Conservação preventiva periódica** – Compreende operações realizadas periodicamente com o objetivo de evitar o surgimento ou o agravamento de defeitos.

Os demais grupos dizem respeito a:

Execução de camada estrutural do pavimento, para atender a um novo período de projeto;

Execução de melhoramentos, a título de complementações e/ou modificações, que se evidenciem como necessárias;

Execução de serviços emergenciais.

Nota: Os serviços relativos ao 3º grupo são de caráter periódico, mas diferem, em termos de objetivos específicos, dos relativos ao 2º grupo. Assim é que:

- O segundo grupo compreende serviços periódicos, de caráter preventivo, como execução de selagem de trincas, lama asfáltica e capa selante. Não conferem nenhum aporte estrutural ao pavimento, embora possam “prolongar” a sua vida útil.

- A execução dos serviços do 3º grupo, cujo objetivo específico foi definido, demanda a elaboração de Projeto de Engenharia, a ser desenvolvido dentro de preceitos técnico-econômicos e que considerem o tráfego esperado para o novo período e as condições do pavimento existente (valor residual). Observados tais preceitos, a solução pode recair num simples reforço, na restauração ou na reconstrução (total ou parcial) do pavimento.

Este Manual aborda os processos executivos pertinentes aos serviços de conservação rodoviária, que, com maior frequência, têm lugar nas rodovias implantadas e/ou em implantação, estando os processos descritos de forma sistemática no Anexo C.

O tema está devidamente tratado no Manual de Conservação Rodoviária e no Manual de Restauração de Pavimentos editados pelo DNIT e nas normas de especificação de serviço pertinentes.

3. O CONDICIONAMENTO AMBIENTAL

3. O CONDICIONAMENTO AMBIENTAL

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No desenvolvimento das atividades pertinentes à execução das obras rodoviárias há sempre tendência à geração/ocorrência, em maior ou menor escala, de impactos ambientais negativos, suscetíveis de ocorrer em toda a sua abrangência, afetando, segundo as particularidades inerentes de cada caso, cada um dos componentes do ecossistema.

Nestas condições, dentro do objetivo de atender-se à preservação ambiental e buscando o enquadramento de empreendimento dentro das premissas do “Desenvolvimento Sustentável”, há que ser implementado competente tratamento ambiental.

Assim é que, quando constatada, a partir de competentes estudos, a efetiva previsibilidade de impacto ambiental negativo significativo, para cada um dos componentes do meio ambiente, então afetados, devem ser definidas medidas de caráter mitigador ou compensatório, medidas estas intituladas genericamente de Medidas de Proteção Ambiental e que se traduzem na definição de procedimentos específicos, correspondentes a condicionantes ou condicionamentos ambientais a serem adotados ou implementados de forma conjugada com a execução das obras.

Da mesma maneira, quando da previsão da ocorrência de impactos positivos significativos, devem ser definidas medidas objetivando a otimização ou a potencialização de tais impactos positivos.

Para a precisa e detalhada definição do tratamento ambiental, deve ser cumprido, de forma sucessiva e em correspondência com os vários estágios do processo do Licenciamento Ambiental, conforme foi brevemente enfocado na seção 2 deste Manual, uma série de atividades compreendendo:

- a)** A elaboração do RPAA – Relatório Preliminar de Avaliação Ambiental;
- b)** A elaboração do EIA – Estudo de Impacto Ambiental;
- c)** A elaboração do RIMA – Relatório de Impacto Ambiental;
- d)** A elaboração do PBA – Plano Básico Ambiental, envolvendo a elaboração dos Programas Ambientais;
- e)** A implementação/implantação dos Programas Ambientais;

f) O monitoramento ambiental da fase de operação de rodovia.

3.2. O INSTRUMENTAL TÉCNICO – NORMATIVO ESPECÍFICO

Referido instrumental vem de ser, em época bastante recente, atualizado e consideravelmente ampliado, estando o elenco pertinente relacionado na subseção 2.3.1 deste Manual e cabendo ênfase aos seguintes documentos de cunho genérico: Manual para Atividades Ambientais Rodoviárias, Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Programas Ambientais Rodoviários e Norma 070/2006 – PRO – Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras - Procedimento.

Tais documentos estão abordados em sequência, na forma das subseções 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3.

3.2.1. O Manual para Atividades Ambientais Rodoviárias

O Manual em foco, constituído de cinco seções, em seu conteúdo apresenta o desenvolvimento dos seguintes tópicos:

Apresentação

1. Introdução

2. Históricos da Questão Ambiental, discorrendo sobre: Evolução da Questão Ambiental no Mundo e no Brasil e sobre a Evolução da Gestão Ambiental do Setor Rodoviário Federal.

3. Legislação e Diretrizes Ambientais, discorrendo sobre: Escopo e Aplicação da Legislação, Legislação Ambiental e Normas e Diretrizes Ambientais.

4. Componente Ambiental de Empreendimentos Rodoviários, discorrendo sobre: Considerações Gerais sobre o Transporte Rodoviário, Aspectos Gerais Ambientais dos Empreendimentos Rodoviários, Aspectos da Interface do Projeto de Engenharia com os Estudos Ambientais, Tipos de Empreendimentos Rodoviários, Fases do Empreendimento Rodoviário, Diagnóstico Ambiental de Empreendimentos Rodoviários, Avaliação de Impactos Ambientais – AIA, Prognóstico Ambiental, Recuperação de Passivos Ambientais Rodoviários e Programas Ambientais.

5. Gestão Ambiental Rodoviária, discorrendo sobre: Detalhamento das Atividades de Gerenciamento Ambiental de Empreendimentos Rodoviários, Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Rodoviários, Monitoramento Ambiental, Auditorias Ambientais e Audiência Pública.

Bibliografia

Nota: A itemização colocada é a do Manual em foco.

3.2.2. As Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Programas Ambientais

No tocante às Diretrizes, estas instituíram quatro Escopos Básicos e 23 Instruções de Serviço, que contemplam a elaboração das diferentes etapas dos Estudos e Programas Ambientais, instrumentos estes que estão listados nas Tabelas 5 e 6 que se seguem.

Tabela 5 - Listagem dos Escopos Básicos

Produto Final ou Instrumento Técnico a ser elaborado	Escopo Básico Correspondente
Relatório Preliminar de Avaliação Ambiental	EB-01
Estudo de Impacto Ambiental	EB-02
Relatório de Impacto Ambiental	EB-03
PBA – Plano Básico Ambiental	EB-04

Tabela 6 – Listagem das Instruções de Serviços

Produto Final ou Instrumento Técnico a ser elaborado	Escopo Básico e Instrução de Serviço Correspondente	Observações
Relatório Informativo do PBA	IS-01	
Programa de Controle de Processos Erosivos	IS-02	*
Programa de Recuperação de Áreas Degradadas	IS-03	*
Programa de Paisagismo	IS-04	*
Programa de Recuperação de Passivos Ambientais	IS-05	*
Programa de Melhorias de Travessias Urbanas	IS-06	*
Programa de Redução de Desconforto e de Acidentes na Fase de Obras	IS-07	*
Programa de Disciplinamento do Manejo e da Reposição dos Resíduos da Construção Civil	IS-08	*
Programa de Controle de Material Particulado, Gases e Ruídos	IS-09	*
Programa de Segurança e Saúde da Mão de Obra	IS-10	*
Programa de Proteção à Flora e à Fauna	IS-11	*
Programa de Transporte de Produtos Perigosos	IS-12	*
Programa de Desapropriação	IS-13	*
Programa de Reassentamento da População de Baixa Renda	IS-14	*
Programa de Apoio às Comunidades Indígenas	IS-15	**

Produto Final ou Instrumento Técnico a ser elaborado	Escopo Básico e Instrução de Serviço Correspondente	Observações
Programa de Proteção ao Patrimônio Histórico, Artístico, Cultural, Arqueológico e Espeleológico	IS-16	**
Programa de Monitoramento de Corpos Hídricos	IS-17	**
Programa de Compensação Ambiental	IS-18	**
Programa de Monitoramento Ambiental	IS-19	***
Programa de Gestão Ambiental das Obras	IS-20	***
Programa de Comunicação Social	IS-21	***
Programa de Educação Ambiental	IS-22	***
Programa de Ordenamento Territorial	IS-23	**

a) Relativamente aos asteriscos anotados, cumpre observar o seguinte:

- As Instruções de Serviço assinaladas com * dizem respeito aos Programas Ambientais que apresentam estreita vinculação com a execução das obras.
- As Instruções de Serviço assinaladas com ** dizem respeito aos intitulados Programas Institucionais, os quais ordinariamente não apresentam vinculação com a execução de obras, mas que, para determinados Programas, ante situações específicas, podem vir a afetar o desenvolvimento das obras.
- As Instruções de Serviço assinaladas com *** dizem respeito aos intitulados Programas de Apoio e de Controle às Implementações Ambientais.

b) Em função de especificidades e particularidades ambientais dos trechos/objeto correspondentes, tal elenco de Programas, bem como as sistemáticas para suas elaborações retratadas nas IS – Instruções de Serviço listadas nas tabelas anteriores são suscetíveis de assumir alterações de maior ou menor relevância.

Desta forma, os analistas e técnicos encarregados da elaboração dos Programas, quando for o caso, devem proceder às necessárias adequações, inclusive como decorrência dos resultados dos Estudos Ambientais e ante recomendações do IBAMA, ou, eventualmente, outro órgão ambiental competente. Tais adequações, de conformidade com o exposto e injunções outras, como a própria terminologia adotada para os Programas, podem consistir na supressão de alguns Programas Ambientais, na agregação de Programas listados e/ou na incorporação de novos Programas, bem como no estabelecimento de sistemáticas distintas para a elaboração dos Programas.

- c) O tema “Programas Ambientais”, por sua relevância e seus múltiplos aspectos é abordado em vários tópicos do Manual para Atividades Ambientais Rodoviárias. Nota-se que, em tais abordagens, não é adotado um procedimento uniforme, em termos de terminologia, em razão de considerações expostas no documento e em função dos enfoques assumidos nos diversos trabalhos técnicos, que foram objeto de análise para efeito de elaboração do referido Manual.
- d) O Programa de Gestão Ambiental das Obras, ao qual estão, no modelo, incorporadas as ações pertinentes aos Programas de Monitoramento Ambiental, de Comunicação Social e de Educação Ambiental, foi concebido para implementação em empreendimentos de grande vulto e que apresentem acentuada complexidade ambiental, em especial a relacionada com o meio antrópico.

Assim, em cada caso, o enfoque então assumido para o tema, em especial no que respeita à elaboração do Programa de Monitoramento Ambiental, há que se adequar, de um lado, em função da efetiva constituição do PBA, em termos de Programas Ambientais constituintes e, de outro lado, em termos de proposições específicas formuladas relativamente a cada Programa Ambiental.

3.2.3. A Norma DNIT 070/2006-PRO – Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento

No que se refere à Norma DNIT 070/2006-PRO, esta dispõe sobre condicionantes ambientais instituídos de forma vinculada a vários Programas Ambientais e que contemplam as áreas de uso de obras – áreas estas que são definidas como os locais onde são realizadas as tarefas diretamente necessárias à execução das obras. Especificamente, essas tarefas envolvem: a implantação, mobilização e operação de unidades fixas e móveis; o desmatamento e a limpeza de terrenos; a implantação e a operação de caminhos de serviço; a utilização de jazidas e caixas de empréstimos; a execução de aterros, de cortes e de bota-foras; e a execução da drenagem, obras-de-arte e obras complementares.

A Tabela 7 a seguir ilustra, de forma bastante sumária, o respectivo conteúdo e orienta o processo de consulta/aplicação da mencionada Norma, aplicação esta que deve ser considerada como fundamental, em especial, no caso de não dispor-se formalmente do PBA ou do Programa de Monitoramento Ambiental.

Tabela 7 – Sumário da Norma DNIT 070/2006-PRO condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento

Componentes	Condicionantes Genéricos (itemização)	Condicionantes Específicos (itemização)			Execução Serviços/obras
		Instalações, Jazidas e Caixas de Empréstimo			
		Construção/Instalação	Operação	Desmobilização	
Canteiro de Obras	4.2 e 5.1.1	5.1.2.1.1 alíneas a/e	5.1.2.1.2 alíneas a/b	5.1.2.1.3 alíneas a/c	
Instalações Industriais	4.2 e 5.1.1	5.1.2.2.1 alíneas a/c	5.1.2.2.2 alíneas a/b		
Equipamentos em Geral	4.2 e 5.1.1				5.1.2.3 alíneas a/e
Desmatamento e Limpeza do Terreno	4.2 e 5.2.1				5.2.2 alíneas a/e
Caminhos do Serviço	4.2 e 5.3.1				5.3.2 alíneas a/d
Jazidas e Caixas de Empréstimo	4.2 e 5.4.1	5.4.2.1 alíneas a/f	5.4.2.2 alíneas a/e		
Aterros, Cortes e Bota-fora	4.2 e 5.5.1				5.5.2 alíneas a/n
Drenagem, obras-de-arte e obras complementares	4.2 e 5.6.1				5.6.2 alíneas a/m

Nota: Os itens e subitens lançados na tabela acima são referentes às seções e subseções da Norma DNIT 070/2006-PRO.

3.3. AGENTES INTERVENIENTES NO TRATAMENTO AMBIENTAL E RESPECTIVAS ATRIBUIÇÕES

As ações pertinentes ao atendimento ao Componente Ambiental envolvem, de forma ordinária, um número bastante elevado e diversificado de participantes, na forma do que se expõe nas subseções 3.3.1 e 3.3.2 que se seguem, onde se configuram as atribuições a serem assumidas pelo IBAMA e pelo DNIT.

3.3.1. Atividades de cunho normativo e de acompanhamento e supervisão

Estas atividades são de competência do Órgão Ambiental responsável pelo licenciamento ambiental do empreendimento, no caso o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, o qual dispõe sobre as diretrizes básicas a adotar, competentes aprovações finais, expedições de licença ambiental etc.

Cumpra registrar que o Licenciamento Ambiental, cujo respectivo processamento está ilustrado nos Fluxogramas correspondentes às figuras 15 e 16, constantes na subseção 2.3.1.2 da seção 2 deste Manual, está estruturado em três fases: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação.

O IBAMA tem suas ações subsidiadas por vários outros órgãos que atuam em temas específicos vários, que, com frequência, envolvem a viabilidade ambiental do empreendimento.

Citam-se, neste caso, as agências reguladoras de serviços, tais como a Agência Nacional de Águas - ANA, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, a Agência Nacional de Petróleo - ANP, o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM e a CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear e os seguintes órgãos: o Serviço de Patrimônio da União - SPU, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN, a Fundação Nacional do Índio - FUNAI e a Fundação Cultural Palmares.

Participam ou contribuem ainda nestas atividades, entre outros, os seguintes agentes:

Os Órgãos Ambientais do Distrito Federal, dos Estados e dos Municípios;

As ONG – Organizações Não Governamentais;

Órgãos de Classe, Associações, Universidades e Instituições Acadêmicas.

3.3.2. Atividades de fiscalização e execução dos serviços

A fiscalização dos serviços é efetivada pelo DNIT, através de suas Superintendências Regionais e da Administração Central.

Para prover o gerenciamento e controle das questões ambientais e institucionais relativas ao modal rodoviário, o DNIT desenvolveu um sistema de informações operado via Internet, SAGARF – Sistema de Apoio à Gestão Ambiental Rodoviária Federal, disponibilizando, inclusive, instrumentos necessários às atividades de fiscalização e de auditoria do Sistema de Gestão Ambiental.

A execução dos serviços, no que se refere à elaboração dos Estudos e dos Programas Ambientais, é efetivada por empresas de consultoria especializadas contratadas pelo DNIT ou por técnicos especializados, também contratados pelo DNIT.

A empresa especializada contratada, como regra geral, deve alocar equipe técnica competente e multidisciplinar bastante diversificada, contemplando as seguintes áreas: Engenharia Rodoviária,

Engenharia Florestal, Engenharia Sanitária, Arquitetura, Biologia, Botânica, Geologia, Geografia, Zoologia, Ictiologia, Hidrologia, Economia, Sociologia, Arqueologia e Direito Ambiental.

A implantação dos Programas Ambientais, cujas respectivas ações e atividades estão vinculadas à execução das obras é, ordinariamente, efetivada por parte do empreiteiro contratado pelo DNIT para a execução das obras que, para tanto, em função da complexidade do serviço, deve destacar Técnico de Nível Superior especificamente capacitado para a condução dos trabalhos e dos contatos pertinentes respectivos.

A implementação dos Programas Ambientais, cujas respectivas ações e atividades não estão vinculadas à execução das obras, é efetivada por empresas, entidades ou órgãos específicos, através de contratos ou convênios firmados com o DNIT.

Tais implementações e implantações, em função do vulto dos serviços, podem ser acompanhadas e/ou supervisionadas por firmas consultoras contratadas para efetivar a “gestão ambiental das obras”, que devem atuar de forma independente das firmas encarregadas da supervisão das obras, mas em sintonia com estas.

Ao final dos trabalhos deve ser apresentado o “As Built Ambiental”, o qual irá subsidiar o processo de monitoramento ambiental na fase de operação da rodovia.

3.4. ASPECTOS DA INTERFACE PROJETO DE ENGENHARIA X ESTUDOS AMBIENTAIS

Conforme é sabido, muitos procedimentos adotados na engenharia rodoviária para efeito de preservação da infraestrutura e da operação viária se constituem, também, em práticas integrantes ou inerentes do adequado tratamento ambiental.

Assim é que estudos geológicos, geotécnicos, topográficos e hidrológicos, com as respectivas análises e interpretações, se constituem nos fundamentos básicos para as decisões a tomar, dentro do enfoque de engenharia rodoviária, desde a definição do traçado até as soluções finais estabelecidas no Projeto de Engenharia.

Vale dizer que tais estudos/análises se processam por etapas, desde uma fase preliminar de reconhecimento, tendo continuidade, no caso geral, através das fases de elaboração do Plano Funcional, do Projeto Básico e do Projeto Executivo de Engenharia. Em tal sistemática, os estudos

vão se diversificando e se ampliando, passando por processos seletivos e ganhando em detalhamento, precisão e a devida confiabilidade.

De outra parte, tais estudos/análises e respectivos produtos finais vão constituir-se no mais valioso subsídio para a elaboração do diagnóstico ambiental, particularmente do meio físico; diagnóstico este que, conforme foi visto deve ser desenvolvido pela empresa de consultoria encarregada da elaboração do Estudo Ambiental específico (EIA/RIMA ou outros).

Tal empresa procede, evidentemente, à análise dentro do enfoque ambiental, incorporando condicionamentos outros, inclusive decorrentes de outros componentes/elementos ambientais; condicionamentos estes que podem traduzir-se em restrições a estudos/soluções estabelecidas pela engenharia rodoviária.

Assim sendo, caracteriza-se uma acentuada interface entre os estudos de engenharia e os estudos do meio ambiente; interface esta que se estende, também, para outras modalidades de estudos e de componentes/elementos outros integrantes do meio ambiente, inclusive para as fases de execução das obras e da operação da rodovia.

Cabe acrescentar que os agentes atuantes nos vários procedimentos são os mais diversificados, em termos de atribuições, qualificações e experiências profissionais, níveis funcional/institucionais, o que se constitui em um fator tendente a tornar mais complexo o desenvolvimento das atividades e o respectivo processo interativo.

Da mesma maneira, por vezes, medidas propostas para atender a determinados componentes são conflitantes com medidas impostas por outros componentes, não existindo, por outro lado, critério para definição de prioridade ou prevalência.

Há ainda, uma tendência de, no estabelecimento de medidas mitigadoras, buscarem-se soluções muito mais em função do grau de precariedade de um determinado componente/elemento em foco do que da intensidade/consequência do impacto em si.

Ante o exposto, é recomendável que, na definição das medidas ambientais, estas atendam aos seguintes requisitos:

- a)** Sejam fundamentadas, sempre que possível, em critérios objetivos e racionais;
- b)** Atendam ao critério do menor custo, sem prejuízo, obviamente, do atendimento ambiental;

- c) Atendam somente na medida do necessário e suficiente, ao efeito mitigador decorrente do impacto em mira, independentemente do grau de precariedade do componente a ser contemplado;
- d) Não apresentem conflitos com outras medidas propostas para atendimento ambiental outro;
- e) Acatem as soluções ditadas e/ou propostas pela Engenharia Rodoviária, sempre que estas soluções satisfaçam comprovadamente, em função de exemplos vividos e fartamente testados, ao pleito ambiental.

É indispensável, portanto, que a partir dos estudos preliminares, haja um intenso processo interativo entre as equipes que desenvolvem as duas atividades, a saber: a Elaboração do Projeto de Engenharia e a Elaboração do Estudo Ambiental Específico (EIA/RIMA ou outros).

Particularmente, a Fiscalização do DNIT deve estar atenta no acompanhamento dos trabalhos, acionando as equipes competentes, ante a expectativa de ocorrências que possam afetar a continuidade normal dos trabalhos.

Há que estabelecer-se cronogramas e fluxogramas com programações flexíveis, mas a serem rigorosamente observadas, no que respeita ao fluxo de informações. A inexistência de tais procedimentos fatalmente conduzirá à ocorrência de restrições intempestivas, por parte do meio ambiente a eventuais soluções indicadas no projeto, com desperdício de tempo, trabalho e recursos financeiros.

No sentido de se visualizar os aspectos da interface, a Planilha 1, a seguir, busca retratar o complexo das atividades em foco, registrando a correspondência que pode ser assumida entre a elaboração dos Estudos Ambientais e a elaboração do Projeto de Engenharia.

Planilha 1 - Correspondência da elaboração dos Estudos Ambientais com o Projeto de Engenharia

Estudo de Impacto Ambiental		Componentes Vinculados ao Projeto				
Item / Sub-item	EIA/RIMA (Referência - EB-02)	Descrição Sumária	Base Cartográfica	Plano Funcional	Projeto	
	Título (ou Tópico)				1ª Fase	2ª Fase
3.2.1	Dados do Empreendedor (alíneas a/e)	•				
3.2.2	Objetivos e Justificativas do Empreendimento	•				
3.2.3	Informações de Carater Técnico (alíneas a/l)	•	•	•		
3.2.4	Descrição do Empreendimento (alíneas a/j)	•	•	•		
3	EIA Etapa Preliminar Etapa Final	•	•	•	•	•
3.3	Definição da Área de Influência do Empreendimento	•	•	•		
3.4	Elaboração do Diagnóstico Ambiental	•	•	•	•	•
3.4.1	Meio Físico Etapa Preliminar Etapa Final	•	•	•	•	
3.4.2	Meio Biótico Etapa Preliminar Etapa Final	•	•	•	•	
3.4.3	Meio Socioeconômico Etapa Preliminar Etapa Final	•	•	•	•	
3.4.4	Análise Ambiental Integrada Etapa Preliminar Etapa Final			•	•	
3.5 e 3.6	Identificação/Avaliação dos Impactos Etapa Preliminar Etapa Final	•		•	•	•
3.7 e 3.8	Elaboração do Prognóstico Ambiental e Proposição de Medidas Mitigadoras Etapa Preliminar Etapa Final	•		•	•	•
3.9	Elaboração da Listagem dos Programas Ambientais	•		•	•	•
3.10 e 3.11	Verificação da Conformidade Legal e Compatibilidade com Planos, Programas e Projetos co-localizados	•		•		
3.12	Conclusões				•	•

NOTA 1: Os itens e subitens constantes da 1ª coluna da Planilha referem-se às seções e subseções do Escopo Básico para Elaboração de Estudo de Impacto Ambiental – EB-02, das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Programas Ambientais.

NOTA 2: Os Componentes Ambientais vão adquirindo maior grau de detalhamento e maior precisão, à medida em que evoluem as etapas de elaboração do Projeto de Engenharia.

NOTA 3: Na hipótese da dispensa, por parte do IBAMA, da elaboração do EIA e/ou do PBA, o tratamento ambiental a ser implementado pode se fundamentar nos instrumentos seguintes, caso o Órgão Ambiental concorde:

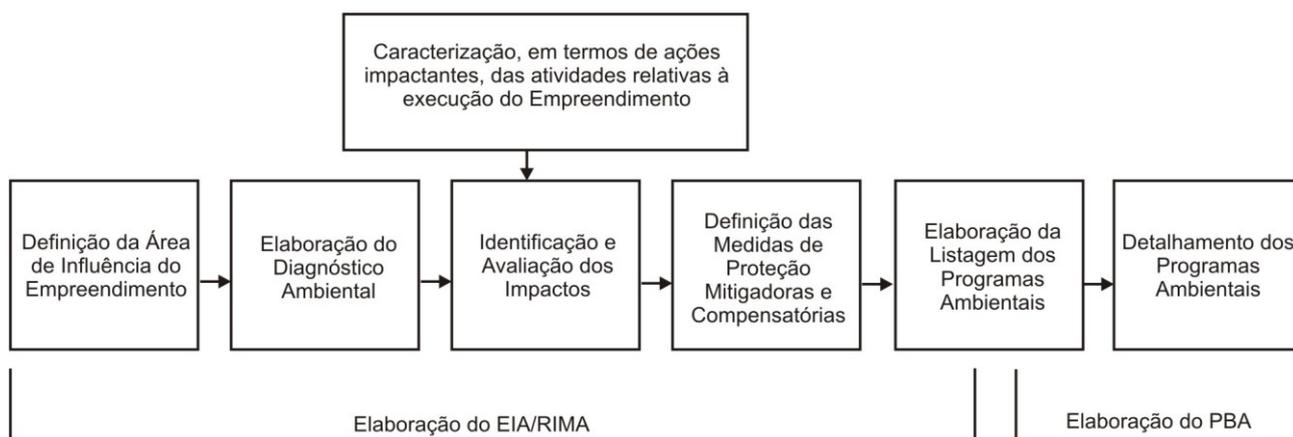
- O RPAA – Relatório Preliminar de Avaliação Ambiental, cuja elaboração deve calcar-se no EB-01, relacionado na Tabela 5 constante na subseção 3.2.2;
- A Norma DNIT 070/2006-PRO, que dispõe sobre condicionantes ambientais a serem atendidos e que contemplam as áreas de uso das obras;
- A Instrução IS – 246/2006, que, ante a hipótese formulada, trata da elaboração do Componente Ambiental dos Projetos de Engenharia Rodoviária.

3.5. IMPACTOS E MEDIDAS MITIGADORAS E COMPENSATÓRIAS

Através da Figura 17 – Fluxograma dos Estudos Ambientais, apresentada a seguir, se visualiza o encadeamento existente entre o desenvolvimento das diversas etapas intermediárias / produtos parciais (definição de Área de Influência, Elaboração do Diagnóstico Ambiental, Identificação e Avaliação dos Impactos e Definição das Medidas Mitigadoras e Compensatórias), bem como a continuidade dos trabalhos que, neste estágio, têm como meta a elaboração do elenco de Programas Ambientais que, em seu conjunto, irão compor o PBA – Plano Básico Ambiental.

De fato, uma vez definido o elenco de medidas de cunho ambiental, estas vão ensejar a elaboração, a nível preliminar, da listagem dos Programas Ambientais a serem implementados, Programas estes que, em função da evolução dos estudos, devem ser, então, objeto de desenvolvimento e detalhamento.

Figura 17 – Fluxograma dos estudos ambientais



As subseções 3.5.1 a 3.5.3, que se seguem, abordam o tema em seus aspectos significativos, em função da finalidade deste Manual.

3.5.1. A avaliação dos impactos

O processo pertinente envolve a avaliação segundo duas vertentes, a saber:

- Avaliação para cada impacto previsto, da participação dos componentes da ação impactante decorrente do empreendimento rodoviário, participação esta que decorre da intensidade (parâmetro de quantitativos) da ação e de sua frequência de ocorrência, em termos temporais e em termos espaciais;
- Avaliação, relativamente a cada impacto previsto, das limitações que o meio ambiente oferece à recepção/absorção de tal ação impactante (capacidade de suporte do meio ambiente).

Tais limitações são inferidas com base no conhecimento das especificidades dos elementos/componentes do meio ambiente, as quais são determinadas no desenvolvimento dos estudos referentes à elaboração do Diagnóstico Ambiental. Entre tais características e propriedades se incluem aquelas que podem ou vão constituir-se nos indicadores das referidas limitações.

Assim têm-se, entre outros, como indicadores das ditas limitações, os seguintes exemplos:

- No meio físico: A “susceptibilidade à erosão dos solos”, “as condições de estabilidade das encostas” e a “ordem de drenagem e o gradiente longitudinal dos corpos hídricos, associados a parâmetros climáticos”;
- No meio biótico: O “tipo da vegetação”, considerando as áreas com cobertura vegetal, em suas várias espécies e em seus vários estágios de regeneração, o uso correspondente, distinguindo áreas urbanas, áreas com agricultura e pastagens, “Áreas de Preservação Permanente” e a existência de “Unidades de Conservação Ambiental”;
- No meio socioeconômico: A “interferência com as populações”, em termos de domicílios, bens outros e atividades em geral, as “interferências com redes de instalações de Serviços Públicos”, as “interferências com sítios arqueológicos e históricos”, e as “interferências com áreas indígenas”.

3.5.2. Definição e proposição de medidas mitigadoras e compensatórias

Para efeito de definição das medidas, deve ser elaborado o Prognóstico Ambiental, etapa que, considerando o Diagnóstico Ambiental, tem como finalidade estabelecer uma previsão da caracterização ambiental da área de influência do empreendimento. Para tanto, o prognóstico enfoca e desenvolve o tema segundo duas hipóteses, a saber: “com a implantação do empreendimento” e “sem a implantação do empreendimento”.

Assim, com base na comparação do prognóstico das condições emergentes com e sem a implantação do empreendimento e na conseqüente avaliação dos impactos ambientais a serem causados pelo mesmo, devem ser definidas medidas, visando tanto a recuperação e conservação do meio ambiente, quanto o maior aproveitamento das novas condições a serem criadas, avaliação esta a ser procedida conforme o exposto anteriormente.

Em especial, as medidas que visam minimizar os impactos adversos, identificados e quantificados na subseção anterior, devem atender ao inciso III do artigo 6º da Resolução 01/86 do CONAMA, de 23/01/86, e serem apresentadas e classificadas quanto a:

- a) Sua natureza: preventiva ou corretiva;
- b) Fase do empreendimento em que devem ser adotadas: planejamento/projeto, pré-implantação, implantação e operação;
- c) O meio ambiental a que se destina: físico, biótico ou socioeconômico;
- d) Prazo de permanência de sua aplicação: curto, médio ou longo;
- e) Responsabilidade por sua implementação: empreendedor, poder público ou outro, identificando-o.

Notas:

- Na implementação deste plano de medidas, em especial daquelas vinculadas ao meio socioeconômico, deve haver uma participação efetiva da comunidade diretamente afetada, bem como dos parceiros institucionais identificados, buscando-se, dessa forma, a inserção regional do empreendimento.
- A partir do estabelecimento das medidas mitigadoras / compensatórias, deve ser definida, em correspondência com tais medidas, a listagem dos Programas Ambientais, os quais, em época imediatamente posterior, devem ser elaborados.

3.5.3. Listagem representativa dos impactos e das medidas de proteção ambiental

As planilhas a seguir, retratam este título, observando-se o seguinte:

- a) A Planilha 2 apresenta, a título de exemplo, transformações/afetações (impactos) ao meio ambiente, ocorrentes como decorrência do desenvolvimento de atividades rodoviárias – estando tais atividades enfocadas segundo as principais subatividades pertinentes à fase de pré-implantação e à fase de construção propriamente dita.

Conforme já exposto, a listagem de impactos é suscetível de sofrer várias alterações, supressões e/ou incorporações de outros eventos e ainda como decorrência de terminologia. Da mesma maneira, cada

impacto pode apresentar uma maior ou menor significância em função de particularidades do trecho e conforme vier a ser definido nos estudos ambientais correspondentes.

- b)** A Planilha 3 registra, a título de exemplo, para o mesmo elenco de impactos relacionados na Planilha 2 e relativamente a cada impacto, as respectivas medidas mitigadoras que ordinariamente devem ser adotadas, medidas estas cujo respectivo elenco deve ser definido com mais propriedade e precisão no EIA/RIMA.

Planilha 3 - Listagem dos impactos ambientais e respectivas medidas mitigadoras

Impactos	Medidas
Aumento da Emissão de Ruídos e Poeiras	Planejamento de horários adequados para o transporte de materiais e equipamentos. Controle do teor de umidade do solo. Utilização de equipamentos de segurança (máscaras, botas, luvas etc.). Monitoramento dos níveis de efluentes e ruídos das descargas dos motores. Controle e manejo das velocidades médias e níveis de emissões dos veículos. Divulgação dos resultados do monitoramento e controle.
Início e/ou Aceleração de Processos Erosivos	Projeto de estabilização dos taludes. Execução de drenagem eficiente. Implantação de sistemas provisórios de drenagem. Execução de revestimento vegetal dos taludes.
Carreamento de Sólidos e Assoreamento da Rede de Drenagem	Equilibrar os balanços de corte e aterro. Construção de valetas, taludes e drenagens adequadas. Recomposição da vegetação ciliar. Revegetar as margens da rodovia e os taludes de cortes e aterros. Recuperar as áreas degradadas.
Interferências com a Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas	Treinamento aos grupos locais de Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e Polícia Rodoviária.
Interferências com Mananciais Hídricos	Treinamento aos grupos locais de Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e Polícia Rodoviária. Construção de tanques de retenção, próximo aos mananciais.
Alteração no Desenvolvimento das Atividades Minerárias.	Regularização dos taludes criados, com implantação de proteção superficial. Consideração correta dos parâmetros hídricos e geológico-geotécnicos, para evitar degradação precoce nas áreas de obtenção de materiais. Observação das respostas geológico-geotécnicas promovidas pela natureza, frente às novas condições de equilíbrio exigidas. Remoção manual e individual de blocos instáveis ou fixação através de tirantes. Programa de recuperação das áreas degradadas. Privilegiar a contratação de serviços e insumos de empresas regionais. Exigir dos fornecedores atestados de idoneidade e registros de licenciamentos ambientais. Elaboração de planos de exploração racional de pedreiras e jazidas. Monitoramento, controle e adequação desses planos, ao longo da exploração. Desenvolvimento de Planos de Recuperação Ambiental.
Deposição de Material de Descarte	Otimização da terraplenagem, no sentido de haver compensação entre os volumes de cortes e as demandas de aterro, a fim de minimizar a necessidade de bota-foras. Seleção de locais adequados para a deposição dos materiais de descarte, levando-se em conta relevo, drenagem, composição paisagística, flora, e fauna e ocupação humana nas proximidades. Elaboração de Especificações Técnicas para a seleção de locais destinados a bota-foras. Monitoramento e readequação dos bota-foras gerados.
Supressão da Vegetação Nativa	Evitar desmatamentos desnecessários, especialmente em formações ciliares.

Impactos	Medidas
Ampliação da Fragmentação dos Ambientes Florestais.	Evitar desmatamentos desnecessários, especialmente em formações ciliares.
Aumento da Pressão sobre os Recursos Vegetais.	Adoção de programa de esclarecimento junto aos operários envolvidos na obra.
Risco de Incêndios.	Todo o lixo degradável gerado na obra deve ser adequadamente disposto, adotando-se procedimentos que evitem possibilidades de incêndios. Implantar campanhas de esclarecimento aos usuários, para evitar eventos iniciadores de incêndios (p. ex.: pontas de cigarros).
Alteração nos Hábitos da Fauna.	Evitar a implantação de canteiros de obras próximos a ambientes florestados. Evitar desmatamentos desnecessários, especialmente em formações ciliares. Controlar a entrada de pessoal da obra nas áreas de mata próximas.
Aumento da Caça Predatória.	Controlar as incursões do pessoal da obra às áreas florestais nas proximidades. Reprimir qualquer tipo de agressão à fauna, proibindo-se o uso de armas de fogo e armadilhas. Evitar a implantação de canteiros de obras próximos a ambientes florestados.
Formação de Ambientes Propícios ao Desenvolvimento de Vetores.	Ensacar o lixo gerado nos canteiros e alojamentos, para o recolhimento pelo serviço local ou para seu transporte a locais indicados pelas Prefeituras. O lixo degradável pode ser incinerado, adotando-se procedimentos que evitem contaminação dos cursos d'água e incêndios.
Alteração na Estrutura de Taxocenoses Aquáticas.	Evitar a formação de focos erosivos nas margens dos rios e em áreas adjacentes. Evitar o comprometimento da cobertura ciliar. Otimizar os processos de implantação, reduzindo a duração do impacto sobre as taxocenoses aquáticas. Disposição dos esgotos sanitários em fossas sépticas, instaladas a distância segura de cursos d'água e de poços de abastecimento. Adequar o cronograma de obras ao regime pluviométrico local. Limitar os desmatamentos ao mínimo necessário.
Redução da Área de Produção Agropecuária.	Indenizações pelas áreas e pela produção renunciada.
Alteração no Cotidiano da População.	Comunicação constante do DNIT com a população local, priorizando informações sobre os desvios de tráfego e cronograma das ações mais próximas aos centros urbanos e localidades rurais. Planejamento da mobilização de mão-de-obra, máquinas, materiais e equipamentos, de forma a minimizar as perturbações na vida da população residente. Contato constante com as Prefeituras locais e demais órgãos públicos, acompanhando as alterações sofridas nos municípios e adotando medidas para minimizar o impacto.
Alteração no Quadro Demográfico.	Priorização da contratação de mão-de-obra local, de forma a reduzir a entrada de pessoas estranhas à região.
Alteração no Nível Atual e na Tendência de Evolução da Taxa de Acidentes.	Repasso de informações detalhadas para a população da área de influência direta. Atenção especial às escolas e outros locais de concentração de população. Reforço na sinalização nas áreas urbanas e aglomerados rurais. Elaboração de planos específicos para situações de emergência. Divulgação da redução nos índices de acidentes e fatalidades.

Impactos	Medidas
Possibilidade de Acidentes com Cargas Perigosas.	Atendimento à norma brasileira NBR-7500 e NBR-8286 da ABNT. Treinamento dos Motoristas com o Curso MOP, conforme a Resolução N° 640/85 do CONTRAN. Instituição de Seguro Ambiental. Implantação de medidas preventivas e corretivas recomendadas pela EPA dos Estados Unidos. Em caso de vazamento com produtos corrosivos, proteger a área por dique, canalizando o produto para local adequado e então neutralizá-lo. Em acidentes com materiais reativos ou gases, prever a evacuação de áreas povoadas. Caso haja um princípio de incêndio na carreta ou caminhão "truck" carregado com produto químico inflamável, deve-se separar a unidade de tração da carroceria. Instalação de uma central de emergência para cargas perigosas, próxima a mananciais de abastecimento (p. ex.: da região metropolitana de Florianópolis). Elaboração de planos específicos para situações de emergência. Treinamento aos grupos locais de Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e Polícia Rodoviária.
Aumento da Oferta de Postos de Trabalho.	Priorização da contratação de mão-de-obra local.
Aumento da Demanda por Bens e Serviços.	Priorização da contratação de mão-de-obra local.
Aumento da Renda Local e das Arrecadações Públicas.	Priorização da contratação de mão-de-obra local.
Redução do Consumo de Combustível.	Campanhas de divulgação sobre a redução do consumo de combustível, vantagens da duplicação da rodovia em relação ao conforto dos usuários e benefícios aos diversos setores da economia.
Aumento do Tráfego de Veículos e Máquinas.	Evitar que o tráfego das obras interfira nas áreas urbanas. Caso isso ocorra, providenciar sinalização adequada, de acordo com o Código Brasileiro de Trânsito. Planejar o transporte dos equipamentos pesados, de forma a respeitar os gabaritos das rodovias. Informar e orientar as comunidades afetadas. Planejar com as Prefeituras as modificações necessárias nos fluxos das vias.
Melhoria dos Acessos Vicinais.	Sinalização adequada e informações à comunidade sobre as alterações nas condições de tráfego.
Alteração nas Condições de Fragmentação das Áreas Urbanas.	Implementação das soluções de Paisagismo, Engenharia de Tráfego e Sinalização constantes dos Anteprojetos. Implementação dos Programas de Paisagismo e de Ordenamento Territorial.
Interferência com Infraestrutura Viária e de Transmissão.	Planejamento das obras em comum acordo com os concessionários.
Alteração no Quadro de Saúde.	Realizar exames médicos admissionais e periódicos, ao longo da construção. Tratar adequadamente a água de consumo, bem como todos os efluentes dos canteiros. Desenvolver atividades de educação em saúde, envolvendo toda a mão-de-obra contratada. Fiscalizar continuamente as condições sanitárias dos canteiros de obras.
Interferência com o Patrimônio Arqueológico.	Acompanhamento das frentes de obras por arqueólogo, de acordo com as exigências e recomendações do IPHAN, na busca de vestígios arqueológicos. Caso seja detectada a existência de vestígios, deve ser implementado um programa de salvamento desses bens.
Interferência com Populações Indígenas.	Contato do empreendedor com a Fundação Nacional do Índio para o planejamento e normatização dos casos de interferências com as comunidades indígenas.

3.6. PLANO BÁSICO AMBIENTAL – PBA

3.6.1. A finalidade do PBA e sua constituição

O PBA deve ser entendido como o documento que apresenta, detalhadamente, todas as medidas mitigadoras e de controle referentes aos Programas Ambientais propostos no EIA e eventuais exigências do IBAMA, e deve ser apresentado para a obtenção da Licença de Instalação.

Vale dizer que este instrumento tem, para o tratamento ambiental a ser implantado na área de influência de um empreendimento, o mesmo significado que o Projeto de Engenharia detém, relativamente à execução de obras de construção.

O PBA, cuja elaboração deve pautar-se no disposto no competente Escopo Básico de Serviço mencionado na Tabela 5 da subseção 3.2.2, é constituído, basicamente de:

- Relatório Informativo, contendo informações gerais sobre o empreendimento, o EIA/RIMA, o processamento do Licenciamento Prévio Ambiental e os Programas Ambientais, bem como a Planilha de Interface “Programas Ambientais x Projeto de Engenharia”, o orçamento, o cronograma, as conclusões e anexos.
- Elenco de Programas Ambientais a serem implementados/implantados, observando-se o que se expõe a seguir.

3.6.2. Os Programas ambientais e sua correspondência com os impactos

Os Programas Ambientais devem ser elaborados de conformidade com as competentes Instruções de Serviço listadas na Tabela 6 da subseção 3.2.2 e observando-se o disposto nas subseções 3.5.1 e 3.5.2.

De fato, na elaboração do Programa Ambiental correspondente a um determinado conjunto de medidas, tais medidas devem ser objeto de um apurado processo de análise, envolvendo tópicos relacionados com agregação, consolidação e interatividades, dentro do objetivo de vir a assumir, segundo formatação padronizada, os atributos de concisão, de detalhamento, de objetividade e de precisão; atributos estes essenciais, no sentido de que a implantação/implementação das medidas venha a alcançar a eficácia e a eficiência desejáveis e de conformidade com as respectivas finalidades.

3.6.3. A apresentação/incorporação do Componente Ambiental no projeto de engenharia

Conforme exposto anteriormente, vários Programas Ambientais integrantes do PBA – Plano de Básico Ambiental apresentam, ordinariamente, estreita vinculação com a execução das obras, vinculação esta que, de forma eventual, pode vir a ocorrer também com alguns dos demais Programas (com frequência, intitulados de Programas Institucionais).

Esta vinculação se configura ante o fato de que referidos Programas Ambientais definem medidas de caráter preventivo/corretivo que vão traduzir-se na construção de elementos ou componentes a serem agregados à infraestrutura da via ou no estabelecimento de condicionamentos vários, a serem devidamente observados, os quais vão afetar o planejamento e a programação de obras ou processos construtivos pertinentes.

Tais elementos/componentes, que são definidos de forma precisa e detalhada conforme o disposto no Escopo Básico - EB-04 e nas várias Instruções de Serviço - IS correspondentes que se inserem nas Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Programas Ambientais do DNIT, são enquadrados como soluções ordinárias em termos de Quantitativos de Itens - Serviços e de Especificações Construtivas da Engenharia Rodoviária e, assim, incorporados aos Projetos de Engenharia, para atendimento em conjunto com a execução de obras.

O competente processo de incorporação, bem como a respectiva forma de apresentação, há que se adequar às práticas consagradas pelo DNIT na elaboração e apresentação do Projeto de Engenharia, que contempla, em linhas gerais, a confecção da seguinte documentação: Volume 1 – Relatório do Projeto e Documentos de Licitação, Volume 2 – Projeto de Execução, Volume 3 – Memória Justificativa e Volume 4 – Orçamento e Plano de Execução.

Nota: É apresentada a seguir a Planilha 5, de Interface “Programas Ambientais X Projeto de Engenharia” - instrumento tabular que enfoca e registra os Programas Ambientais integrantes do PBA e/ou daqueles que apresentam vinculação com a execução das obras rodoviárias, listando as ações e atividades pertinentes às suas respectivas implantações e os correspondentes capítulos específicos do Projeto de Engenharia em que tais ações e atividades estão devidamente tratadas e definidas. O instrumento busca disciplinar o assunto, no sentido de, respeitando a sistemática concebida e consagrada pelo DNIT no desenvolvimento da elaboração e apresentação do Projeto de Engenharia, facilitar o acesso às informações pertinentes ao tratamento ambiental, constantes no

âmbito do Projeto de Engenharia. As correspondentes instruções para preenchimento constam nas mencionadas Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Programas Ambientais Rodoviários.

Planilha 5 - Interface "Programa Ambiental x Projeto de Engenharia"

DESIGNAÇÃO DOS PROGRAMAS AMBIENTAIS	OBRAS/SERVIÇOS/AÇÕES CORRESPONDENTES	ABORDAGEM DOS TEMAS CORRESPONDENTES NO PROJETO DE ENGENHARIA					OBS.
		VOLUME 1 Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência			VOLUME 2 Projeto de Execução (desenhos, esquemas, localizações, detalhes etc)		
		Texto descritivo	Quantitativos	Especificações			
Controle de Processos Erosivos	Execução de Serviços de Revestimento Vegetal de Taludes e Cortes, Drenagem/Obras-de-Arte Correntes, Obras de Contenção, Aterros sobre Solos Moles e Recuperação de Caixas de Empréstimos localizadas dentro da Faixa de Domínio. Tratamento de Bota-foras.						
Recuperação das Áreas Degradadas	Execução de Serviços de Recuperação de Caixas de Empréstimo localizadas fora da Faixa de Domínio, jazidas, Pedreiras, Canteiro de Obras, Caminhos de Serviço e outras Unidades de Apoio.						
Redução de Desconforto e Acidentes na Fase de Obras	Rigorosa observância na elaboração de Plano de Obras e durante a execução destas, do disposto no Programa Ambiental em foco.						
Recuperação do Passivo Ambiental	Execução dos serviços definidos no Capítulo específico do Projeto de Engenharia.						
Proteção à Fauna e Flora	Execução dos dispositivos para proteção e passagem de animais.						
Paisagismo	Execução das Obras Correspondentes, situadas dentro da Faixa de Domínio definidas no Projeto de Paisagismo.						
Melhoria de Travessias Urbanas	Execução das Obras Correspondentes, definidas no Capítulo do Projeto de Travessias Urbanas e outros Projetos específicos.						
Transporte de Produtos Perigosos	Execução de Postos para Fiscalização e para atendimento a Emergências, de Estacionamentos Específicos, de Barreiras e de Sinalização Específica.						
Controle de Gases, Ruídos e Material Particulado	Rigorosa observância durante a execução das obras de condicionamentos estabelecidos para a Execução das Obras.						
Segurança e Saúde da Mão-de-Obra	Normas e Instruções a serem cumpridas em atendimento ao Programa de Segurança e Saúde da Mão-de-Obra.						
Desapropriação	Rigorosa observância durante a execução das obras dos condicionamentos específicos, estabelecidos no Plano de Execução/Ataque das Obras.						
Reassentamento da População de Baixa Renda	Rigorosa observância durante a execução das obras dos condicionamentos específicos, estabelecidos no Plano de Execução/Ataque das Obras.						

3.7. O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO/IMPLEMENTAÇÃO DO PBA

3.7.1. O processo e os agentes atuantes

Na medida em que se configura a condição de excelência do PBA, a sua adequação / implantação / implementação assegurará a assimilação, por parte da área de influência do empreendimento, de todos os requisitos necessários à preservação ambiental, de sorte a enquadrar o empreendimento, dentro dos preceitos de desenvolvimento sustentável.

Em consonância com o exposto na subseção 3.3.2, cabe aduzir o seguinte:

- Relativamente aos Programas Ambientais que apresentam estreita vinculação com a execução de obra, conforme referenciado na subseção 3.6.3, as ações pertinentes, na forma do exposto nesta subseção, devem ser devidamente incorporadas ao Projeto de Engenharia.

A sua consecução, portanto, deve pautar-se nos procedimentos ordinariamente adotados pelo DNIT, cabendo à empreiteira contratada as tarefas correspondentes à implantação das medidas.

- Relativamente aos Programas Institucionais, a sua implementação, conforme já exposto, é efetivada por empresas, entidades ou órgãos específicos, através de contratos/convênios firmados com o DNIT.
- No tocante aos intitulados Programas de Apoio e de Controle, estes, por questões de ordem prática de funcionalidade, devem ser incorporados em um único programa, a saber, o Programa de Gestão Ambiental das obras ou o Programa de Monitoramento Ambiental, enfocado mais adiante na subseção 3.7.3.

3.7.2. Os instrumentos adotados no processo

Os trabalhos pertinentes devem observar ao disposto nos seguintes documentos:

- O Relatório Informativo do PBA;
- Os Programas Ambientais integrantes do PBA;
- O Projeto de Engenharia, cuja consulta deve ser orientada pela mencionada “Planilha de Interface”;

- A Norma DNIT 070/2006–PRO – Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento;
- As Especificações de Serviços vigentes no DNIT, bem como as especificações particulares e as especificações complementares, vinculadas ao correspondente Projeto de Engenharia;
- As exigências e recomendações formuladas pelo órgão ambiental licenciador do empreendimento.

3.7.3. O Programa de Monitoramento Ambiental

O Monitoramento Ambiental das atividades rodoviárias está legalmente previsto na Resolução nº. 001/86 do CONAMA, em seu artigo 6º, inciso IV, que prevê a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental - EIA, o qual conterà obrigatoriamente o “Programa de Acompanhamento e Monitoramento dos Impactos Ambientais (positivos e negativos)”.

Esta atividade, de cunho gerencial, objetiva sistematizar as ações de controle e verificação da evolução dos impactos ambientais positivos e negativos provenientes das atividades do empreendimento rodoviário, através de medições da eficácia das medidas de proteção ambiental adotadas, sumarizando o grau de atendimento dos indicadores de desempenho ambiental, retratadas nos Programas e Projetos Ambientais e implantadas sob a tutela das atividades gerenciais anteriormente descritas.

Ao verificar a eficácia dos procedimentos ambientais adotados, o monitoramento procede à avaliação do grau de alteração ambiental produzido pelo empreendimento, quer sob o aspecto de dano ou perda de qualidade ambiental, quer sob o aspecto de ganho ou benefício resultante.

O Programa em foco basicamente deve ser constituído de duas partes:

- Uma parte de cunho genérico, cuja elaboração deve obedecer ao disposto na Instrução IS-19 integrante das “Diretrizes Básicas para a Elaboração de Estudos e Programas Ambientais Rodoviários”;
- Uma parte enfocando os monitoramentos específicos, relativos a cada um dos Programas Ambientais (ou instrumentos substitutivos) integrantes de um PBA.

Objetivando orientar e/ou subsidiar o monitoramento ambiental na fase de execução das obras são apresentadas no Anexo F deste Manual, as Tabelas F1 a F5.

4. O PROJETO DE ENGENHARIA

4. O PROJETO DE ENGENHARIA

4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na seção 2 foi feita a abordagem, de forma genérica, do Projeto de Engenharia, discorrendo-se sobre as respectivas fases de elaboração e a sua composição em termos de documentação integrante.

O tema referenciou as “Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários”, as quais, constituídas de “Escopos Básicos” e de “Instruções de Serviço”, se revestem de um caráter orientador na elaboração de cada estudo ou fase de projeto, nos quais devem ser observadas, precipuamente, as particularidades do segmento rodoviário em jogo.

Neste sentido, a Tabela 8, que se segue, apresenta a listagem dos instrumentos referentes à elaboração dos principais estudos e componentes do projeto, que, ordinariamente, são objeto de consulta, dentro do objetivo geral da adoção das práticas relacionadas com a interpretação do projeto, bem como de suas eventuais complementações, correções e alterações, durante a fase de execução das obras da implantação rodoviária.

Tabela 8 – Listagem de instruções de serviço – IS referentes à elaboração de estudos e projetos (instrumentos ordinariamente adotados)

IS	TEMA CORRESPONDENTE
201	Estudos de Tráfego em Rodovias
202	Estudos Geológicos
203	Estudos Hidrológicos
204	Estudos Topográficos para Projetos Básicos de Engenharia
205	Estudos Topográficos para Projetos Executivos de Engenharia
206	Estudos Geotécnicos
207	Estudos Preliminares de Engenharia para Rodovias (Estudos de Traçado)
208	Projeto Geométrico
209	Projeto de Terraplenagem
210	Projeto de Drenagem
214	Projeto de Obras-de-arte Especiais
215	Projeto de Sinalização

IS	TEMA CORRESPONDENTE
216	Projeto de Paisagismo
217	Projeto de Dispositivos de Proteção (Defensas e Barreiras)
218	Projeto de Cercas
219	Projeto de Desapropriação
222	Apresentação de Plano de Execução da Obra
224	Projeto de Sinalização das Rodovias durante a Execução de Obras e Serviços
226	Levantamento Aerofotogramétrico para Projetos Básicos de Rodovias
246	Componente Ambiental dos Projetos de Engenharia Rodoviária

Em sequência, são sucessivamente abordados, com base no constante nas referidas “Instruções de Serviços” (por vezes transcritas), dentro de adequado nível de detalhamento e, ainda, de forma compatível com as suas respectivas demandas de consulta na fase de implantação das obras, os seguintes componentes: Estudos Geológicos, Estudos Hidrológicos, Estudos Geotécnicos, Estudos Topográficos, Projeto Geométrico, Projeto de Terraplenagem e Projeto de Drenagem.

Quando necessária a análise de outros componentes, esta pode ser subsidiada, considerando a Tabela 8, cabendo ainda enfatizar que a abordagem objetiva orientar os processos de análise e de complementação do Projeto de Engenharia pertinente ao trecho – objeto.

4.2. ESTUDOS GEOLÓGICOS

4.2.1. Objetivo

Este estudo visa ao pleno conhecimento geológico da área a ser atravessada pela rodovia, permitindo a eleição do traçado mais conveniente tecnicamente com base na interpretação geológica, em nível horizontal e vertical.

4.2.2. Elaboração dos estudos

Devem ser desenvolvidos em duas Fases, a saber, a Fase Preliminar e a Fase Definitiva, devendo ser observado o que se expõe nas subseções 4.2.2.1 e 4.2.2.2.

4.2.2.1 Fase Preliminar

Nesta fase são desenvolvidas as atividades de: coleta e análise de dados; interpretação de fotografias aéreas; e investigação de campo, observando-se o que se segue.

a) Coleta e análise de dados

Coleta e exame de todas as informações existentes, topografia, geomorfologia, solos, geologia, hidrogeologia, clima e vegetação da região atravessada pela rodovia, incluindo publicações, cartas, mapas, fotografias aéreas e outras.

b) Análise interpretativa das fotos aéreas

Análise interpretativa das fotografias aéreas da região, buscando-se separar as unidades mapeáveis de interesse geotécnico, bem como detectar as feições (falhas, juntas, contatos, xistosidades, estratificações) que possam interferir no estabelecimento das condições geométricas e geotécnicas das diretrizes; delimitação de locais com probabilidade de ocorrência de materiais de construção, zonas de tálus, cicatrizes de antigos movimentos de taludes; zonas de solos compressíveis; zonas de serras; escarpas, encostas, cristas e quaisquer outras de interesse para o estudo.

A faixa de estudo deve ser considerada em função das condições locais / regionais, tendo largura média entre 1/3 a 1/6 do comprimento total do trecho considerado.

c) Investigações de campo

São investigações complementares de campo a fim de consolidar a interpretação das fotografias aéreas e permitir a execução do plano de sondagens.

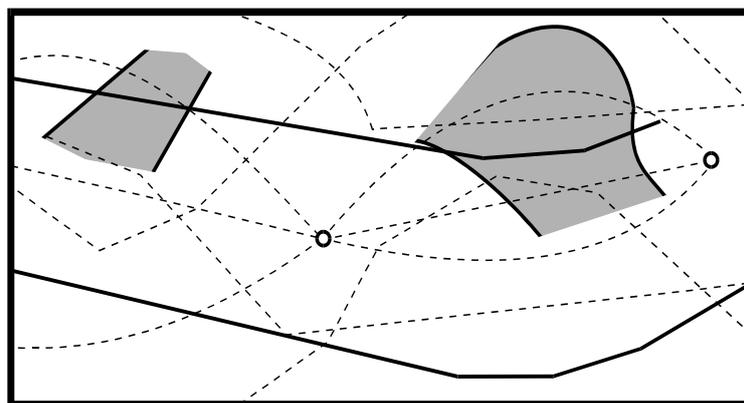
Esta fase determina a configuração espacial das formações ocorrentes, seus aspectos estruturais, texturais e mineralógicos, as modificações introduzidas por fenômenos secundários (aspectos tectônicos, intemperismo, erosão, metamorfismo etc.), com vistas à avaliação de seu comportamento geotécnico e sua trabalhabilidade como material de construção.

Especial interesse deve ser dado às resultantes da iteração geologia-clima, ou seja, geomorfologia, vegetação, solos, hidrologia e hidromorfismo. Ao mesmo tempo, todas as áreas assinaladas como passíveis de fornecer materiais aproveitáveis, zonas de ocorrências de solos compressíveis e áreas potencialmente instáveis devem ser visitadas e examinadas, a fim de estimar-se as características e a problemática inerente.

A área a ser pesquisada deve abranger toda a região onde se inserem as alternativas, dando-se maior ou menor extensão lateral, para atender à identificação de materiais próprios para construção.

Os elementos obtidos devem ser assinalados em diferentes cores ou simbologias em um mapa em escala de 1/40 000 a 1/100 000 e devem compreender: rede hidrográfica, pequenas e médias bacias, solos moles, áreas ou falhas e diáclases, tálus, coluviões, áreas de ocorrência de pedreiras, saibreiras, cascalheiras, areais, solos etc. (desenho da Figura 18).

Figura 18 – Área pesquisada/Alternativas



CONVENÇÕES

○	PONTOS OBRIGATORIOS DE PASSAGEM
■	OBSTACULOS: GEOLÓGICO - EDOLÓGICO - ECONÔMICO - GEOMORFOLÓGICO - ETC...
---	FAIXA ESCOLHIDA

4.2.2.2 Fase Definitiva

O Estudo Geológico na Fase Definitiva deve se desenvolver a partir das conclusões e recomendações do estudo na fase anterior, mediante aprovação prévia do setor competente, conforme discriminado a seguir.

a) Plano de sondagens

O plano de sondagens de reconhecimento deve abranger a área que permita, entre as alternativas, a escolha da melhor linha, considerando o aspecto geológico. As sondagens devem ser mecânicas e/ou geofísicas e sempre de sorte a atender à finalidade desejada. O estabelecimento deste plano deve ser baseado em mapas preliminares e demais informações geológicas disponíveis, e deve buscar a solução para os grandes problemas geológico-geotécnicos, tais como: zonas de tálus; zonas sedimentares recentes, sobretudo com presença de solos compressíveis; zonas de instabilidade potenciais ou reais; passagens em gargantas e meias-encostas íngremes; e zonas com ocorrência de solos coluviais.

Em particular, nas zonas de tálus, de solos colúviais, meias-encostas íngremes e zonas de instabilidade em geral, as sondagens devem buscar determinar as espessuras e a natureza do material inconsistente, a profundidade, a posição espacial, a natureza e as características do substrato rochoso, além de posição e orientação do fluxo das águas subterrâneas. Nas zonas sedimentares recentes as sondagens devem buscar determinar a espessura, bem como coletar amostras que permitam avaliar as características físicas e mecânicas dos solos ocorrentes e do material inconsistente sobreposto, além da posição do lençol freático.

b) Elaboração do mapeamento geológico

Deve ser montado o mapeamento geológico da área estudada, indicando: as ocorrências de materiais de construção e as informações preliminares; zonas de solos talosos; zonas sedimentares recentes, com presença de solos compressíveis; zonas de rochas aflorantes; aspectos estruturais, tais como direção e mergulho da camada; xistosidade e fraturas, sendo representados por simbologia em vigor; orientação do nível médio do lençol freático; e zonas de instabilidade que necessitem de estudos especiais de estabilização, com caracterização da natureza do material, através de simbologia e outros elementos de interesse da geologia aplicada à engenharia rodoviária.

Os mapas geológicos preliminares das alternativas escolhidas devem sofrer então, nesta fase, um detalhamento sistemático através de novas observações cuidadosas (medidas de atitudes, xistosidade, diaclasamento, localização mais precisa de contatos) e dos resultados das sondagens previstas no plano de sondagem. Devem ser cartografados, com simbologia convencional, os contatos geológicos, as linhas tectônicas e as altitudes das camadas, além da compartimentação pedológica da estrada.

Devem ser, também, registrados e cartografados os afloramentos rochosos e o lençol freático, com indicação de possíveis orientações. As ocorrências de tálus, colúvios, meias-encostas e gargantas íngremes, devem ter suas extensões cartografadas com a precisão possível, fornecendo-se, ao mesmo tempo, indicações sobre suas espessuras, naturezas, orientação espacial, e a profundidade de substrato rochoso, dentro da precisão alcançada pelas sondagens efetuadas.

Zonas de solos compressíveis, além da delimitação, devem sofrer, através de simbologia, a indicação de suas espessuras e características fornecidas pelas sondagens efetuadas.

Devem ser representadas ainda, através de simbologia convencional, as feições geomorfológicas notáveis: escarpas, cuestas, cristas, alinhamentos e outras de interesse.

Com base ainda nos estudos fotointerpretativos e mapeamentos executados, deve ser feita a cartografia final das ocorrências consideradas interessantes para utilização.

Em continuidade, devem ser procedidos os serviços pertinentes a levantamentos geológicos detalhados e/ou específicos, na forma do que se expõe nos itens que se seguem: Levantamento geológico detalhado e levantamento geológico específico.

Levantamento geológico detalhado

Deve ser apresentada carta detalhada, considerando, por exemplo, os modelos apresentados nas Figuras 19 e 20 a seguir, com os seguintes dados: delimitação de áreas dos diferentes tipos de solos e rochas e aspectos estruturais influentes; localização de áreas sujeitas a queda de blocos, escorregamentos, tálus e aqueles apresentando solos moles; localização de áreas de prováveis materiais de contenção; apresentação dos traçados previsto e existente, alternativas de traçado também do ponto de vista geológico; cidades, vilas, povoados, marcos de referência etc.; rede de drenagem formada por rios e afluentes; rodovias, ferrovias e caminhos carroçáveis, quando úteis; meridianos, paralelos, norte magnético e verdadeiro; escala gráfica e numérica; e apresentação de simbologia geral oficial em uso corrente para os diversos eventos e linhas indicando posição de cortes ou perfis.

Em complementação, devem ser apresentados:

- Perfis, quadros ou tabelas, cortes esquemáticos, blocos-diagramas, gráficos etc., em escalas compatíveis com o problema. Assim, para o caso de perfis de cortes transversais, as escalas podem ser, tanto horizontal como vertical, iguais a $E \leq 1/5\ 000$.

As escalas horizontal e vertical de uma seção geológica devem ser iguais, a fim de evitar não só a falsa noção de uma estrutura, como também afastamentos muito trabalhosos dos mergulhos das camadas. A parte desenhada do relatório geológico local (mapas, perfis, tabelas etc.) objetiva os estudos detalhados de pontos para auxiliar na decisão sobre a escolha do traçado definitivo.

- Relatório, abordando todos os eventos geológicos mapeados e levantados. Deve apresentar redução descritiva, com objetivo prático, em termos de fácil compreensão, e conclusivo, quanto aos eventos geológicos, de modo a permitir esclarecer dúvidas e apresentando justificativa de sugestões e decisões.

Levantamento geológico específico

- Perfis ou cortes

Ao longo da diretriz deve ser apresentado perfil geológico longitudinal, com as seguintes escalas:

Horizontal - $1/20\ 000 \geq E \geq 1/40\ 000$

Vertical - $\frac{H}{n}$, onde: $10 \leq n \leq 20$

Os cortes ou perfis transversais que se fizerem necessários devem ser feitos em escalas horizontal e vertical iguais a $E \geq 1/5\ 000$.

Nos lugares de obras-de-arte e em áreas isoladas que mereceram o estudo geológico específico, cortes e perfis geológicos transversais devem ser apresentados, quando necessários, com escalas horizontal e vertical iguais e segundo a variação $E \geq 1/5\ 000$.

c) Descrição geológica da região

Deve ser procedida a descrição geológica da região estudada, contendo: situação geográfica; clima; solos e vegetação; aspectos fisiológicos e geomorfológicos; aspectos geológicos (estratigráficos, tectônicos e litológicos) e aspectos hidrogeológicos.

d) Desenvolvimento do estudo para atender a problemas localizados

Sempre que, em algum segmento da rodovia, houver necessidade de aprofundamento do estudo geológico, este deve ser feito de acordo com plano pré-elaborado e aprovado pelo DNIT. Estes estudos devem ser previstos em regiões montanhosas e em locais que necessitem de obras-de-arte especiais, tais como túneis, pontes, viadutos.

Figura 19 – Cartografia de ocorrências (1)

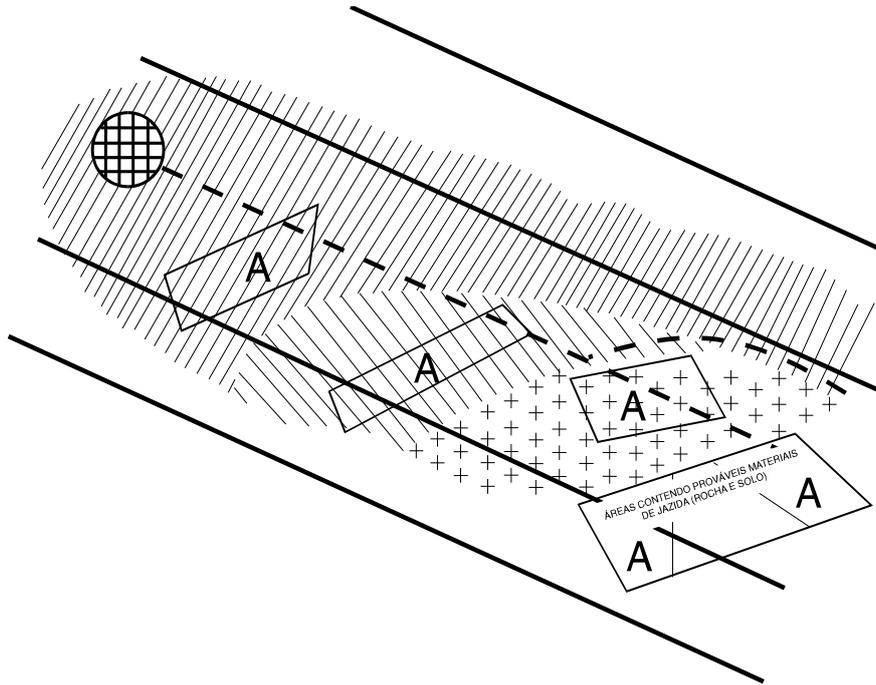
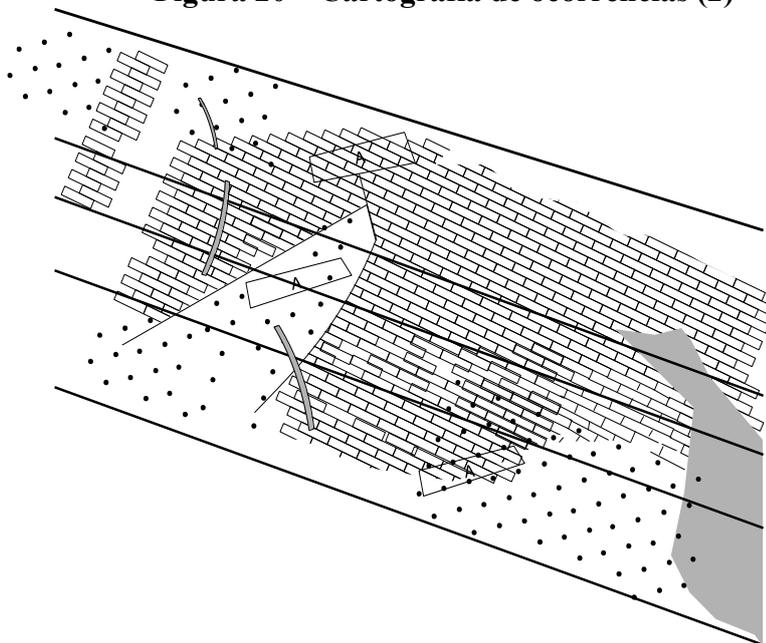


Figura 20 – Cartografia de ocorrências (2)



e) Conclusões e recomendações

O Estudo Geológico deve finalizar com as conclusões e recomendações resultantes dos trabalhos realizados. Tais recomendações, a serem estabelecidas em função das análises procedidas, devem focar a solução de problemas construtivos da rodovia decorrentes da formação geológica da região, tais como: cortes e aterros em zonas de instabilidade e aterros em solos compressíveis.

4.2.3. Produtos finais

De conformidade com o disposto nas mencionadas “Diretrizes Básicas”, em termos de “produtos finais”, os “Estudos Geológicos” devem ser constituídos da seguinte documentação:

4.2.3.1 Relatório Preliminar (formato A4)

a) Relatório dos estudos preliminares

- Relatório contendo as conclusões desta Fase;
- Recomendações para prosseguimento do Estudo.

4.2.3.2 Relatório final (formato A4)

a) Relatório do Projeto Básico

- Texto - Concepção do estudo realizado;
- Mapa geológico;
- Análise interpretativa de fotografias aéreas.

b) Memória justificativa do Projeto Básico

- Aspectos estruturais, texturais e mineralógicos, modificações introduzidas por fenômenos secundários (tectônica, intemperismo, erosão, metamorfismo) e outros resultados das investigações de campo;
- Recomendações para solução de problemas construtivos de rodovia, decorrentes da formação geológica da região (cortes e aterros em zonas de instabilidade e aterros em solos compressíveis).

4.3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

4.3.1. Objetivo

Os estudos hidrológicos têm por objetivo: avaliar a vazão das bacias de contribuição para os diversos dispositivos de drenagem da rodovia, tais como: pontes, pontilhões, bueiros, valetas, sarjetas, descidas de água e caixas coletoras usados na implantação básica.

4.3.2. Elaboração dos estudos

Devem ser desenvolvidos em duas fases, a saber, a Fase Preliminar e a Fase Definitiva, devendo ser observado o que se expõe nas subseções 4.3.2.1 e 4.3.2.2.

4.3.2.1 Fase Preliminar

Os Estudos Hidrológicos, na Fase Preliminar, têm como objetivos: Coletar dados hidrológicos e definir as bacias de contribuição.

Para tanto, devem abranger:

- Coleta de dados hidrológicos junto aos órgãos oficiais, estudos existentes, que permitam a caracterização climática, pluviométrica, fluviométrica e geomorfológica da região e, mais especificamente, da área em que se localiza o trecho em estudo;
- Coleta de elementos que permitam a definição das dimensões e demais características físicas das bacias de contribuição (forma, declividade, tipo de solo, recobrimento vegetal), tais como: levantamentos aerofotogramétricos, cartas geográficas, levantamentos radamétricos, levantamentos fitopedológicos e/ou outras cartas disponíveis;
- Coleta de elementos que permita a identificação das modificações futuras que ocorrerão nas bacias, tais como: projetos, planos diretores e tendências de ocupação.

Na coleta de dados hidrológicos, deve ser seguida a seguinte sistemática:

a) Pluviometria - Coleta de dados de chuva

Deve ser considerado e atendido o seguinte:

- Apresentação de mapa em escala conveniente, destacando a rede hidrográfica básica a ser afetada pelo projeto e a localização do trecho em estudo;
- O mapa de bacias deve ser devidamente numerado e, em cada caso, associando uma única bacia para cada obra-de-arte projetada;
- Coleta dos dados de chuvas dos postos localizados na área e apresentados em mapa com indicação da entidade responsável pela coleta e os respectivos períodos de observação;
- Caracterização dos instrumentos medidores, tais como: pluviômetros, pluviógrafos, régua limnimétrica e outros;
- Escolha criteriosa do posto que caracterize o regime pluviométrico do trecho, justificando o aspecto hidrológico;
- Na ausência absoluta de posto na região: indicação precisa das fontes que forneceram os dados pluviométricos, os mapas de isoietas, Atlas meteorológico, com os respectivos autores;
- Cálculo dos seguintes elementos: média anual de chuvas da região; média mensal; número de dias de chuva por mês; total anual; alturas máximas e mínimas; registro de chuvas e respectivos pluviogramas; precipitação total; indicação do trimestre mais chuvoso e mais seco; e precipitação máxima em 24 horas.

b) Fluviometria

- Coleta de elementos para elaboração dos fluviogramas das alturas d'água médias, máximas e mínimas mensais dos principais rios da região;
- Registro de cheia máxima dos cursos d'água menores, desprovidos de medidores, o qual deve ser feito por meio de vestígios e informações locais;
- Apresentação de mapa, contendo os postos fluviométricos da região de interesse para o projeto, com identificação das entidades que os operam e os calendários de observação;
- Fluviogramas das alturas máximas, médias e mínimas mensais e/ou outros necessários;
- Curvas de frequência de níveis; curvas de descargas;

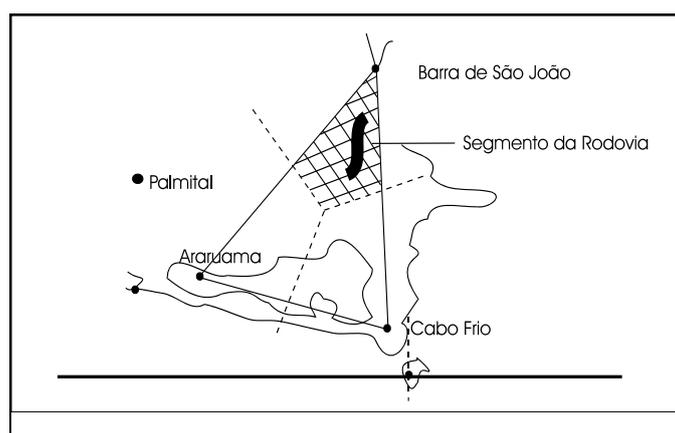
- Levantamentos topo-hidrológicos nas travessias dos principais cursos d'água, que possibilitem a elaboração de plantas compatíveis para o projeto de implantação de pontes ou bueiros celulares de grandes dimensões.

c) Escolha dos postos meteorológicos da região do projeto

Os postos meteorológicos mais adequados para a região do projeto são selecionados pelo Método de Thilsem. Este método consiste em ligar-se por linhas retas, em um mapa, os diversos postos meteorológicos identificados na região de interesse. Traçando-se perpendiculares no meio de cada ligação, são determinados polígonos, que definem aproximadamente a área de influência de cada posto.

O exemplo a seguir ilustra o procedimento.

Figura 21 – Área de influência de posto meteorológico



Evidentemente a área de influência de cada posto é ajustada também pelas observações do relevo da região, observando-se com atenção as linhas de cumeadas das serras, altitudes etc.

4.3.2.2 Estudos hidrológicos propriamente ditos

Os métodos e procedimentos pertinentes à elaboração dos Estudos, com vista à confecção do Projeto de Drenagem, estão devidamente abordados e descritos no “Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem”, aprovado pelo DNIT, no ano de 2005.

A Tabela 9 a seguir, objetivando orientar o processo de consulta ao mencionado Manual, fornece, devidamente, as referências relativas à abordagem dos diversos tópicos, cujos respectivos

conhecimentos são necessários para o pleno desenvolvimento dos Estudos Hidrológicos, com vistas ao atendimento a seus objetivos.

Tabela 9 – Estudos hidrológicos – Referências no Manual de Drenagem

TÓPICO	REFERÊNCIA NO MANUAL	
	Seção/Subseção	Pág.
Tempo de Recorrência	3	17
Metodologia para Transposição de Dados	5.1	29
Relação entre Níveis D'água e Descargas de Projeto	4	23
Tempo de Concentração	6.5.1	79
Metodologia do Hidrograma Unitário Sintético	6	51
Método Racional	7	121

4.3.3. Produtos finais

De conformidade com o disposto nas mencionadas “Diretrizes Básicas”, em termos de “produtos finais”, os “Estudos Hidrológicos” devem ser constituídos da seguinte documentação:

4.3.3.1 Relatório Preliminar (formato A4)

a) Relatório dos Estudos Preliminares

- Resumo da coleta de dados hidrológicos;
- Gráficos, tabelas e mapas suficientes para exame do projeto;
- Análise conclusiva sobre a travessia de bacias hidrológicas pelas diversas alternativas de traçado;
- Análise do vulto das obras-de-arte especiais; previsão da alteração da qualidade do meio ambiente.

4.3.3.2 Relatório final do Projeto Básico (formato A4)

a) Relatório do Projeto Básico

- Texto com exposição do estudo realizado e a justificativa da solução adotada;

- Avaliação do vulto das obras-de-arte especiais em cada alternativa definida nos estudos de traçado;
- Recomendações.

b) Memória justificativa do Projeto Básico

- Explicação da metodologia adotada;
- Memórias de cálculo;
- Planilhas, quadros, tabelas e gráficos utilizados.

4.4. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

4.4.1. Objetivo

Os estudos topográficos objetivam a obtenção de modelos topográficos digitais do terreno, necessários ao estudo dos corredores e à seleção da melhor alternativa de traçado - a materialização no campo do eixo do projeto definitivo.

4.4.2. Elaboração dos estudos

Devem ser desenvolvidos em três fases, a saber, a Fase Preliminar, a Fase de Projeto Básico e a Fase de Projeto Executivo, devendo ser observado o que se expõe nas subseções 4.4.2.1, 4.4.2.2 e 4.4.2.3.

4.4.2.1 Fase Preliminar

Esta fase compreende, principalmente, a confecção do modelo topográfico digital do terreno. Para tanto, preferencialmente, deve ser adotado processo aerofotogramétrico, o qual basicamente envolve:

- Definição da área a ser voada e coberta sobre aerofotos existentes na escala aproximada de 1:25.000;
- Realização de cobertura aerofotogramétrica na escala 1:15.000;
- Execução de apoio terrestre;
- Elaboração de restituição aerofotogramétrica;

- Definição de produto final cartográfico.

As metodologias a serem aplicadas para a realização dos serviços são aquelas definidas na Instrução de Serviço IS-226 - Levantamento Aerofotogramétrico para Projeto Básico de Rodovia, das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários.

Alternativamente, o modelo topográfico digital do terreno pode ainda ser obtido por processo convencional, constando basicamente de:

- Implantação de uma rede de apoio básico;
- Lançamento de linhas de exploração;
- Nivelamento e contranivelamento das linhas de exploração;
- Levantamento de seções transversais;
- Levantamentos complementares.

No desenvolvimento deste procedimento alternativo, deve ser observado o disposto na IS-204 das “Diretrizes Básicas” e as seguintes particularidades:

- A calibração dos medidores eletrônicos de distância deve ser realizada segundo o que estabelece a Norma ABNT NBR 13133:1994.
- No caso de utilização de rastreamento GPS, para a determinação de coordenadas e nivelamentos, devem ser utilizados receptores de precisão geodésica, com tempo de rastreamento de, no mínimo, 30 minutos ou “fast-static” com tempo de rastreamento de, no mínimo, 10 minutos.

4.4.2.2 Fase de Projeto Básico

O estudo topográfico nesta fase objetiva, a partir da elaboração do modelo digital do terreno, a definição da geometria da rodovia e o fornecimento dos elementos topográficos necessários à elaboração dos estudos e projetos que compõem o projeto básico. Estes levantamentos devem ser realizados com precisão compatível com a escala 1:2.000.

O estudo topográfico deve constar basicamente de:

- Implantação da rede de apoio básico com marcos de concreto;

- Implantação e nivelamento da rede de referência de nível (RRNN);
- Levantamento planialtimétrico cadastral do terreno;
- Locação de pontos do eixo do traçado selecionado que permita sua perfeita identificação no campo;
- Levantamento planialtimétrico cadastral dos locais de jazidas, interseções, seções transversais urbanas, dispositivos de drenagem etc.

Os serviços devem ser executados de acordo com a Norma ABNT NBR 13133:1994, obedecer às especificações para o levantamento planialtimétrico cadastral classe I PAC e a poligonal planimétrica ser do tipo III P ou superior, levando em conta as seguintes observações:

- A rede de apoio básico deve estar amarrada à rede de apoio oficial do IBGE, ser apresentada segundo o sistema de Projeção Local Transversa de Mercator (LTM) e ter espaçamento máximo de 500 m, sendo obrigatória a visibilidade de três pontos, ou seja, de cada ponto deve ser possível a visada do ponto anterior e do posterior;
- A rede de RRNN a ser implantada e nivelada deve estar referenciada à rede de RRNN oficiais do IBGE e ter RRNN com distância máxima de 500 m entre duas consecutivas, podendo, sempre que possível, ser utilizado como RN marco da rede de apoio básica. Devem ser obedecidas as especificações da Norma ABNT-NBR 13133:1994, no que se refere ao nivelamento classe IIN;
- A área a ser levantada deve ter largura suficiente para permitir o desenvolvimento dos estudos de traçado, de variantes, de meio ambiente, de drenagem etc.;
- A locação dos pontos do eixo deve ser executada por coordenadas, com equipamento de precisão média, segundo a ABNT NBR 13133:1994; em todos os pontos locados devem ser cravados piquetes de madeira de boa qualidade, com estacas testemunhas que permitam sua fácil locação no campo.

4.4.2.3 Fase de Projeto Executivo

Esta etapa envolve a consideração e a definição dos elementos geométricos pertinentes, bem como os procedimentos concernentes à Locação de Eixo e da Nota de Serviço, enfocados na forma das alíneas “a” e “b”, a seguir expostas:

a) Elementos geométricos

– Elementos planimétricos

As unidades básicas dos traçados devem ser arcos de circunferência de raio e desenvolvimento os mais amplos quanto possível. Entretanto, para as curvas circulares não serem confundidas visualmente com as tangentes, recomenda-se um raio máximo de 5000 metros.

Os elementos usados para a determinação das curvas circulares são as seguintes:

- R - É o raio de circunferência empregado na concordância, expresso em metros;
- PC - É o ponto de transição da tangente para a curva, ou seja, o ponto de origem das curvas;
- PT - É o ponto de tangência entre a curva e o alinhamento reto;
- AC - É o ângulo formado no centro da curva pelos raios levantados no PC e PT;
- D - É o desenvolvimento correspondente ao comprimento do arco que vai do PC ao PT da respectiva curva;
- T - É o comprimento das tangentes prolongadas do seu ponto de interseção (PI) aos respectivos PC e PT;
- GM - É o grau da curva, ou seja, é o ângulo central correspondente a uma determinada corda;
- dm - É a deflexão de uma corda de 1m em relação à tangente externa.

Nos casos de rodovia de classe Especial e classe C, para curvas com raio menor que 600 m, deve ser usada, obrigatoriamente, a transição em espiral; e para rodovias de classes II e III, para curvas de raio maior que 440 m, a transição pode ser circular, com raio duplo.

As curvas de transição usualmente adotadas são as espirais de Cornu, de Bernouille e outras. Existem tabelas para o emprego destas curvas, sendo a mais adotada no Brasil a espiral de Cornu, apresentada no livro "Emprego da Transição em Espiral nos Traçados Rodoviários" do Eng^o Manoel P. de Carvalho.

Os elementos usados para a determinação da curva de transição são os seguintes:

- TS - ponto de passagem do alinhamento reto para espiral;
- SC - ponto de passagem da espiral para curva circular;
- CS - ponto de passagem da curva circular para espiral;
- ST - ponto de passagem da curva de transição para o alinhamento reto;
- Lc - comprimento da curva espiral;
- Sc - ângulo central da espiral;
- Xc e Xs - coordenadas cartesianas dos pontos SC e CS;
- Ic - ângulo de deflexão da corda total da espiral com a tangente em TS ou ST;
- C - corda total da espiral;
- p - q - coordenadas de recuo do PC ou PT da curva circular em relação à tangente, tomando como referência TS ou ST;
- T - distância do PI ao ST ou TS;
- AC - ângulo central da curva circular.

– Elementos altimétricos

O perfil longitudinal da estrada deve ser suave e uniforme, evitando-se as constantes quebras do alinhamento vertical e os pequenos comprimentos de rampas diferentes.

Os trechos retos do greide são concordados com curvas circulares ou parábolas do 2º grau. O número de curvas deve restringir-se ao mínimo, aumentando-se os seus desenvolvimentos.

A verificação das distâncias de visibilidade em curvas verticais côncavas deve ser feita para os casos mais desfavoráveis, que correspondem às do trânsito noturno, admitindo-se que a altura média dos faróis dos veículos seja de 0,75 m e que o ângulo de divergência do feixe luminoso em relação ao eixo longitudinal do veículo seja de 1°. Nas curvas verticais convexas, pode-se adotar a visibilidade

diversa, considerando que o ponto de vista do motorista esteja a 1,20 m acima da pista e o obstáculo com 0,10 m de altura.

As curvas de concordância vertical são definidas pelo comprimento de sua projeção e pelo raio, no caso da curva circular, e pela distância do ponto de interseção vertical - PIV até a curva e pelo comprimento de sua projeção, no caso da parábola do 2º grau.

O greide deve ser lançado de modo que os pontos de interseção vertical (PIV) coincidam, de preferência, com estacas inteiras ou mais 10 metros, a fim de simplificar o cálculo das cotas de perfil.

O greide do projeto geométrico é desenhado com base nos elementos da caderneta de nivelamento do eixo locado, nas escalas de 1/2000 horizontal e 1/200 vertical ou 1/1000 horizontal e 1/100 vertical.

No lançamento deste greide, deve-se considerar o perfil geotécnico do terreno natural, evitando-se, sempre que possível, cortes extensos em rocha.

– Elementos de seção transversal

No projeto geométrico da seção transversal, são definidos os seguintes elementos: faixas de trânsito, acostamentos, superlargura, superelevação, sarjetas, meios-fios, separadores centrais, inclinação dos taludes e distâncias laterais livres.

b) Locação do eixo do projeto e nota de serviço

– Locação do eixo do projeto

Para a locação do eixo de uma estrada são necessários os seguintes elementos: plantas do projeto básico; cadernetas de exploração; elementos de apoio terrestre, quando o projeto básico for feito em plantas aerofotogramétricas; a relação de altitudes e localização dos marcos geodésicos; bem como referências de nível do CNGE usadas na exploração da região e, em casos especiais, a relação de coordenadas dos pontos notáveis do eixo.

A locação do eixo deve ser feita com estaqueamento de 20 em 20 metros e com estacas fracionárias nos pontos singulares como: PC, PT, TS, SC, CS, ST, margens de travessia de cursos d'água, estradas de ferro, fundo de talvegues etc.

O ângulo central deve ser medido e, se necessário, os elementos da curva, recalculados. Com os novos valores das tangentes internas, marcam-se os pontos iniciais e finais das curvas. Na locação das curvas, deve ser usado o processo de deflexão sobre a tangente.

Os ramos de transição das curvas circulares com transição em espiral podem ser locados com os dados da tabela de locação do livro. "Emprego da Transição em Espiral em Traçados Rodoviários", do Eng^o Manoel Pacheco de Carvalho, ou por outros processos.

As curvas circulares devem ser estaqueadas com os seguintes valores:

- Para raio até 95,50 m e $G_5 = 3^\circ$, de 5 m em 5 m;
- Para raio até 2.455,55 m e $G_{10} = 14^\circ$, de 10 m em 10 m;
- Para raios superiores a 2.455,55 m e $G_{20} = 28^\circ$, de 20 m em 20 m.

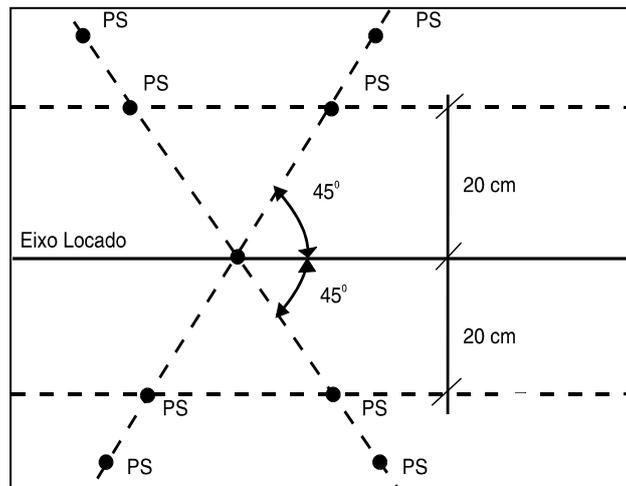
As curvas de transição devem ser estaqueadas com os seguintes valores:

- Para L_c até 60 m, de 5 m em 5 m;
- Para L_c maior que 60 m, de 10 m em 10 m.

A diferença entre o ângulo central medido e o do projeto é absorvida pelo trecho circular nas curvas com transição.

A mudança de instrumento deve ser efetuada sempre com piquetes de prego, constituídos de madeira de boa qualidade, de 3 a 6 cm de diâmetro e 15 a 20 cm de comprimento, cravados até o topo ficar ao nível do terreno natural. A 25 cm dos piquetes devem ser cravadas estacas testemunhas com cerca de 60 cm de comprimento, providas de entalhe, onde se escreverá, de baixo para cima, o número correspondente. A testemunha deve ficar à esquerda do estaqueamento, no sentido crescente de sua numeração, e com o número voltado para o piquete. Nas encostas, as estacas devem ficar a montante dos piquetes. Devem ser sempre amarrados os pontos: TS, ST, PC, PT e, no caso de tangentes longas, um ponto de 2 km em 2 km. A amarração deve ser feita por "pontos de segurança", situados a mais de 20 metros do eixo da rodovia, de modo a não serem afetados pelos serviços de implantação, como mostra a Figura 22 a seguir:

Figura 22 – Amarração por pontos de segurança



Cada alinhamento de amarração deve conter quatro piquetes no mínimo, sendo dois de cada lado, adotando-se, para esse alinhamento, a deflexão de 45° com o eixo locado.

Entre dois pontos de segurança de um mesmo lado, a distância não deve ser menor do que 10 metros.

– Nivelamento do eixo do projeto

Todos os pontos locados (piquetes de alinhamento) devem ser nivelados trigonometricamente, de acordo com o que preconiza a NBR 13133:1994 para nivelamentos classe III N, devendo este nivelamento estar referenciado à rede de RRNN, implantada quando da execução da poligonal de apoio básica.

Devem ser nivelados, assim, todos os piquetes do alinhamento, bem como as lâminas d'água dos cursos de água atravessados ou que lhe forem próximos. Todo o trabalho diário deve iniciar-se e finalizar-se, sempre que possível, numa referência de nível, e estas devem ser espaçadas de mil em mil metros e ficar afastadas de, pelo menos, 30 m do eixo, devendo constar das cadernetas os croquis das suas localizações.

Nas travessias de cursos d'água, devem ser anotadas as cotas de nível d'água (NA) e a máxima enchente (ME). Quando a linha acompanhar um curso d'água, estas cotas devem ser anotadas a cada 2 km. Para esse fim, devem ser utilizados pontos de cota fixa, tais como: soleiras de portas, encontros de pontes, troncos de árvores grossas de madeira de lei etc.

No caso da inexistência ou carência de pontos de cota fixa existentes, utilizam-se estacas de madeira ou concreto, de 10 cm de diâmetro mínimo por 70 cm de altura, cravadas 50 cm no solo.

Todas as estacas devem ser contraniveladas. A diferença de cotas, entre o nivelamento e o contranivelamento verificada no RN, não deve exceder de 2 cm por quilômetro de distância. Em cada trecho de 10 km, essas diferenças devem compensar-se, de modo que não ultrapassem 5 cm. Nos piquetes, a diferença de cotas é de 5 cm.

– Levantamento de seções transversais

Devem ser levantadas, então, seções transversais em segmentos pré-determinados, quando necessário, para detalhamento de projetos específicos ou melhor precisão de dados de campo.

As seções transversais devem ser levantadas com auxílio de nível, clinômetros ou réguas graduadas com níveis tubulares. Devem ser levantadas normais ao eixo, em cada estaca do alinhamento; as seções devem medir 30 m para cada lado do eixo, no mínimo; em regiões acidentadas podem ser exigidas distâncias maiores.

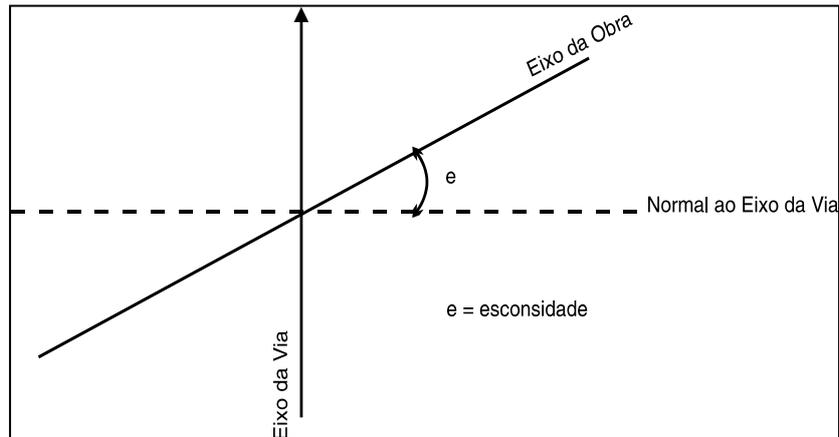
As cadernetas de seções devem mencionar casas, pedreiras, fundos de grotas, margens de rios e demais acidentes que forem atingidos pelas seções.

– Locação de bueiros

A locação dos bueiros faz-se do seguinte modo:

- Escolhe-se a posição em que o bueiro deve ficar e fixa-se o ponto em que o seu eixo corta o eixo da estrada, colocando-se aí um piquete;
- Determina-se a esconsidade (e), que é o ângulo do eixo da obra (bueiro) com a normal ao eixo da estrada, como mostra a Figura 23.

Figura 23 – Escondidade



- Efetua-se o piqueteamento do eixo da obra, para montante e para jusante, colocando-se uma estaca ao lado de cada piquete com a marcação da distância a partir do eixo da estrada, seguida de M, se for para montante e J, se for para jusante;

O comprimento locado deve ser suficiente para o projeto do bueiro. A extensão a locar pode ser estimada pelo valor da metade da plataforma, somado com o dobro da cota vermelha no local.

Em seguida à locação dos bueiros, devem-se nivelar todos os piquetes da locação, tomando-se, para referência de nível, a mesma da locação do eixo da estrada. Para este fim, estabelece-se um RN específico para a obra, cuja cota é obtida de um RN da locação da estrada ou de dois piquetes firmes e seguros.

– Levantamentos específicos

Estes levantamentos devem contemplar:

- Ocorrências de materiais;
- Áreas para postos de polícia, balança e pedágio;
- Locais para interseção e acessos; postos de serviços e estacionamento;
- Cursos d'água etc.

– Levantamento cadastral da faixa de domínio

O levantamento cadastral de todas as propriedades atingidas pela faixa de domínio da rodovia é feito de modo a constar:

• Para áreas não urbanizadas:

Nome do(s) proprietário(s), arrendatário(s), posseiro(s);

Nome dos confrontantes;

Limite dos terrenos;

Cercas divisórias;

Construções e benfeitorias existentes.

• Para áreas urbanizadas:

Nome do(s) proprietário(s) e morador (es);

Todas as propriedades e divisões dos lotes, ruas etc.

Recomendam-se as escalas 1: 2000 ou 1: 1000.

As Figuras 24 e 25, a seguir, mostram um modelo de levantamento cadastral de área urbanizada e área não urbanizada.

Figura 24 – Levantamento cadastral – Área urbanizada

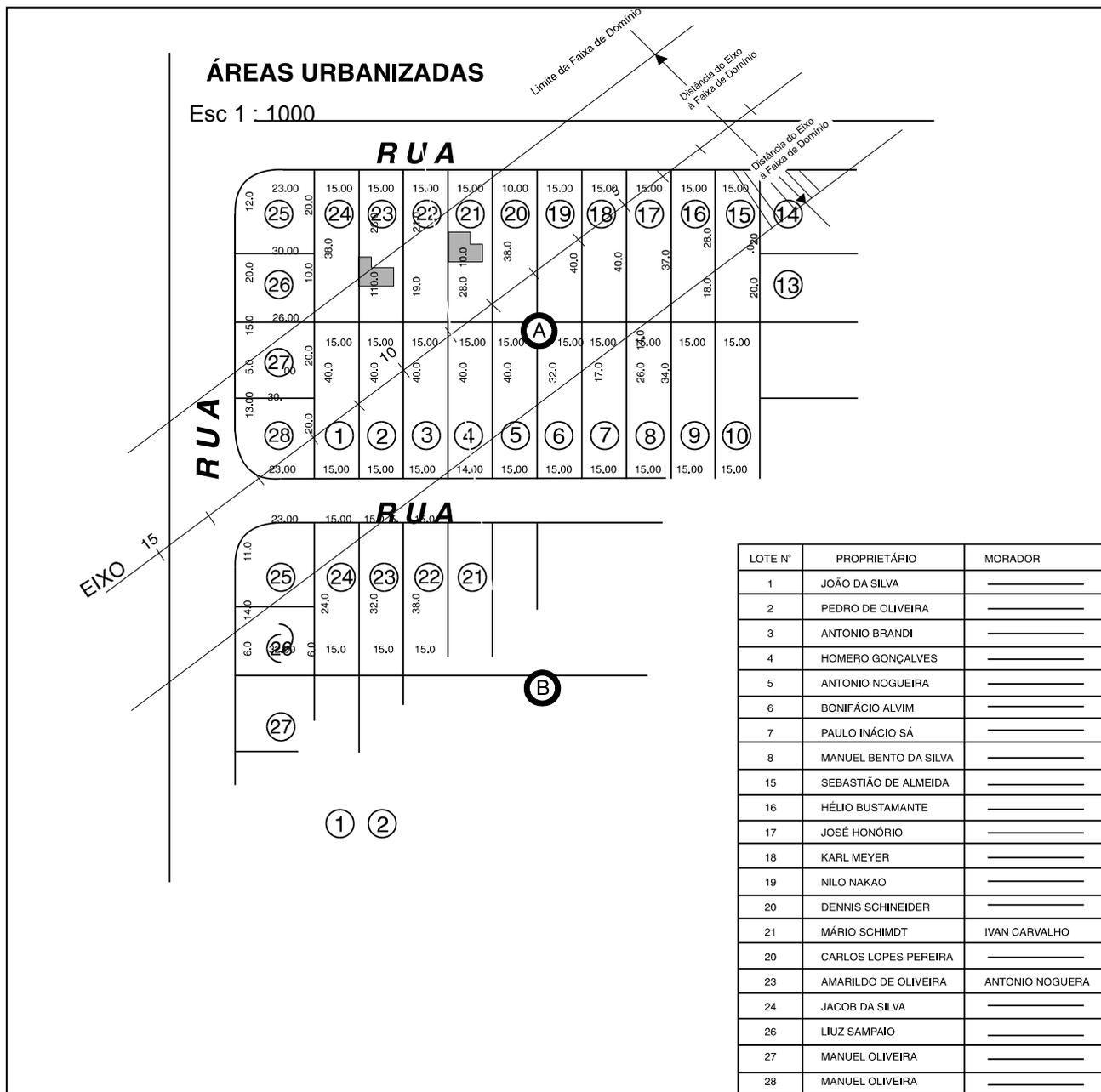
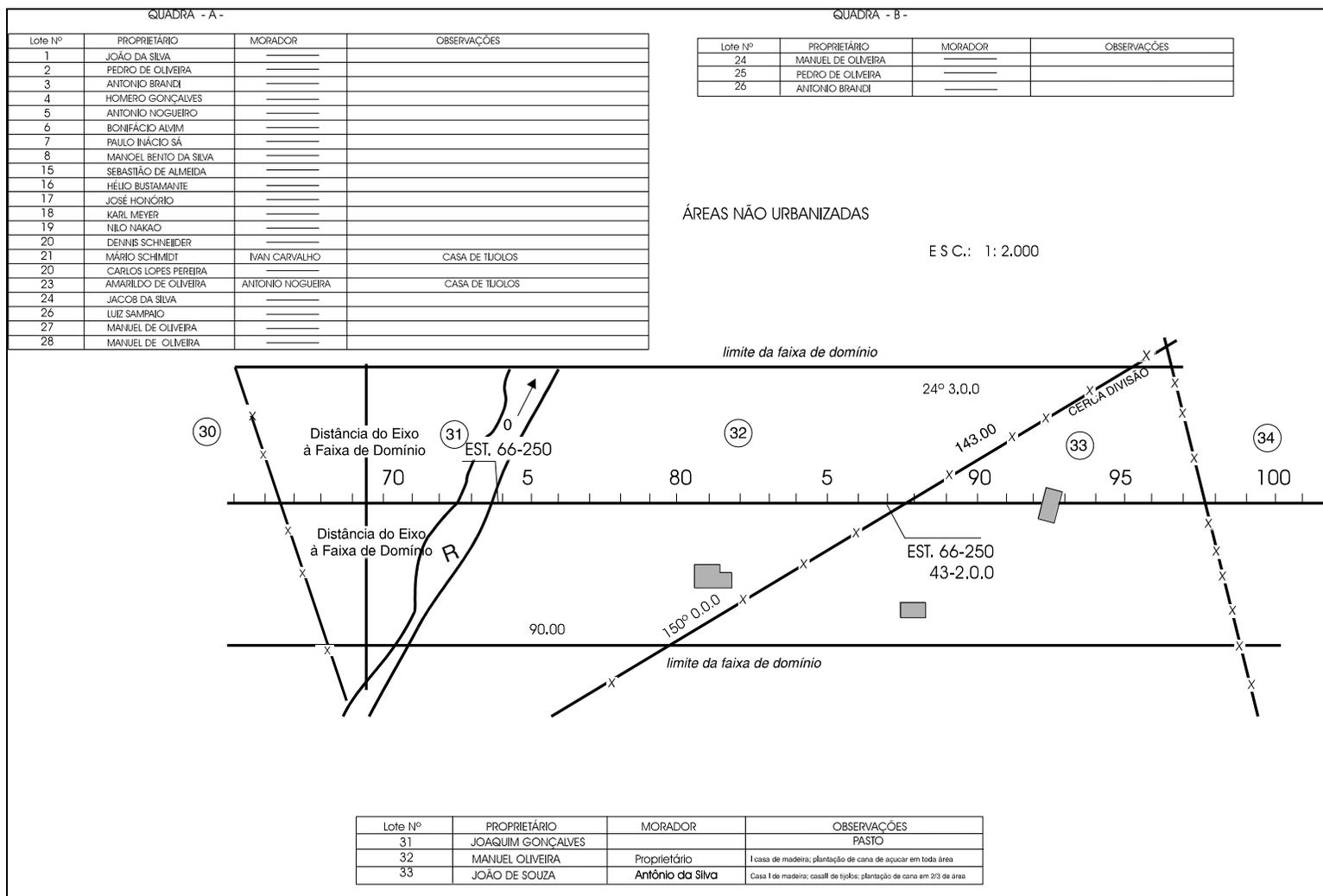


Figura 25 – Levantamento cadastral – Área não urbanizada



– Desenho das seções transversais

Desenha-se a seção transversal do terreno em papel milimetrado em uma das escalas 1:200 ou 1:100.

As seções devem apresentar espaçamento suficiente para permitir o desenho dos gabaritos dos aterros e cortes com as correspondentes cotas vermelhas.

– Lançamento do greide definitivo

O greide da rodovia deve ser desenhado em papel milimetrado, sobre o perfil locado, com base na caderneta de nivelamento do eixo locado nas escalas 1:2000 horizontal e 1:200 vertical.

Os elementos do greide são: porcentagens das rampas, comprimento das projeções horizontais das curvas de concordância vertical, estacas e cotas do PVC, do PIV e do PTV de cada curva vertical, comprimento de flecha "e" das curvas verticais; os elementos do alinhamento são: TS, SC, CS, ST, PC, PT, R, AC, D.

As Figuras 26, 27 e 28 mostram a disposição usual desses elementos das concordâncias horizontal e vertical.

Figura 26 – Elementos de concordância

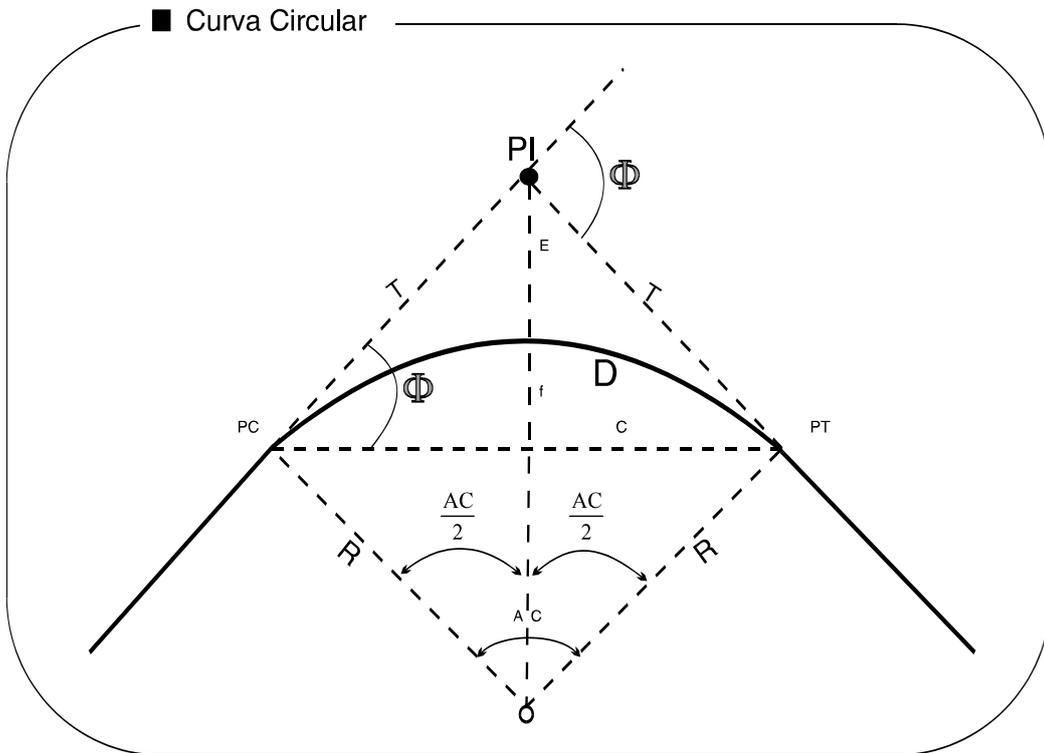


Figura 27 – Elementos de concordância

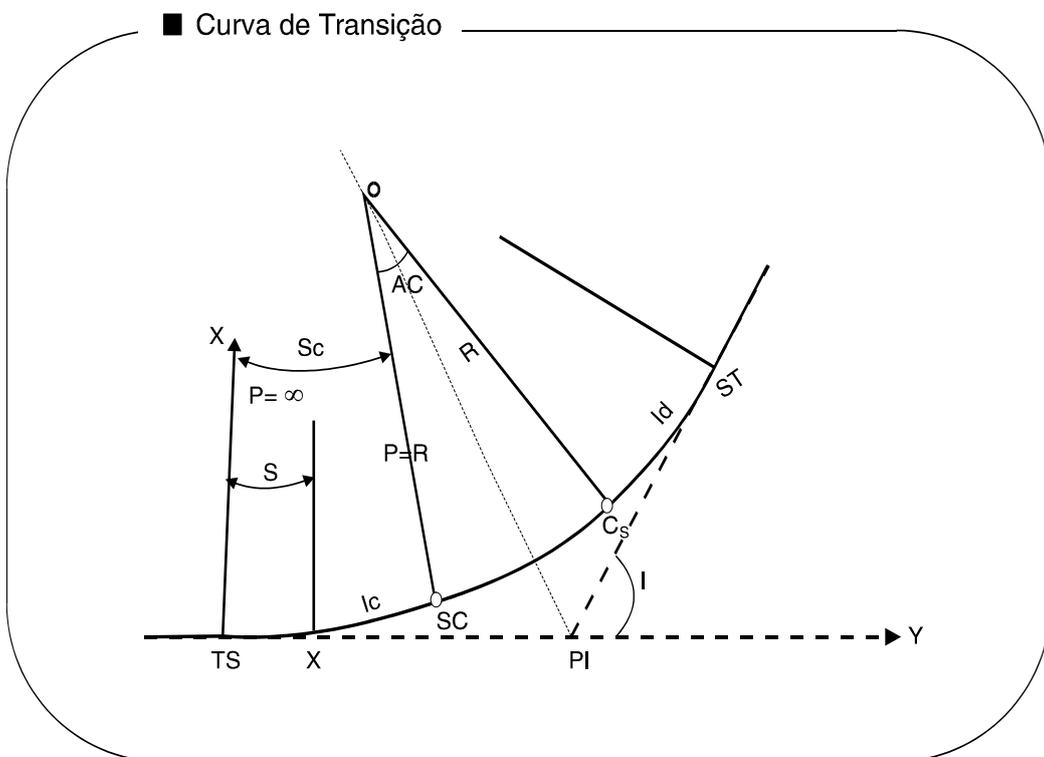
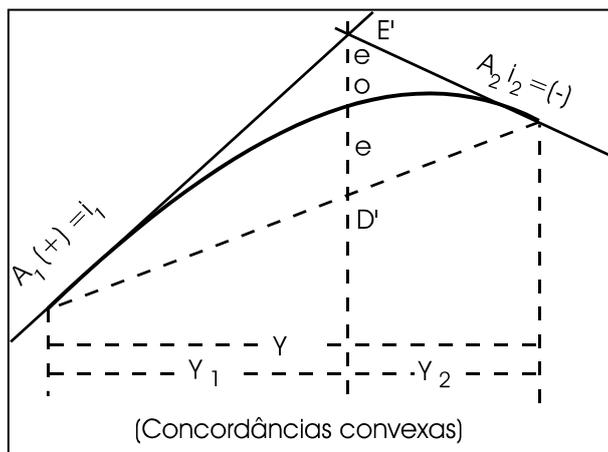


Figura 28 – Elementos de concordância convexa



– Distância de Visibilidade

O Quadro 1 a seguir fornece a distância efetiva de visibilidade no caso de parábola composta.

Quadro 1 – Distância efetiva de visibilidade – Parábola composta

e (m)	L									
	y = 60	y = 80	y = 100	y = 120	y = 140	y = 160	y = 180	y = 200	y = 220	y = 240
0,10	390	520	—	—	—	—	—	—	—	—
0,20	210	280	350	—	—	—	—	—	—	—
0,30	150	200	250	300	350	400	—	—	—	—
0,40	120	160	200	240	280	320	360	400	—	—
0,50	102	136	170	204	238	272	306	340	374	408
0,60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
0,70	81	108	136	162	190	217	244	271	298	325
0,80	75	100	125	150	175	200	223	250	275	300
0,90	70	93	117	140	163	186	210	233	256	280
1,00	66	88	110	132	154	176	198	220	242	264
1,10	63	84	105	125	146	167	188	209	230	251
1,20	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
1,30	57	77	96	115	134	153	173	192	192	230
1,40	56	74	93	111	130	148	167	185	185	222
1,50	54	71	89	107	125	143	161	179	179	215

As cotas do greide nos trechos de concordância parabólica são calculados através da fórmula:

$$C_x = C_r \pm C_p$$

Onde:

C_x = cota do projeto na estaca x;

C_r = cota do greide reto, calculado para a estaca x sobre o prolongamento da rampa;

C_p = ordenada da parábola, a ser acrescentada ao valor de C_r no caso de concordância côncava e a ser subtraída no caso de concordância convexa.

Os valores de C_r e C_p são calculados através das fórmulas:

$$C_r = \frac{x_i}{100}$$

(Parábola composta)

$$C_p = \pm \left(\frac{x}{y/2} \right)^2 \quad e = \frac{y_1 \cdot y_2}{2y} \times \frac{i_1 - i_2}{100}$$

Onde:

x = distância, em metros, entre o PCV e o ponto em questão, no caso do ponto ficar entre o PCV e o PIV; ou então é a distância entre o ponto e o PTV, no caso do ponto ficar entre o PIV e o PTV;

i = rampa do greide, em porcentagem;

y = posição horizontal da curva vertical;

e = flecha no PIV, dada pela fórmula:

$$e = \frac{1}{8} y \left(\frac{i_1 - i_2}{100} \right) \quad (\text{Parábola simples})$$

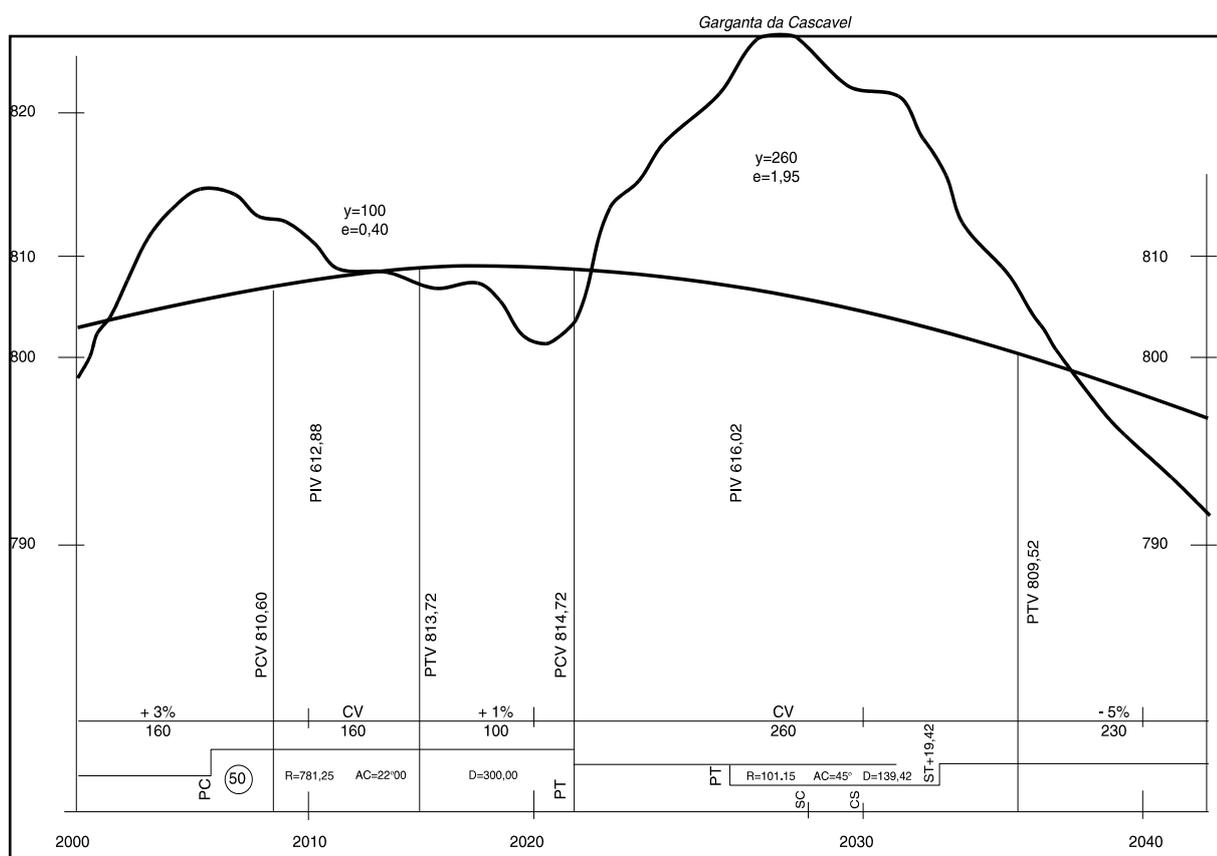
Os cálculos das cotas do projeto são feitos em uma planilha da seguinte forma:

Planilha 6 – Cálculo das cotas do projeto

ESTACA	COTA DO GREIDE RETO DO PROJETO	ORDENADA DA PARÁBOLA	COTA DO PROJETO
x	C_r	C_p	C_x

A Figura 29 representa o desenho referente ao projeto geométrico de um segmento viário, contendo os elementos em planta e em perfil.

Figura 29 – Projeto geométrico – Elementos em planta e perfil



– Nota de Serviços de Terraplenagem

Lança-se sobre cada seção transversal de locação o gabarito correspondente à plataforma definitiva da rodovia, utilizando-se a cota do greide definitivo.

Para os trechos em tangente não são levadas em conta as indicações transversais dos acostamentos, sarjetas e abaulamento. Esses detalhes são deixados para a fase de execução da pavimentação.

Nos trechos em curva, consideram-se a superlargura, a superelevação e a banqueta de visibilidade, quando houver.

Superlargura

Superlargura é uma largura adicional dada à pista nos trechos em curva, de modo a assegurar ao tráfego condições de segurança e comodidade.

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – IPR / DNER - 1999, a superlargura deve ser determinada pela fórmula:

$$\Delta = n \left(R - \sqrt{R^2 - b^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Onde:

Δ = largura, em m

n = número de faixas de tráfego de uma pista

R = raio de curvatura do eixo da pista, em m

V = velocidade diretriz, em km/h

b = distância em m, entre os eixos da parte rígida do veículo, que normalmente se considera igual a 6 m.

O valor de Δ encontra-se tabelado a seguir, em função da velocidade diretriz e do raio de curvatura, considerando-se a pista com duas faixas de tráfego. Os valores de R em cada tabela foram tomados até um máximo, acima do qual a superlargura pode ser considerada como constante.

A Tabela 10 a seguir apresenta os valores da superlargura para diversas velocidades de projeto.

Tabela 10 – Valores para superlargura

Velocidade 30 km/h

R	30	40	50	60	70	80	100	150	200	300	500
Δ	1,80	1,40	1,20	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30

Velocidade 40 km/h

R	50	60	70	80	100	150	200	300	500
Δ	1,80	1,40	1,20	1,00	0,90	0,70	0,50	0,40	0,30

Velocidade 60 km/h

R	110	150	200	300	500	800
Δ	1,0C	0,8C	0,7C	0,5C	0,4C	0,3C

Velocidade 80 km/h

R	200	300	400	600	1000
Δ	0,80	0,60	0,50	0,40	0,30

Velocidade 100 km/h

R	340	400	600	1000	1 300
Δ	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30

A marcação da superlargura far-se-á de modo crescente a partir do TS, segundo a fórmula:

$$S = \frac{l \cdot \Delta}{l_c}$$

Onde:

S = é a superlargura em seção transversal situada na curva de transição l = distância dessa seção ao TS ou ST medida ao longo do eixo l_c = comprimento da curva de transição.

Nas curvas circulares, de raio superior a 600 m, onde não há necessidade de transição, o valor de S deve ser marcado todo no lado interno e deve ser locado ao longo de um comprimento de transição fictício, tomado metade antes e metade após o PC, dado pela fórmula:

$$l_c \% = \frac{3SI}{0,025}$$

Onde:

I é a inclinação transversal total (superelevação total) tabelada de acordo com as Normas para o Projeto das Estradas de Rodagem.

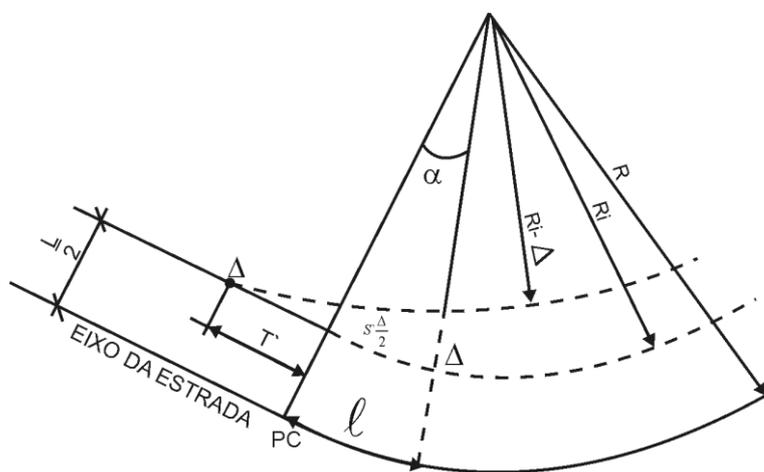
Tabela 11 – Inclinação Transversal Total

I	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
l_c (m)	28	42	56	70	84	98	112	126	140

Nos casos de estrada de Classe Especial e Classe I, para curvas com raio menor que 600 m, e estradas de Classe II e III, para curvas de raio menor que 440 m, deve ser usada, obrigatoriamente, a transição em espiral, ao longo da qual faz-se linearmente a transição para a superlargura e para a superelevação.

Para as estradas de Classes II e III, com raio de curvatura inferior a 440 m, a transição a empregar é a denominada circular de raio duplo, conforme o Art. 11 da Norma. O comprimento de transição nesse caso deve ser estabelecido de acordo com o estudo feito pelo Eng" Manoel Pacheco de Carvalho (ver Figura 30).

Figura 30 – Comprimento da curva de transição



Se R_i é o raio da borda interna,

$$R_i = \frac{l}{2}$$

e, de acordo com Collins, as fórmulas que resolvem o problema são:

$$R' = 2R_i - D$$

$$T' = \sqrt{\Delta R'}$$

$$a = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \sqrt{\frac{\Delta}{R'}}$$

O comprimento de transição, medido sobre o eixo curvo da estrada, a partir do PC, é dado por:

$$l = \frac{\pi R}{180} \alpha$$

O comprimento de transição propriamente dito é a soma de $T' + l = l_c$, valor esse tabelado.

A Tabela 12 a seguir indica o processo de determinação de distâncias em curvas com PI inacessível.

Tabela 12 - Determinação da distância em curvas de PI inacessível

	<p>1 - DADOS</p> <p>$\overline{AB} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\hat{A} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\hat{B} = \dots\dots\dots$</p>
<p>II - VALORES AUXILIARES</p> <p>Ângulos:</p> <p>$\hat{AC} = \hat{A} + \hat{B} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\hat{C} = 180 - \hat{AC} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\hat{C} = 180 - \hat{AC} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\frac{\hat{C}}{2} = \frac{180 - \hat{AC}}{2} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\hat{D} = 180 - \hat{B} - \frac{\hat{C}}{2} = \dots\dots\dots$</p> <p>$E = 180 - \hat{D} = \dots\dots\dots$</p> <p>Senos:</p> <p>$\text{sen } \hat{A} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\text{sen } \hat{B} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\text{sen } \hat{C} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\text{sen } \frac{\hat{C}}{2} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\text{sen } \hat{D} = \dots\dots\dots$</p> <p>$\text{sen } \hat{E} = \dots\dots\dots$</p>	
<p>III - VALORES DOS PONTOS A e B ao PI</p>	
<p>$a = \overline{A.PI} = \frac{\overline{AB} \cdot \text{sen } B}{\text{sen } C} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$</p> <p>$b = \overline{B.PI} = \frac{\overline{AB} \cdot \text{sen } A}{\text{sen } C} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$</p>	
<p>IV - DEFINIÇÃO DO PONTO DE INTERSEÇÃO (M) DA BISSETRIZ NO PI COM BASE \overline{AB}</p>	
<p>$\overline{AM} = \frac{a \text{ sen } C/2}{\text{sen } E} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$</p> <p>$\overline{BM} = \frac{b \text{ sen } C/2}{\text{sen } D} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$</p>	
<p>V - VALOR DO SEGMENTO MN MEDIDO NO CAMPO</p> <p>$\overline{MN} = \dots\dots\dots$ Sentido <input type="checkbox"/> Interno <input type="checkbox"/> Externo</p>	
<p>VI - CÁLCULO DE "e"</p> <p>$e = \frac{a \cdot \text{Sen } A}{\text{sen } E} \pm \overline{MN} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$</p> <p>$e = \frac{b \cdot \text{Sen } E}{\text{sen } D} \pm \overline{MN} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$</p>	

Nota: O valor de \overline{MN} deve ser positivo, quando \overline{AB} for medido pelo lado externo da curva, e negativo, no caso contrário.

Superelevação

Objetivando assegurar ao tráfego condições de segurança e conforto as rodovias apresentam nas curvas, seções inclinadas em relação ao plano horizontal, com o propósito de contrabalançar o efeito da aceleração centrífuga. Dá-se o nome de superelevação em um ponto da curva ao valor da tangente do ângulo formado pela reta de maior declive da seção com o plano horizontal. Usualmente, a superelevação é expressa em porcentagem.

O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais editado pelo DNIT aborda exhaustivamente o tema na subseção 5.4.5, discorrendo de forma detalhada sobre a conceituação e os critérios básicos pertinentes relativamente ao tema.

Especificamente estão tratados os seguintes tópicos:

- Variação da seção da pista na implantação da superelevação;
- Posição do eixo de rotação;
- Necessidade de superelevação;
- Valores mínimos e máximos a considerar;
- Valores de superelevação para raios acima dos mínimos;
- Valores de superelevação nas restaurações de rodovias;
- Transição da superelevação;
- Concordância das rampas de superelevação.
- Marcação da banquetta de visibilidade

A visibilidade em planta deve ser assegurada, quando economicamente exequível, por meio de alargamento de corte ou por meio de banquetta de visibilidade.

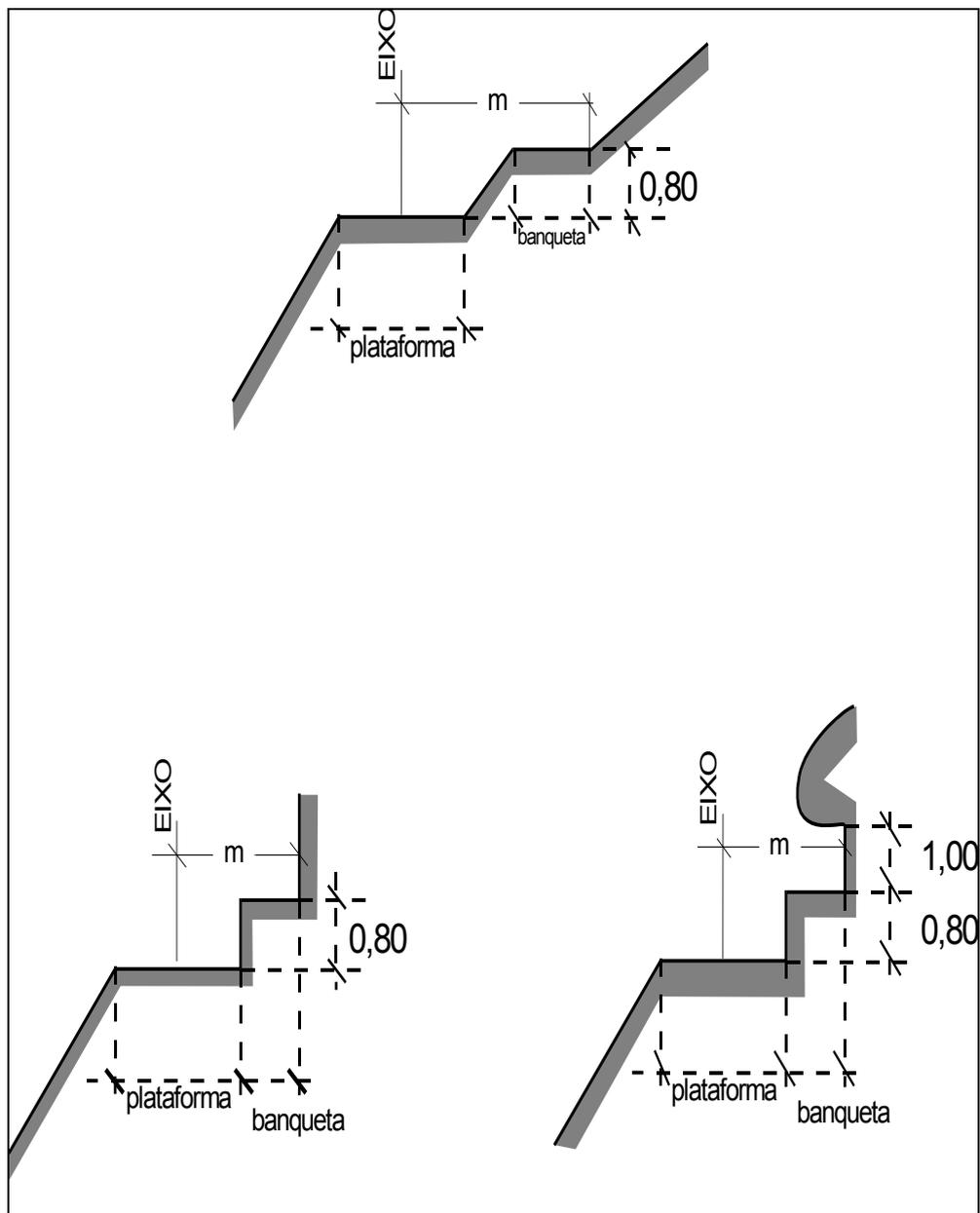
Para essa finalidade deve ser utilizada a distância de visibilidade simples, que é a metade da distância de visibilidade dupla, indicada nas Normas para o Projeto de Estradas de Rodagem.

Quando não for possível assegurar essa visibilidade, deve-se proceder a uma adequada sinalização.

As banquetas devem ter 0,80 m de altura e largura constante, no trecho circular calculado com base no Quadro 2, que dá a distância livre que se deve ter, a partir do eixo da rodovia, na altura de 0,80 m, para que se obtenham as distâncias de visibilidade exigidas pelas Normas, para as regiões planas, onduladas ou montanhosas. Nos trechos em transição, a largura da banqueta deve variar proporcionalmente à distância, a partir do TS ou ST.

A Figura 31 mostra os tipos de banquetas usuais, conforme a natureza dos materiais do corte.

Figura 31 – Tipos de banquetas de visibilidade



- Elaboração da Nota de Serviço de Terraplenagem

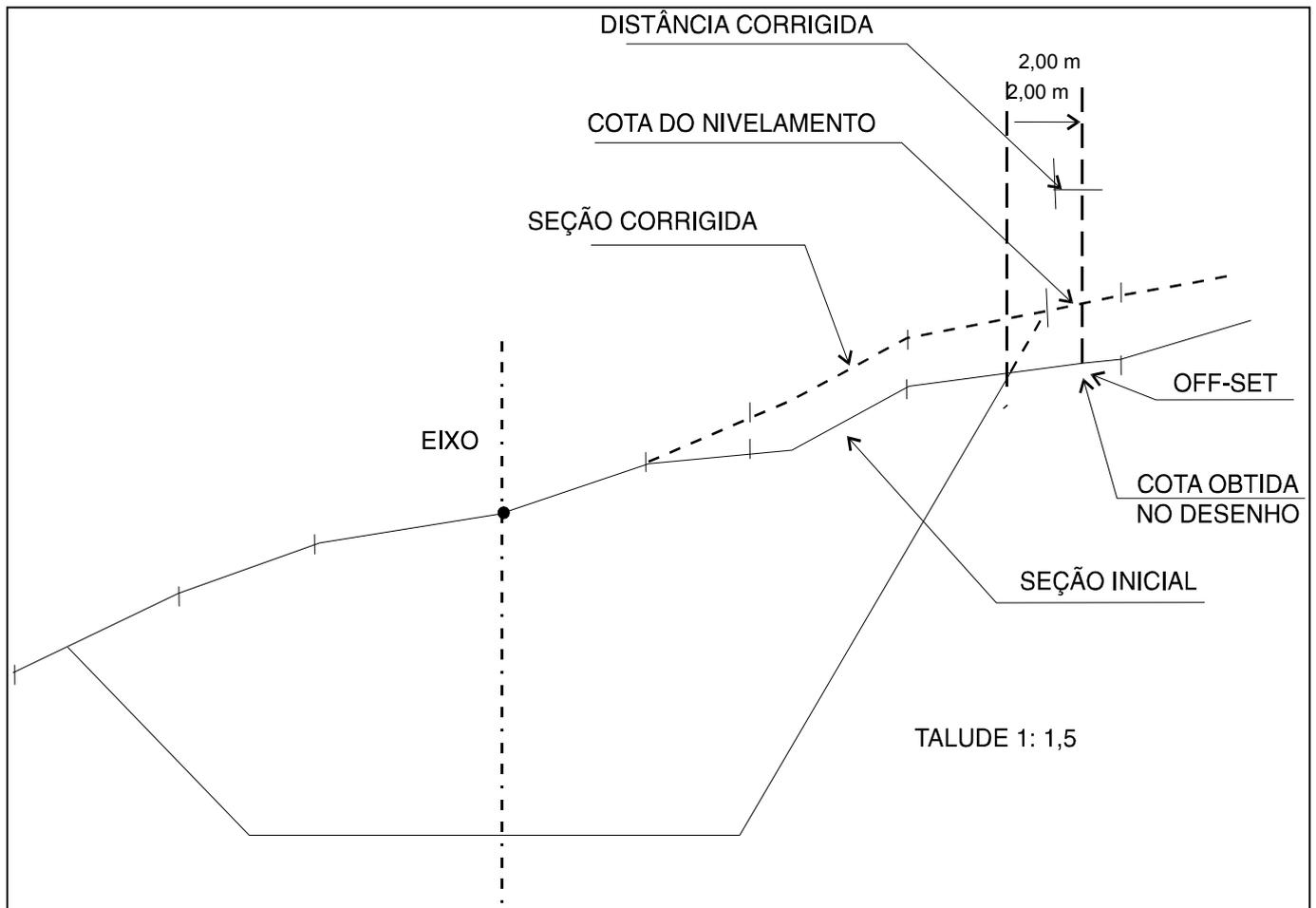
Desenhadas as seções transversais e lançados os gabaritos, considerando-se a superlargura, a superelevação e, eventualmente, a banquetta de visibilidade, determina-se graficamente os off-sets, pontos afastados 2,0 metros das cristas dos cortes e dos pés dos aterros.

No campo, o topógrafo procede à marcação, através de piquetes e testemunhas, do off-set da esquerda e da direita de cada estaca. Esses piquetes são nivelados e contranivelados, admitindo-se, para fechamento, um erro máximo de 0,02 m por quilômetro de extensão nivelada.

Em cada seção transversal marcam-se os off-sets com as cotas obtidas no nivelamento. Havendo diferença inferior a 0,40 metros entre as cotas obtidas na seção transversal e as do nivelamento, procede-se à correção do desenho da seção transversal, mediante distribuição do erro pelos segmentos da seção compreendidos entre o eixo e o off-set que apresentou diferença de cota. Diferenças superiores a 0,40 m não são toleradas, sendo necessário efetuar novo levantamento da seção transversal.

Corrigido o desenho da seção transversal, a distância entre o off-set e a crista do corte ou o pé do aterro já não deve ser mais 2 metros. Esta nova distância deve ser medida graficamente para figurar na Nota de Serviço de Terraplenagem (ver Figura 32).

Figura 32 – Seção transversal corrigida



O modelo de Nota de Serviço de Terraplenagem é apresentado no Quadro 2, na folha que se segue:

Quadro 2

NOTA DE SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT

Rodovia:

Trecho:

Subtrecho:

Estaca	Elementos do		Semilargura da		E I X O				Off-set esquerdo					Off-set direito				
	Projeto		Plataforma		Cota do		Cota Vermelha		Distância ao Eixo	Distância ao Talude	Cota	Corte	Aterro	Distância ao Eixo	Distância ao Talude	Cota	Corte	Aterro
	Planta	Perfil	Esquerda	Direita	Terreno	Greide	Corte	Aterro										
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Observações:

Colunas:

1 - Conterá as estacas locadas; 2 - Indicação do PC, PT, TS, SC, CS, ST, ρ_e c, R, AC, bem como a largura da banqueta de visibilidade; 3 - Indicação de PCV, PIV, PTV, i, y, e.4 - Conterá as semilarguras da plataforma.

5 - Cota de terreno no eixo; 6 - Cota do projeto do eixo; 7 - Coluna 5 menos coluna 6; 8 - Coluna 6 menos coluna 5;

9 - Distância do off-set esquerdo ao eixo; 10 - Distância do off-set esquerdo à crista do corte ou pé do aterro; 11 - Cota do off-set;

12 - Diferença de cotas entre o off-set esquerdo e a borda esquerda da plataforma, medida graficamente na seção transversal, no caso de corte; 13 - Mesmo que a coluna 12, no caso de aterro e 14 a 18 - Semelhante às colunas 9 a 13, referindo-se ao off-set direito..

Com a Nota de Serviço, procede-se à marcação dos off-sets no campo. Para isso, devem ser colocadas, junto aos off-sets dos aterros, varas com cruzetas na parte superior, de modo a indicar a altura a ser atingida pelo aterro. Os pés do aterro também devem ser marcados com pequenas varas. Nos off-sets de corte marcam-se nas estacas testemunhas as alturas a cortar e colocam-se pequenas varas nas futuras cristas dos cortes. A determinação dos pés dos aterros e das cristas dos cortes deve ser feita, medindo-se, na normal ao eixo, a partir dos off-sets, a distância fornecida pela Nota de Serviço (ver coluna 10 ou 15 do Quadro 2).

O cálculo dos volumes de terraplenagem na locação deve ser feito com base nas seções transversais e com os gabaritos de cortes e aterros lançados de acordo com o greide definitivo, utilizando o método da média das áreas, conforme subseção 4.7 - “Projeto de Terraplenagem”.

- Nota de Serviço para construção de bueiros

Fixados os pontos em que devem ser construídos os bueiros e determinados os seus elementos característicos, confeccionam-se Notas de Serviço, conforme Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Nota de serviço para construção de bueiro

Estacas (1)	Cota Terreno (2)	Cota Projeto		Corte (5)	Aterro (6)	Observações (7)
		Fundo D'água (3)	Fundação (4)			
						Início da Vala de Entrada Início da Calçada Início do Corpo da Obra Fim do Corpo da Obra Fim da Calçada Fim da Vala de Saída

Observações:

Coluna 1 - Estacas da locação do eixo do bueiro, de 5,0 em 5,0 metros, a começar (zero) da interseção com o eixo de rodovia, em direção a montante e jusante. Além dessas, devem ser dadas as estacas de início da vala de entrada, do início da calçada, do início do corpo da obra, do fim da calçada e do fim da vala de saída, tiradas do projeto.

Coluna 2 - Cota das estacas locadas.

Coluna 3 - Cota da parte inferior do corpo da obra (fundo d'água).

Coluna 4 - Cota de fundação, ou seja, o nível superior da calçada.

Colunas 5 e 6 - Diferenças entre as cotas de terreno e da fundação.

Coluna 7 - Observações citadas.

Quadro 4 – Ordem de serviço de bueiro

Rodovia:	
Trecho:	
Subtrecho:	
Firma:	
Ordem de Serviço da Obra-de-Arte Corrente nº.:	
Tipo da Obra:	Estaca:
Escondidade:	Declividade:
Comprimento da Montante Cm:	Jusante Cj:
Elementos no Eixo da Estrada:	Cota do Greide Cg:
	Cota da Linha do Fundo d'água Cp:
	Altura do Aterro Cg-Cp:

4.4.3. Produtos finais

De conformidade com o disposto nas mencionadas “Diretrizes Básicas”, em termos de “produtos finais”, os “Estudos Topográficos” devem ser constituídos da seguinte documentação:

4.4.3.1. Relatório Preliminar - Aerofotogrametria (formato A4/A3)

a) Relatório dos estudos preliminares

- Relatório descritivo dos trabalhos realizados;
- Apoio terrestre com monografia dos marcos de apoio implantados;
- Aerotriangulação;
- Jogo de aerofotos na escala de 1:15.000;

- Fotoíndice da cobertura aerofotográfica;
- Plantas da restituição aerofotogramétrica na escala de 1:5.000;
- Arquivos no formato DGN da restituição aerofotogramétrica;
- Arquivo ASCII.

4.4.3.2. Relatório Preliminar – Topografia convencional (formato A4/A3)

a) Relatório dos estudos preliminares

- Relatório descritivo dos trabalhos realizados;
- Planta das linhas de exploração na escala de 1:5.000, ou em outra escala aprovada, com curvas de nível compatíveis com a escala da planta, indicando todos os acidentes de ocorrências levantados;
- Perfil das linhas de exploração nas escalas: horizontal, igual à da planta, e vertical, dez vezes maior;
- Arquivo tipo DXF das plantas e perfis, compatíveis com “softwares” de CAD.

4.4.3.3. Relatório final da fase de Projeto Básico – Topografia convencional (formato A4/A3)

a) Relatório do Projeto Básico

- Relatório descritivo dos trabalhos realizados;
- Monografia dos marcos da poligonal de apoio básico com as correspondentes coordenadas LTM;
- Monografia da rede de apoio com as correspondentes coordenadas LTM e altitudes.

b) Memória justificativa do Projeto Básico

- Relatório Técnico.

c) Projeto Básico de Execução

- Desenhos e plantas relativas aos estudos realizados;
- Plantas e perfis do levantamento planialtimétrico cadastral, na escala de 1:2.000;
- Plantas e perfis do levantamento planialtimétrico cadastral, na escala de 1:200, nos locais de travessias e interseções;
- Arquivo tipo DXF das plantas e perfis, compatíveis com “softwares” de CAD.

4.4.3.4. Relatório final - Aerofotogrametria (formato A4/A3)

a) Relatório do Projeto Básico

- Relatório descritivo dos trabalhos realizados.

b) Memória justificativa do Projeto Básico

- Apoio terrestre com monografia dos marcos de apoio implantados;
- Aerotriangulação.

c) Projeto Básico de Execução

- Jogo de aerofotos na escala de 1:8.000;
- Fotoíndice da cobertura aerofotográfica;
- Plantas de restituição aerofotogramétrica na escala 1:2.000;
- Arquivos no formato DGN da restituição aerofotogramétrica;
- Arquivo ASCII.

4.4.3.5. Relatório final (formato A1/A3/A4)

a) Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência

- Resumo dos estudos realizados.

b) Projeto (executivo) de Execução

- Plantas na escala de 1:2 000, com curvas de nível de 1,00m em 1,00m, indicando todos os acidentes e ocorrências levantadas;
- Perfil da linha de locação, nas escalas 1:2 000 (H) e 1:200 (V);
- Desenhos das seções transversais, na escala de 1:200;
- Desenhos dos levantamentos das ocorrências de materiais, cursos d'água, interseções;
- Arquivos tipo DXF, das plantas e perfis, compatíveis com “Softwares” de CAD.

c) Memória Justificativa

- Memória descritiva e justificativa dos estudos realizados.

4.5. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

4.5.1. Objetivo

Os estudos geotécnicos objetivam:

- No que se refere ao subleito, a identificação, determinação de características tecnológicas e classificação dos materiais a serem escavados de rodovias não implantadas, visando fornecer subsídios para a execução da terraplenagem, estudos de drenagem subterrânea e futuro projeto de dimensionamento do pavimento.
- No que se refere às ocorrências e às caixas de empréstimos, visam à determinação de suas características tecnológicas e à seleção de materiais para utilização na fase de terraplenagem, na complementação dos aterros, por insuficiência do volume de cortes ou para melhoria dos materiais aplicados nas camadas finais.

4.5.2. Elaboração dos estudos

Devem ser desenvolvidos em duas fases, a saber, a Fase Preliminar e a Fase Definitiva, devendo ser observado o que se expõe nas subseções 4.5.2.1, 4.5.2.2.

4.5.2.1. Fase Preliminar

Os Estudos Geotécnicos nesta fase consistem em:

a) Estudo do subleito

Tomando como base os estudos geológicos realizados e os perfis geológicos das faixas de alternativas de traçados escolhidas, deve ser procedido então um estudo mais detalhado.

O perfil geológico de cada faixa alternativa define as formações geológicas, das quais são originados os materiais ao longo do perfil estudado.

Para cada formação encontrada, cabe a execução de sondagens nos pontos mais altos dos cortes, em intervalos a serem definidos (500 m a 1000 m), que devem atingir profundidades compatíveis com a possível cota do greide no local.

Assim, ao longo do eixo do traçado selecionado e baseado em seu Projeto Geométrico (Básico), devem ser executadas sondagens no corpo estradal, devidamente espaçadas, localizadas de forma a se ter, no mínimo, uma sondagem representativa em cada corte, atingindo a profundidade de 1,0 m abaixo do greide do projeto geométrico. As amostras coletadas em cada furo, nos diversos horizontes de material, devem ser objeto de ensaios de caracterização (limites físicos e granulometria), compactação e ISC.

No caso de impossibilidade de coleta de amostras nos pontos mais altos dos cortes, devem ser executadas sondagens próximas aos PP, até atingir a profundidade da cota do greide, submetendo-se as amostras colhidas a ensaios de caracterização, compactação e ISC.

Deve ser executada, no mínimo, uma sondagem nas seções centrais das gargantas das linhas selecionadas, com o objetivo da definição da profundidade da rocha, espessura da camada de solo, classificação dos materiais, seguindo-se o mesmo procedimento nas encostas íngremes, zonas coluviais e de tálus.

Nas áreas de solos compressíveis e nos locais de implantação dos aterros, devem ser determinadas as espessuras médias das camadas moles e os valores preliminares da coesão e do coeficiente de adensamento, obtidos por sondagem e ensaios especiais, conforme as determinações contidas na Norma DNER PRO 381/98 – Projeto de Aterros sobre Solos Moles para Obras Viárias.

As sondagens nos cortes para verificação do NA devem ser de, no mínimo, três furos, um em cada ponto de passagem (PP) e o outro no meio do corte, todos até a profundidade de 1,50 m abaixo da cota do subleito.

b) Estudo de ocorrências de materiais

Nesta fase preliminar, o estudo das ocorrências deve compreender: inspeção expedita no campo; sondagens e coleta de amostras e ensaios de laboratório.

Neste sentido, nas ocorrências julgadas aproveitáveis pelos estudos geológicos e pela inspeção de campo, devem ser feitos os seguintes serviços:

Cinco a dez furos de sondagem na periferia e na parte central da área delimitada, convenientemente localizados até a profundidade necessária ou compatível com os métodos de extração adotados. Em cada furo de sondagem e para cada camada, deve ser coletada uma amostra suficiente para a realização dos ensaios de caracterização, compactação e ISC.

Devem ser anotadas as cotas de mudança de camadas, adotando-se uma denominação expedita que as caracterize. Assim, o material aparente e imprestável, constituinte da camada superficial, deve ser identificado com o nome genérico de capa.

Os outros materiais próprios para uso devem ser identificados pela denominação corrente no lugar, como: saibro, cascalho, seixos e outros.

Deve ser feito um croqui da amarração dos furos de sondagem, anotando-se as distâncias aproximadas entre os mesmos e a posição da ocorrência, em relação à rodovia em estudo.

As ocorrências existentes em exploração comercial devem ser, também, prospectadas e avaliadas nesta fase.

Uma ocorrência pode ser considerada satisfatória para a prospecção definitiva quando, pelo menos, partes dos materiais existentes satisfizerem às especificações vigentes ou quando se revelar a possibilidade de correção por mistura e, ainda, quando seu volume for superior a 10 000 m³.

– Empréstimos laterais

Em se tratando de empréstimos laterais o estudo preliminar dos materiais é substituído por informações obtidas sobre o tipo de solos ocorrentes, quando do estudo ao longo do subleito (do eixo: cortes e aterros).

Devem ser determinadas áreas dentro da faixa de domínio, onde haja provável ocorrência de materiais com características tecnológicas satisfatórias, atendendo aos tipos de solos para utilização como material de empréstimo.

Não dispondo a faixa de domínio de materiais satisfatórios (solos e rochas) para os fins desejados em qualidade e quantidade, deve ser procedida a procura de ocorrência de materiais fora da faixa de domínio, adotando-se os mesmos critérios de caracterização, cubação, exploração e amarração já mencionados.

Os estudos geológicos devem sempre orientar os procedimentos referentes às pesquisas de formações que apresentem características próprias para sua utilização como material de empréstimo, levando também em consideração o fator econômico.

– Areais e pedreiras

As amostras de areia devem ser submetidas aos seguintes ensaios: granulometria; teor de matéria orgânica; e equivalente de areia.

As amostras de pedreiras devem ser submetidas aos seguintes ensaios: abrasão los angeles; índice de forma; e adesividade.

No caso de ocorrências de rocha, a inspeção preliminar e a amostragem devem seguir o preconizado na Norma DNER-PRO 257/99 - Estudos e Amostragem de Rochas em Pedras para Fins Rodoviários.

No caso de materiais lateríticos, devem ser realizados ensaios para determinação da relação sílica-sesquióxido.

Outras sondagens podem ser executadas em pontos nos quais a geologia indicar, para fins de confirmação de observações e dados decorrentes de levantamentos geofísicos.

As sondagens devem ser executadas com equipamentos que possibilitem obter volumes necessários de materiais para a realização dos ensaios de caracterização e Índice de Suporte de Califórnia, para cada camada do corte e do subleito.

Os ensaios devem ser realizados de acordo com os métodos especificados pelo DNIT.

As sondagens devem ser efetuadas através de poços, trado e percussão, incluindo o uso de equipamento que permita a obtenção de maior quantidade de amostras a maiores profundidades.

Devem ser apresentados boletins de sondagens e quadros-resumo de resultados de ensaios com os elementos obtidos dos perfis geológicos e, desses resultados, devem ser elaborados perfis geotécnicos sumários.

Com os dados anteriormente expostos, a geotecnia pode ter uma visão, não somente quanto à utilização dos materiais de cortes para construção de aterros, como também concluir quanto aos problemas de desmonte da terraplenagem (1ª, 2ª e 3ª categorias), além de fornecer orientação sobre o valor do Índice de Suporte dos solos de subleito.

4.5.2.2. Fase de Projeto Executivo

O Estudo Geotécnico, nesta fase, consta das atividades discriminadas a seguir.

a) Estudo do subleito e cortes

- Elaboração de plano de sondagem e investigações

A partir da locação do eixo do traçado fixado pelo projeto básico geométrico, devem ser realizados estudos dos materiais componentes dos cortes e do subleito.

Os perfis de reconhecimento geológico do projeto básico informam, preliminarmente, sobre a homogeneidade dos solos encontrados, sua formação e predominância de suas características físicas (solos siltosos, arenosos ou argilosos).

Assim, a partir do reconhecimento geológico-geotécnico da faixa do projeto, deve ser elaborado o plano de sondagens ou de investigações, a ser discutido e previamente aprovado pela Fiscalização da Superintendência Regional ou da Coordenação de Projetos da CGDESP/DNIT. A distribuição, espaçamento e número das sondagens/ensaios “in situ” e de laboratório devem ser orientados, em função das características específicas de cada trecho e recomendações expostas a seguir:

- Investigações geotécnicas e realização de ensaios de laboratório

Os materiais a serem movimentados da terraplenagem, bem como os materiais constituintes do subleito devem ser caracterizados geotecnicamente, através da realização de investigações, nos tipos e quantidades suficientes, a serem definidas no plano de sondagens/investigações.

As sondagens e coleta de amostras dos cortes e subleito devem ser efetuadas conforme as recomendações a seguir:

- Realização de sondagens, com coleta de amostras ao longo dos segmentos de corte, incluindo horizontes subjacentes ao greide de terraplenagem previsto para fins de orientação na elaboração dos projetos geotécnico/terraplenagem e drenagem profunda, conforme orientações a seguir:
- Furos de sondagem com espaçamentos variáveis em segmentos de corte, máximo de 150 m, respeitando o número mínimo de furos de sondagens conforme o Quadro 5 a seguir:

Quadro 5 – Número mínimo de furos de sondagens

Extensão do Corte	Número Mínimo de Furos de Sondagens
Até 120 m	1 furo
120 a 200 m	2 furos
200 a 300 m	3 furos
300 a 400 m	4 furos
Superior a 400 m	1 furo a cada 150m

- Os furos devem ser distribuídos de forma a abranger o segmento inicial, o central e o segmento final do corte;
- Em trechos cujos perfis longitudinais acompanham o terreno natural (greide colado), greide de rodovias implantadas e ainda aterros com altura inferior a 0,60 m, o espaçamento máximo dos furos de sondagem deve ser de 200 m;
- A profundidade a ser sondada, para fins de coleta de amostras, deve atingir 1,0 m abaixo do greide (de terraplenagem) do projeto geométrico. Deve ser coletada uma amostra representativa para cada horizonte de material de todo furo de sondagem e, caso não ocorra variação, deve ser coletada uma amostra a cada 3,0 m sondados.
- Os casos especiais, que exijam a realização de sondagens fora do eixo locado, devem ser considerados em separado, de acordo com as suas condições peculiares.
Se, após a realização das sondagens em corte, for constatada a insuficiência de pontos de sondagens programadas, devem ser efetuadas sondagens complementares, intermediárias, de

preferência em pontos equidistantes, de duas sondagens já executadas, para uma perfeita identificação dos diferentes horizontes dos solos ocorrentes.

Da mesma maneira, se as condições já descritas indicarem deficiência para proceder à classificação dos solos, devem ser estudados pontos intermediários entre os já existentes.

- Procedimentos a serem adotados nas sondagens

Espaçamento das sondagens

1º caso: espaçamento menor ou igual a 200 m;

2º caso: espaçamento maior do que 200 m.

1º (caso): Executar uma sondagem no meio do corte ($e = L/2$) e uma sondagem em cada ponto de passagem de corte para aterro.

O croqui da Figura 33 indica a posição das sondagens, onde a distância entre os pontos de passagem de corte para aterro está representada por L e o espaçamento, em metros, entre dois pontos consecutivos de sondagem por e . Para o caso de acentuada assimetria do perfil do corte, isto é, quando a cota vermelha máxima está muito afastada do meio do corte, a sondagem deve ser executada no ponto da cota vermelha máxima, conforme indica a Figura 34.

Figura 33 – Posição das sondagens – $L \leq 200$ m

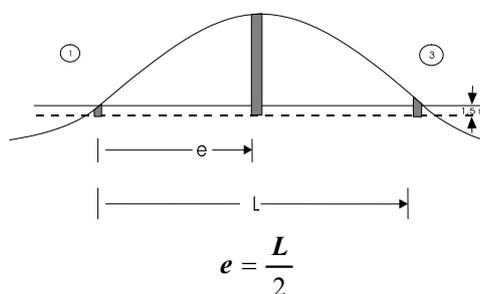
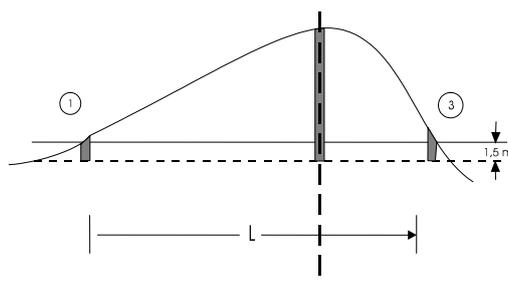


Figura 34 – Posição das sondagens – Perfil assimétrico



2º (Caso): Executar sondagens em número e espaçamento determinados segundo as fórmulas abaixo:

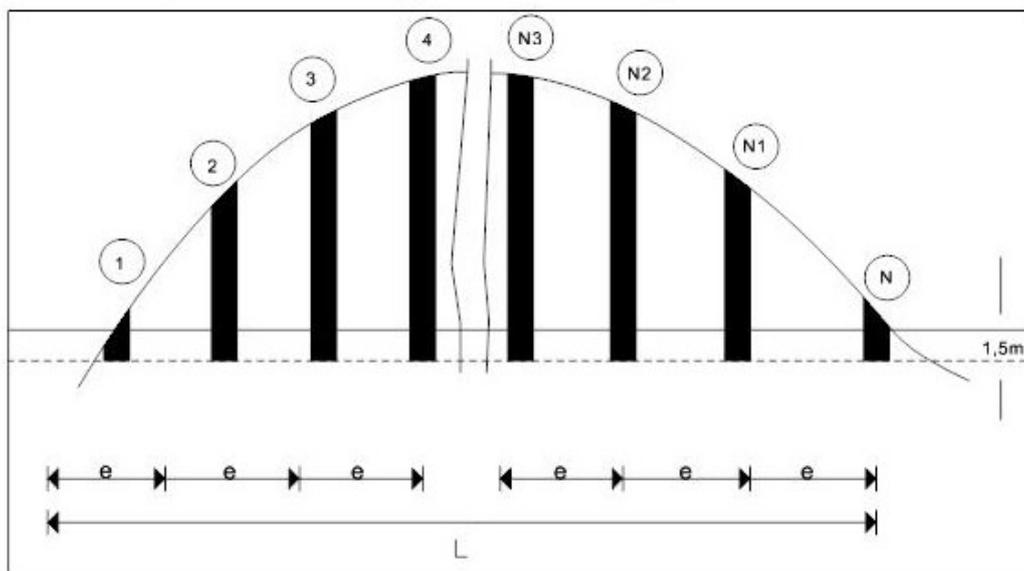
$$N = \frac{L'}{100} + 2 \quad e = \frac{L}{N-1} \quad e \leq 100$$

Em que: L = comprimento do corte, medido em metros, ao longo do desenvolvimento do greide, entre os pontos de passagem do corte para aterro;
L' = L menos a dezena do valor de L, em metros;
e = espaçamento entre dois pontos consecutivos de sondagem, em metros;
N = número de pontos de sondagem em corte.

O croqui da Figura 35 indica a posição das sondagens.

Em ambos os casos devem ser inicialmente executados as sondagens nos pontos de passagem de corte para aterro, prosseguindo-se com as demais, no sentido do centro do corte.

Figura 35 – Posição das sondagens – L > 200 m



- Tipos de sondagens a executar

As sondagens devem ser executadas pelos seguintes processos, onde a profundidade (x) da sonda é expressa em metros.

- Para $x < 4$ m, tentar a sondagem a trado (concha) manual, para retirada de amostra. Na impossibilidade da retirada de quantidade suficiente com o uso de trado manual, executar poços de sondagem com pá e picareta, até a profundidade adequada;
- Para $4 \text{ m} < x < 8 \text{ m}$, fazer os primeiros $(x - 4)$ metros em poço a pá e picareta, e os outros 4 metros, a trado manual. Na impossibilidade do uso do trado manual, continuar a sondagem em poço, a pá e picareta;
- Para $x > 8$ m executar os 8 metros iniciais, segundo as indicações dos parágrafos I e II acima, sendo o restante feito mediante o emprego de equipamento especial (a percussão ou a rotação com equipamento de amostragem de solos).

Quando o tipo de solo permitir, o operador experiente pode prosseguir a sondagem a profundidades maiores que as acima indicadas, utilizando o trado manual.

Sempre que a sondagem a trado, poço ou percussão, desenvolvendo-se em camada de solo, atingir material impenetrável, tais como rocha, bloco de rocha ou matacão, em cota superior ao greide projetado, deve ser interrompida, passando a se proceder conforme se segue:

- Trado ou Percussão: fazer outros furos a trado ou percussão, em círculos, de raios crescentes, a partir de dois metros, tendo como centro o furo inicial, em número de três, se necessário, e obedecendo ao espaçamento definido pela fiscalização. Os resultados destes furos podem indicar a presença de matacão, bloco de rocha ou lençol de rocha.
- Poço: se o material encontrado no fundo do poço for impenetrável a picareta, enxadão ou outro tipo de ferramenta deve ser tentado retirar uma amostra do fundo da escavação, visando sua identificação. Havendo impossibilidade de se reconhecer a ocorrência de matacão, bloco de rocha ou lençol de rocha, deve ser utilizado o procedimento do item anterior, usando-se trado ou percussão em pontos julgados necessários.

Finalizada a execução de todas as sondagens, no caso de ainda ocorrer em dúvidas sobre a continuidade e profundidade do lençol de rocha, devem ser feitos levantamentos sísmicos, de preferência em pontos equidistantes de duas sondagens executadas, objetivando uma delimitação mais precisa do referido lençol ou definindo se a constatação de rocha é devida à presença de matacões.

– Coleta de amostras e ensaios

- Caracterização

Deve ser coletada, em cada furo de sondagem, para cada camada de solo, uma amostra representativa, para a realização dos ensaios de granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade e umidade natural, de acordo com os métodos descritos nas normas do DNIT.

A coleta deve ser procedida em pontos espaçados de 100 m, atendendo à sequência: eixo, borda direita, eixo, borda esquerda, eixo etc.

Os solos podem ser classificados por critérios relativos à formação geológica, visando à identificação daqueles que apresentam o mesmo comportamento.

Assim, as informações geológico-geotécnicas analisadas em conjunto permitem o grupamento de solos com características geológico-geotécnicas idênticas, como também, a mesma classificação de solos segundo a TRB - Transportation Research Board.

Os solos de mesma caracterização geológica constituem solos originários de um mesmo material matriz, tendo horizontes semelhantes e, essencialmente, as mesmas características ao longo do perfil, exceto quanto à textura do horizonte superficial.

Os solos do mesmo grupo geológico que apresentarem a mesma classificação geotécnica (TRB) formarão o tipo de solo.

A critério do projetista podem ser utilizadas outras classificações de solos, de acordo com as características apresentadas, tais como: a classificação de solos finos tropicais; classificação unificada; e classificação quanto à resiliência, que constam do Manual de Pavimentação do DNIT.

- Compactação e Índice de Suporte

Em face do perfil de solos, deve ser programada a coleta de amostras de solos ao longo do futuro corte, inclusive subleito, pela escolha de pontos para a realização de ensaios de compactação e do Índice de Suporte Califórnia (ISC), atendendo ao número mínimo de nove ensaios para cada tipo de solo.

Os ensaios de compactação e do Índice de Suporte Califórnia devem ser realizados de acordo com os métodos prescritos pelas normas do DNIT.

No caso dos materiais dos cortes, o conhecimento de suas características visa à aplicação futura como material de aterros (corpo e topo) e como material de fundo de cortes em solos e em rocha.

Os pontos de coleta, visando à realização dos ensaios de compactação e ISC, devem ser utilizados, também, para coleta de amostras para os ensaios de caracterização.

Nos casos em que for necessária maior rapidez na coleta, em relação à realização dos ensaios, o que gera mais armazenagem superior à área disponível, é admitida amostragem em duas fases, procurando fazê-las sempre nos mesmos pontos.

As quantidades de amostras para os ensaios de caracterização, compactação e Índice de Suporte Califórnia, assim como outros ensaios necessários, acham-se definidas nas normas de Método de Ensaio do DNIT.

- Quadro resumo dos resultados dos ensaios

Os resultados dos ensaios realizados devem ser apresentados no "Quadro-Resumo dos Resultados de Ensaios", de acordo com o modelo do Quadro 6.

Ainda, com referência ao estudo dos materiais dos cortes, incluindo o subleito, deve ser apresentado um "Boletim de Sondagem", de acordo com o modelo do Quadro 7, onde deve constar, também, a presença do lençol d'água até a profundidade de 1,50 m abaixo do greide. Este deve ser o critério básico para a recomendação de instalação de drenos profundos nos cortes; todavia, o projetista pode recomendar sua instalação, justificadamente, com base em outros elementos, que possam favorecer a acumulação d'água, tais como textura relativa dos solos, condições topográficas, geológica etc.

Quadro 6 – Quadro resumo dos resultados de ensaios

FURO N°																							
POSIÇÃO																							
REGISTRO																							
PROFUNDIDADE (m)		DE																					
		ATÉ																					
GRANULOMETRIA	% PASSANDO	2"																					
		1"																					
		3/8"																					
		N° 4																					
		N° 10																					
		N° 40																					
		N° 200																					
LL																							
IP																							
IG																							
GRUPO HRB																							
TIPO DE SOLO																							
.... GOLPES	h _{ót}																						
	$\gamma_{s\text{máx}}$																						
	EXPANSÃO																						
	ISC																						
IS																							
UMIDADE NATURAL																							
QUADRO - RESUMO DE RESULTADOS DE ENSAIOS																							
RODOVIA:																							
TRECHO:																				CÓDIGO:			
SUBTRECHO:																							

Quadro 7 – Boletim de sondagem

ESTACA Nº	POSIÇÃO	REGISTRO Nº	PROFUNDIDADE (m)		CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	NÍVEL DO LENÇOL D'ÁGUA
			DE	ATÉ		
BOLETIM DE SONDAAGEM						
RODOVIA:					TERRENO NATURAL E/OU SUBLEITO	
TRECHO:						CÓDIGO
SUBTRECHO:						

- Análise Estatística

Tomando como referência o "Quadro-Resumo dos Resultados de Ensaios" e para trechos com extensão máxima de 20 km, os solos de mesmo tipo devem ser grupados, e para cada grupo (ou subgrupo), deve ser feita uma análise estatística dos valores de limite de liquidez, índice de plasticidade, umidade ótima, massa específica aparente seca máxima, I.S.C., expansão e umidade natural. Para esta análise estatística é necessário que, de cada uma as características citada, haja pelo menos, 9 (nove) valores individuais.

Quadro 8 – Análise estatística de resultados de ensaios

GRUPOS DE SOLOS (1)								
CARACTERÍSTICA		N (2)	\bar{X} (3)	δ (4)	μ_1 (5)	μ_2 (6)	X_{\min} (7)	X_{\max} (8)
GRANULOMETRIA	% PASSANDO	2"						
		1"						
		3/8"						
		Nº 4						
		Nº 10						
		Nº 40						
		Nº 200						
LL								
IP								
EA								
γ_s máx.								
$h_{ót}$								
ISC								
EXPANSÃO								
h_{nat}								
ANÁLISE ESTATÍSTICA DE RESULTADOS DE ENSAIOS								
RODOVIA:					EMPRÉSTIMO Nº.			
TRECHO:								CÓDIGO
SUBTRECHO:								

Ideal seria dividir a rodovia em estudo em trechos, segundo o critério unicamente geológico, isto é, em extensões que reunissem solos da mesma origem. Tal divisão poderia levar a trechos muito longos ou excessivamente pequenos. A fixação de uma extensão máxima de 20 km para os trechos em questão serve para prevenir variações maiores dos valores representativos das características geotécnicas dos solos dos trechos.

No caso de ocorrerem subtrechos muito pequenos e próximos, de solos da mesma origem geológica, convém tratá-los conjuntamente, como se contíguos fossem.

De um modo geral, chamando $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ os valores individuais de qualquer uma das características citadas, tem-se:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (1) \qquad \delta = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (2) \qquad \mu_1 = \bar{X} - \frac{1,29 \delta}{\sqrt{N}} \quad (3)$$

$$\mu_2 = \bar{X} + \frac{1,29 \delta}{\sqrt{N}} \quad (4) \qquad X_{\min} = \mu_1 - 0,68 \delta \quad (5) \qquad X_{\max} = \mu_2 + 0,68 \delta \quad (6)$$

Onde:

X = valor individual;

N = número de valores individuais.

Calculados \bar{X} e δ , pelas fórmulas (1) e (2), verifica-se se há algum valor individual X fora do intervalo $\bar{X} + 2,5 \delta$ (no caso de $9 < N < 20$) ou, do intervalo $\bar{X} + 3 \delta$ (no caso de $N > 20$); caso afirmativo, estes valores devem ser desprezados, refazendo-se os cálculos de \bar{X} e δ .

Em sequência, organizam-se, então, para cada grupo de solos, quadros correspondentes à "Análise Estatística dos Resultados de Ensaios", de acordo com o modelo do Quadro 8.

Tendo em vista os resultados obtidos com a análise estatística, fixa-se a utilização dos diferentes grupos de solos, que podem ser empregados no corpo dos aterros, no subleito ou destinados a bota-fora. Verifica-se, também, nesta ocasião, de acordo com os valores de suporte dos materiais, se há necessidade de rebaixamento dos cortes, com substituição por material apropriado, e a que profundidade o mesmo deve ser feito.

Nas colunas, numeradas de 1 a 8 do Quadro 8, constam respectivamente:

Coluna nº 1: as diferentes características dos solos;

Coluna nº 2: os números de amostras ensaiadas, tendo em vista a obtenção de valores individuais de cada uma destas características;

Coluna nº 3: as médias aritméticas calculadas de acordo com a fórmula (1) das diversas amostras de N elementos ou valores individuais;

Coluna nº 4: os desvios-padrão δ calculados de acordo com a fórmula (2) das diversas amostras de N elementos ou valores individuais;

Coluna nº 5: as estimativas das médias do universo das diferentes características, calculadas de acordo com a fórmula (3), quando se objetiva estimar um valor mínimo. No caso de valores

I.S.C., esta média tem o significado de um mínimo para projeto, porque os I.S.C., já são medidos numa condição mínima de compactação;

Coluna nº 6: as estimativas das médias de universo das diferentes características calculadas de acordo com a fórmula (4), quando se visa estimar um valor máximo;

Coluna nº 7: as estimativas dos valores mínimos, calculados, estatisticamente, de acordo com a fórmula (5);

Coluna nº 8: as estimativas dos valores máximos, calculados, estatisticamente, de acordo com a fórmula (6).

Nota: Nesta fase de projeto, o valor decisivo para seleção de solos, dimensionamento do pavimento etc, é o valor I.S.C. Os demais elementos servem de orientação ao projetista e à fase de controle de execução.

- Perfis de solos de cortes, incluindo subleito

Para as rodovias não implantadas deve ser apresentado um perfil de subsolo (modelo da Figura 36), obtido a partir da exploração do mesmo para reconhecimento de cortes e subleito.

Esta representação deve ser feita numa das seguintes escalas:

1:1 000 na horizontal e 1:100, na vertical;

1:500, na horizontal e 1:50, na vertical.

Deve ser representado o perfil natural do terreno, bem como o greide de projeto da terraplenagem terminada e a cota do lençol freático, quando este for atingido na sondagem.

Os materiais de 1ª categoria são caracterizados e classificados segundo o TRB, e os resultados correspondentes, que constam do perfil, referem-se unicamente aos solos encontrados no intervalo de profundidade em que é coletada a amostra. A extensão do perfil, em que se supõe que o mesmo material ocorra, deve ser representada por indicação de textura, conforme a convenção sugerida a seguir (Figura 37).

Os materiais de 2ª categoria devem ser representados pelas convenções dos componentes predominantes, como blocos de rocha, matacões, rochas alteradas e solos em geral, após sua determinação pelo processo de sísmica de refração, eventualmente auxiliado pelo de eletrorresistividade ou pelo de sondagem rotativa.

Da mesma maneira, os materiais de 3ª categoria devem ser representados pela convenção de rocha, após sua determinação pelo processo de sísmica de refração, eventualmente auxiliado pelo de eletrorresistividade ou pelo da sondagem rotativa.

Figura 36 – Representação de materiais de 1ª categoria

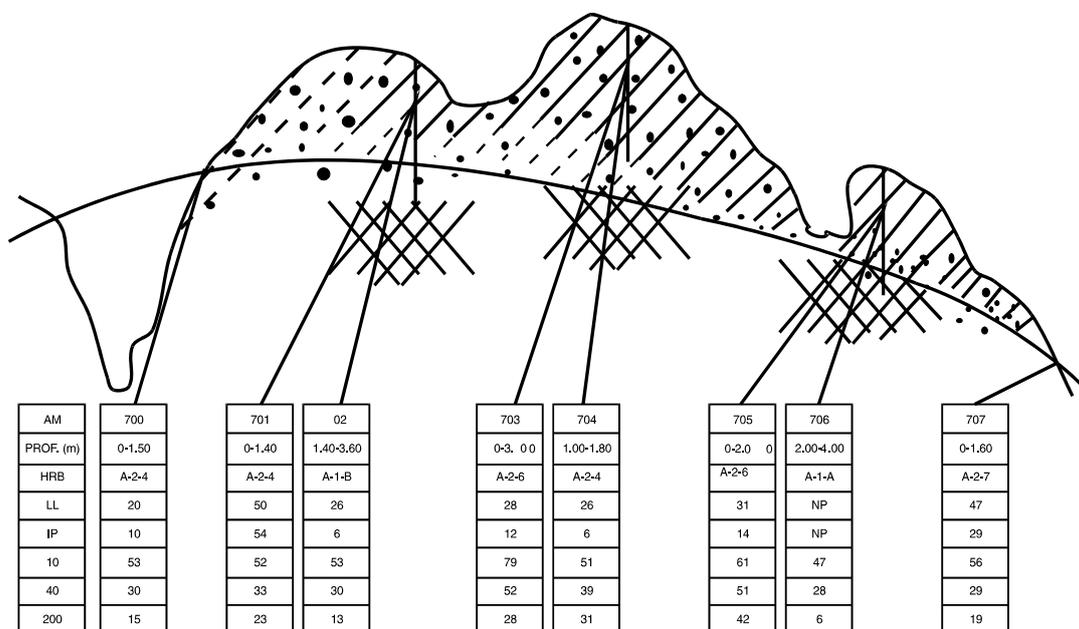
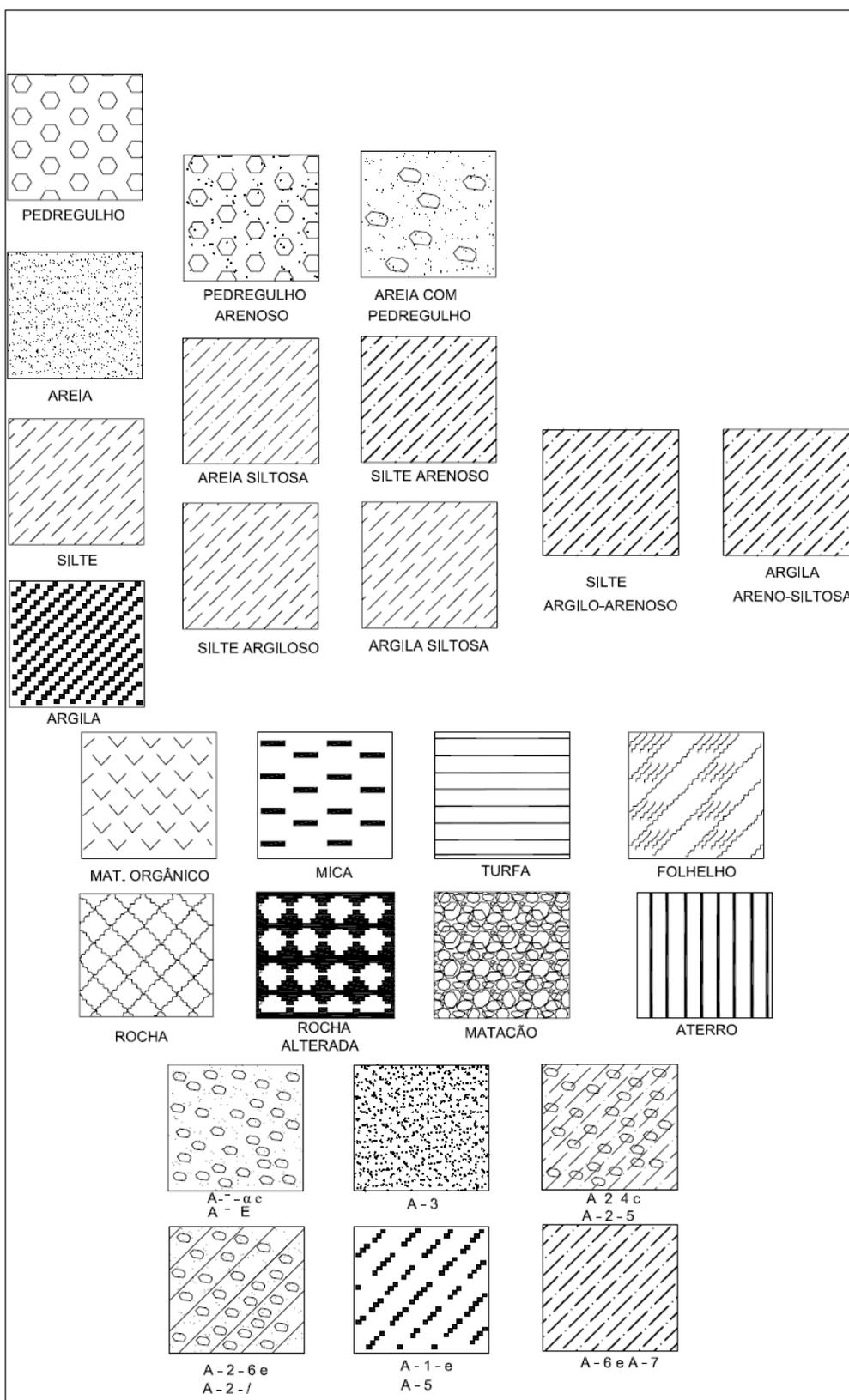


Figura 37 – Convenções para representação de solos e rochas



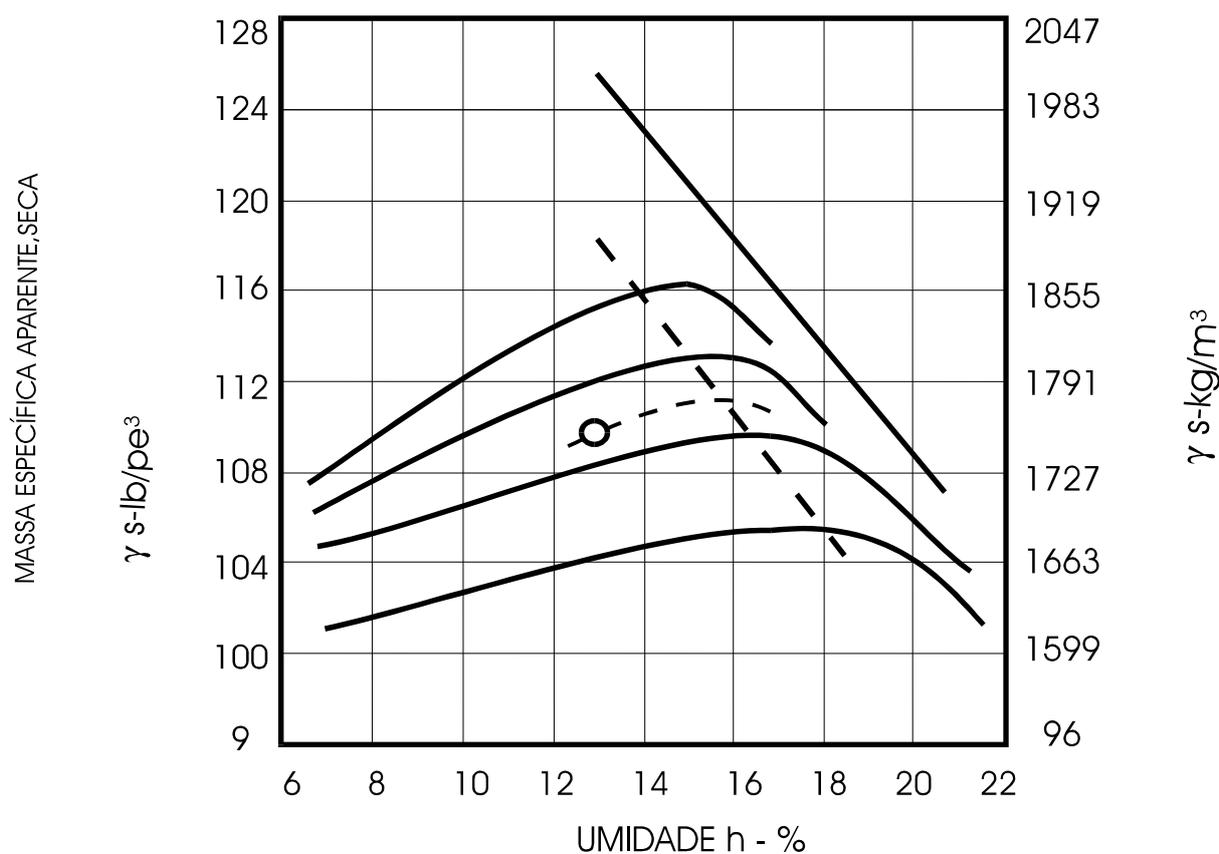
Para cada um dos tipos de solos selecionados para análise estatística, deve ser estudada e apresentada uma família de curvas de compactação (adotada a energia do ensaio de compactação recomendado nas competentes "Especificações de Serviços", do DNIT), com o objetivo de facilitar o controle de compactação na fase de execução. Estas famílias de curvas são apresentadas de acordo com o modelo da Figura 38.

As curvas de compactação para uma determinada ocorrência, traçadas para uma dada energia de compactação num mesmo gráfico, apresentariam teoricamente os pontos máximos das curvas situados a distâncias uniformes da curva de saturação. Assim, uma linha traçada pelos pontos máximos das curvas seria aproximadamente paralela à curva de saturação. Entretanto, quando dados deste tipo são lançados no gráfico, embora se note uma tendência geral, algumas e importantes discrepâncias podem ser encontradas. O processo para compensar estas discrepâncias é estabelecer a média de todos os resultados de ensaios para curvas de compactação dentro de certos limites. Por exemplo, na Figura 38, a curva inferior representa a média de todas as curvas de compactação com os pontos máximos situados entre 1663 kg/m^3 e 1727 kg/m^3 . A segunda curva representa a média de todos os ensaios obtidos com valores situados entre 1727 kg/m^3 e 1791 kg/m^3 .

As curvas de compactação deste tipo são usadas da seguinte maneira: suponha-se que uma amostra de solo tirada do subleito foi compactada pelos processos normais, atingindo a massa específica aparente seca de 1743 kg/m^3 e que sua umidade natural era de 13%. Após lançado este ponto no gráfico da família de curvas de compactação, vê-se que fica entre a 2ª e 3ª curvas. Como as curvas de compactação são aproximadamente paralelas e, uma vez que os pontos máximos das curvas coincidem com uma linha, a curva de compactação do solo ensaiado pode ser estimada, como indica a linha tracejada da figura. A massa específica aparente seca máxima do solo é, portanto, 1783 kg/m^3 e a umidade ótima é 16%.

O valor real da massa específica aparente seca e a umidade do solo do subleito (determinados pelo método do frasco de areia) podem ser comparados ao valor máximo para se determinar se a compactação atingiu o nível especificado. Segundo este processo, as discrepâncias de resultados de ensaios provenientes de ligeira variação de características de solo são reduzidas ao mínimo.

Figura 38 – Curvas de controle de compactação



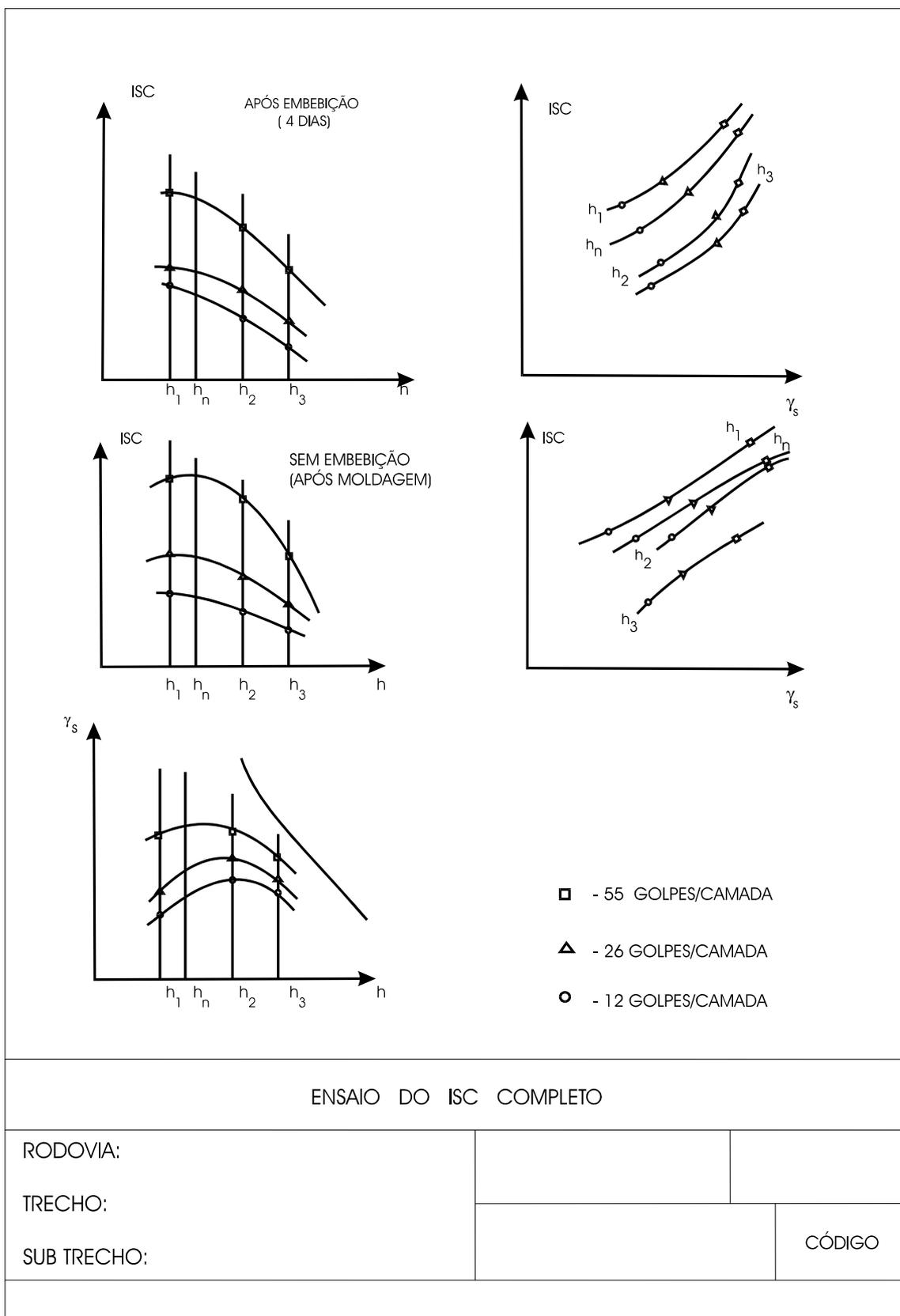
CURVAS DE CONTROLE DE COMPACTAÇÃO

- Estudo Especial de I.S.C.

Para cada um dos tipos de solos destinados a funcionar como subleito deve ser feito um estudo especial de I.S.C. (I.S.C. completo), fazendo-se variar a densidade e a umidade de moldagem. Devem ser realizados ensaios do I.S.C., utilizando três energias de compactação (12, 26 e 56 golpes), de acordo com o método preconizado pelo DNIT.

O ensaio I.S.C. completo orienta o projetista, no que se refere à sensibilidade dos solos, à compactação, à umidade de moldagem e à embebição. Este ensaio deve ser apresentado, de acordo com o modelo da Figura 39.

Figura 39 – Ensaio ISC completo



Nota: O tema está tratado de forma mais detalhada na seção 5 – Materiais utilizados e incorporados à implantação de rodovia, nas subseções 5.5, 5.6 e 5.7.

b) Estudo de ocorrências de materiais

- Empréstimos laterais
 - Em zonas de corte

Devem ser executadas sondagens, de acordo com o preconizado para cortes, exceto quanto à localização e à profundidade, respectivamente, em relação ao eixo e em relação ao greide.

No sentido longitudinal, os pontos de sondagem devem ser localizados sobre as normais ao eixo, nos pontos em que foram realizadas as sondagens para os cortes sobre o eixo, por ocasião do estudo dos cortes, incluindo o subleito. Nos trechos em curva, as sondagens para empréstimos localizadas na parte externa devem apresentar espaçamento maior do que 100 metros, fixado como espaçamento máximo entre as sondagens no eixo, o que, para o fim em vista, não deve ser levado em consideração. Para as áreas de empréstimo com extensão de até 200m, devem ser feitas, no mínimo, três sondagens.

Transversalmente, os pontos de sondagem devem ser afastados do eixo de uma distância Y (Figuras 40 e 41), dada por:

$$Y = \frac{P}{2} + h + 3,00 + \frac{X}{2}$$

Em que:

$$X = \frac{F}{2} - \left(\frac{P}{2} + h + 5,00\right)$$

Sendo:

Y = afastamento do ponto de sondagem, contado a partir do eixo, em metros;

F = largura da faixa de domínio, em metros;

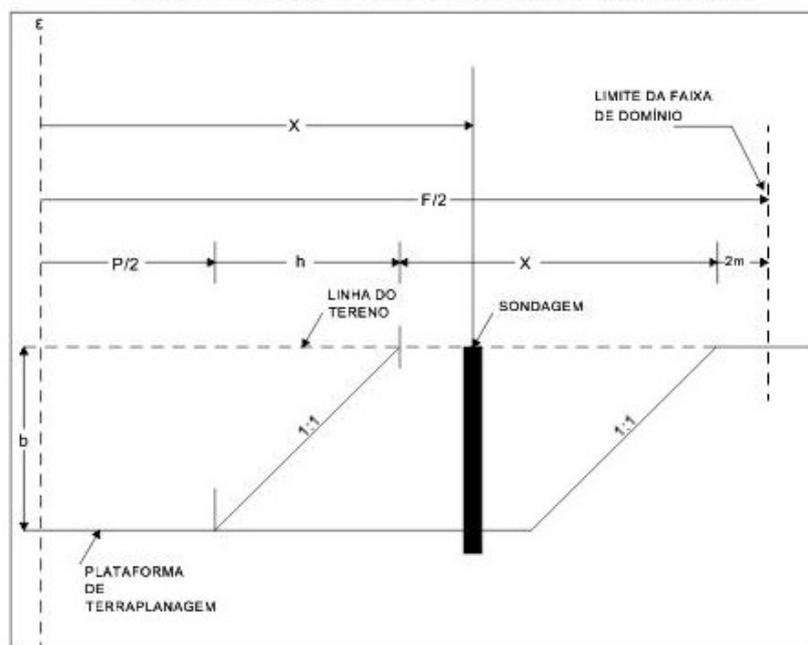
P = largura da plataforma de terraplenagem, em metros;

h = altura de corte, no eixo da seção transversal considerada, em metros;

X = largura da caixa de empréstimo na seção considerada, em metros.

Neste caso, entre o pé do aterro e a caixa de empréstimo deve ser mantida uma distância mínima de 5 m.

Figura 40 – Pontos de sondagens – Empréstimos – Zonas de corte



A distância de 2,00 m é a largura mínima da faixa entre a borda externa das caixas de empréstimo e o limite da faixa de domínio, segundo recomendações constantes nas competentes "Especificações de Serviços", do DNIT. Da mesma maneira, deve ser mantida entre a crista do corte e a caixa do empréstimo, uma distância mínima de 3,00 m.

Foi admitido, no caso, que o eixo da rodovia corresponde ao eixo de simetria da Faixa de Domínio.

As sondagens devem ser dos mesmos tipos recomendados para cortes, incluindo o subleito, atendidas as condições particulares para cada área de empréstimo.

As profundidades das sondagens devem ser obtidas através dos dados da seção transversal considerada, das cotas dos pontos de sondagem à cota da plataforma de terraplanagem, acrescida de cerca de 3 metros.

Os empréstimos laterais, em zonas de corte, devem limitar-se à cota do greide projetado.

- Em zonas de aterro

Longitudinalmente, em zonas estáveis, os pontos de sondagem devem ser sobre as normais do eixo.

Para áreas de empréstimos com extensão de até 200 metros devem ser feitas, no mínimo, três sondagens.

Transversalmente, os pontos de sondagem devem ser afastados do eixo de uma distância Y , dada por:

$$Y = \frac{X}{2} + \frac{P}{2} + 1,5h + 5,00$$

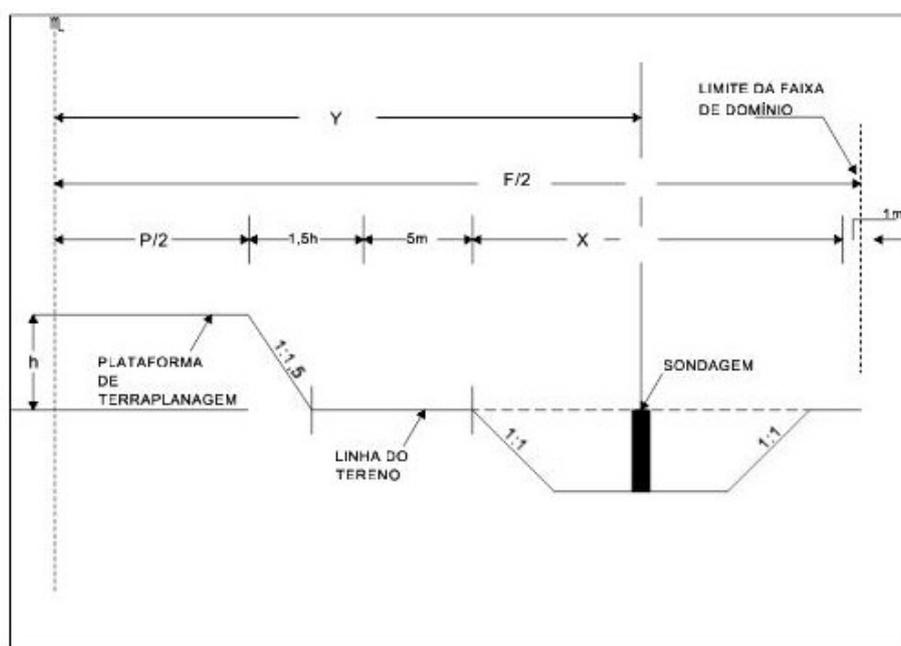
Em que:

$$X = \frac{F}{2} - \left(\frac{P}{2} + 1,5h + 7,00 \right)$$

h = altura do aterro, na seção considerada, em metros;

X = largura da caixa de empréstimo, na seção considerada, em metros.

Figura 41 – Pontos de sondagem – Empréstimos – Zonas de aterro



As sondagens devem ser do mesmo tipo recomendado para cortes, incluindo o subleito, atendidas as condições particulares de cada área de empréstimo.

As profundidades das sondagens devem ser fixadas em função das características geométricas e hidrogeológicas, hidrológicas e paisagísticas, respectivamente, da seção e do trecho em estudo, considerando-se os volumes de materiais necessários.

Os empréstimos laterais, em zonas de aterro devem limitar-se à altura máxima de aterro a ser estabelecida.

Nos pontos programados para a realização de sondagens para empréstimos deve ser feita a coleta de amostras, para a realização dos ensaios de caracterização, (granulometria, limites de liquidez e de plasticidade) e de umidade natural, de cada camada de solo encontrado.

Classificados os solos pelo TRB, de acordo com os ensaios de caracterização, determinam-se os tipos de solos ocorrentes na faixa (solos do mesmo grupo geológico e mesma classificação pelo TRB).

Com base no conhecimento dos tipos de solos encontrados, deve ser programada a realização de ensaios de compactação e I.S.C. para:

Construção do corpo do aterro;

Construção das camadas finais dos aterros;

Substituição do material do subleito dos cortes.

A coleta de amostras para os ensaios de compactação e ISC deve ser realizada simultaneamente à coleta das amostras para os ensaios de caracterização, orientada pelas informações geológicas e de classificação expedita no campo, objetivando a máxima economia de trabalho. Deve ser realizado um mínimo de nove ensaios para cada tipo previsto.

No caso de ocorrerem, num mesmo trecho, em zonas de corte ou de aterro, pequenas extensões não consecutivas, porém próximas, do mesmo tipo de solos, estas devem ser tratadas conjuntamente, como se fossem contíguas, a fim de permitir a realização do número mínimo recomendado para a análise estatística de resultados de ensaios.

No estudo dos empréstimos laterais situados em zona de corte e destinados exclusivamente ao corpo do aterro, pode-se dispensar a execução do Índice de Suporte Califórnia, bastando os ensaios de caracterização e compactação, sendo os ISC estimados por comparação com os valores obtidos para os mesmos tipos de solos na fase de estudo ao longo do eixo.

– Empréstimos fora da faixa de domínio

Os estudos dos empréstimos fora da faixa de domínio devem ser procedidos de modo idêntico aos já expostos, devendo ser levadas em consideração as informações geológicas e de classificação expedita no campo, objetivando a economia de trabalho.

– Areais e pedreiras

- Areais

Nos depósitos de areia devem ser feitos os seguintes ensaios: granulometria; teor de matéria orgânica e equivalente de areia.

- Materiais pétreos

Nas ocorrências de materiais pétreos (pedreiras) devem ser feitos os seguintes ensaios: abrasão los angeles; adesividade; durabilidade; ensaio de lâmina (para rochas basálticas); difração ao raio X (para rochas basálticas); e índice de forma.

No estudo dos materiais pétreos, deve ser observado o que recomenda a Norma ABNT NBR 06490, para reconhecimento e amostragem, para fins de caracterização das ocorrências de rochas.

De preferência, para não criar novos pontos de agressão ao meio ambiente, devem ser usadas pedreiras comerciais que já disponham de licença ambiental.

No caso de materiais lateríticos, devem ser realizados ensaios para determinação da relação sílica-sesquióxido.

– Ensaios específicos

- Família de curvas de compactação
- Para cada grupo de solos selecionados para análise estatística, deve ser estudada e apresentada uma família de curvas de compactação, com a energia adotada, objetivando facilitar o controle de compactação na fase de execução, cuja apresentação está indicada no estudo de cortes, incluindo o subleito.
- Estudo especial do ISC

Para o caso de empréstimos destinados às camadas do topo do aterro e à substituição das camadas definidas de cortes, deve ser realizado, para cada tipo de solo, o ensaio completo do ISC, idêntico ao exigido para estudo de cortes, incluindo o subleito.

- Densidade "in situ"

Visando o empolamento do material após escavação, devem ser realizados, em cada empréstimo indicado no projeto, no mínimo, cinco ensaios de densidade "in situ".

- Análise estatística

Para cada empréstimo, tomando como base o respectivo quadro-resumo de ensaio, deve ser feito o grupamento de solos, como previsto para cortes incluindo o subleito; e para cada um dos tipos ou grupos dos tipos obtidos, deve ser feita uma análise estatística dos valores de limite de liquidez, índice de plasticidade, umidade ótima, massa específica aparente máxima seca, ISC, expansão e umidade natural.

A análise estatística tem procedimento análogo à da realizada para corte, incluindo o subleito.

Organiza-se, para cada tipo de solo do empréstimo estudado, o quadro correspondente à Análise Estatística dos Resultados dos Ensaios, seguindo o Modelo do Quadro 8.

- Planta e características técnicas

Para cada empréstimo, deve ser apresentado, em tamanho A-3, o seguinte:

- Planta, indicando curvas de nível de metro em metro; localização e amarração precisa da malha de furos de sondagem, através de, no mínimo, dois marcos em relação ao eixo da rodovia; profundidade utilizável assinalada ao lado de cada furo; e área explorável;
- Quadro indicando volume utilizável, destino do material e valores médios de projeto dos resultados dos diversos ensaios.

- Confecção dos Quadros dos Boletins de Sondagem e do Resumo dos Resultados de Ensaios

Para todo empréstimo, devem ser apresentados Boletins de Sondagem e Quadro-resumo de Resultados de Ensaios, conforme modelos dos Quadros 6 e 7.

Quando os estudos preliminares se destinarem à elaboração do projeto básico, que fique limitado em uma fase distinta e isolado da que cronologicamente lhe deveria suceder (estudos definidos para projeto final), como, por exemplo, no caso dos estudos de viabilidade técnico-econômica, devem

ser apresentados os boletins de sondagem e quadro-resumo dos ensaios respectivos, de acordo com os mesmos modelos antes citados.

c) Estudo de fundação dos aterros

Toda vez que houver dúvida sobre a capacidade de suporte dos terrenos de fundação dos aterros, há necessidade de desenvolver-se estudo geotécnico especial, que defina a capacidade de suporte do terreno natural.

Este estudo consiste basicamente de: coleta de amostras através do amostrador Shelby; execução de sondagens SPT; determinação da espessura das camadas; determinação de umidade natural; determinação da massa específica aparente; determinação da massa específica real dos grãos; granulometria; limite de liquidez; limite de plasticidade; resistência à compressão simples; adensamento; e triaxial rápido.

Quando justificável, os ensaios de resistência à compressão simples e triaxial rápido podem ser substituídos por ensaios de cizometria (*vane shear*).

Devem ser feitas as comparações técnico-econômicas para as várias soluções de aterros sobre solos compressíveis, inclusive comparando as soluções de aterros com estruturas de concreto.

Para tanto, deve ser considerado o disposto na Norma DNER PRO 381/98 – Projeto de aterro sobre solos moles para obras rodoviárias, ou outra que vier a sucedê-la.

d) Estudo dos locais das fundações das obras-de-arte especiais

As sondagens para fundações das obras-de-arte especiais devem ser feitas de acordo com seguinte metodologia:

- Escolha dos locais em que se localizarão as obras-de-arte;
- Sondagens preliminares, a fim de definir o tipo estrutural a ser adotado na obra;
- Sondagens definitivas.

e) Estudo de estabilidade dos taludes

O trecho em projeto, considerando a estabilidade de taludes, deve ser dividido em subtrechos homogêneos e, em cada um deles, deve ser investigado, por amostragem, o comportamento dos

taludes dos cortes de altura superior a 5 m. O mesmo cuidado deve ser aplicado nos estudos dos locais de empréstimos e bota-foras.

Nota: O tema está tratado de forma mais detalhada na seção 5 – Materiais utilizados e incorporados à implantação de rodovia, nas subseções 5.5, 5.6 e 5.7.

4.5.3. Produtos finais

De conformidade com o disposto nas mencionadas “Diretrizes Básicas”, em termos de “produtos finais”, os “Estudos Geotécnicos” devem ser constituídos da seguinte documentação:

4.5.3.1. Relatório final do Projeto Básico

a) Relatório do Projeto Básico

- Texto com a concepção dos estudos realizados;
- Quadro resumo com os resultados dos ensaios realizados na fase preliminar dos estudos.

b) Memória justificativa

- Boletins das sondagens preliminares nos locais das obras-de-arte especiais.

c) Projeto Básico de Execução

- Croquis com indicação das características e das ocorrências de materiais.

4.5.3.2. Relatório final

a) Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência

- Texto, contendo a concepção do estudo e resumo dos resultados obtidos;
- Planilhas e gráficos com análises estatísticas dos levantamentos e ensaios realizados;
- Resultados de dosagens de misturas de solos;
- Resultados de eventuais dosagens de misturas asfálticas e de concreto de cimento Portland.

b) Memória Justificativa

Justificativa do detalhamento das alternativas aprovadas.

c) Estudos Geotécnicos

- Dados da avaliação da superfície do pavimento existente;
- Dados do levantamento deflectométrico do pavimento existente;
- Dados do levantamento de irregularidade longitudinal do pavimento existente;
- Folha-resumo de todos os ensaios efetuados;
- Boletins das sondagens definitivas nos locais de fundações de aterros;
- Boletins das sondagens definitivas nos locais das obras-de-arte especiais;
- Boletins das sondagens preliminares nos locais de eventuais estudos de estabilidade de taludes.

d) Projeto de Execução

- Seção transversal do pavimento;
- Croqui com indicação das características e localização das ocorrências de materiais;
- Diagrama com a representação das camadas e tipos de materiais indicados para as camadas do pavimento;
- Representação no perfil do projeto geométrico das características geológico-geotécnico dos materiais a escavar (no caso de implantação de rodovia).

4.6. PROJETO GEOMÉTRICO

4.6.1. Objetivo

O projeto geométrico visa a determinação das características técnicas das rodovias, tais como raios, rampas e largura da plataforma, de maneira que os traçados sejam considerados como entidades tridimensionais contínuas, de fluentes e gradativas mudanças de direção. A continuidade dos

traçados deve ser observada em planta e em perfil, devendo resultar em continuidade no espaço, mediante criteriosa coordenação de elementos planimétricos e altimétricos.

4.6.2. Elaboração do projeto

Devem ser desenvolvidos em duas fases, a saber: a Fase do Projeto Básico e a Fase do Projeto Executivo, devendo ser observado o que se expõe nas subseções 4.6.2.1 e 4.6.2.2.

4.6.2.1. Fase de Projeto Básico

O Projeto Geométrico, nesta fase de Projeto Básico, deve ser elaborado a partir dos estudos topográficos realizados, segundo o que dispõe a Instrução de Serviço IS-204: Estudos Topográficos para Projetos Básicos de Engenharia Rodoviária, das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária.

As características geométricas mínimas do projeto geométrico devem ser norteadas pelos Estudos de Tráfego, e devem atender às recomendações do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais vigente no DNIT.

O desenvolvimento das linhas do projeto geométrico deve obedecer, também, às recomendações dos estudos geológicos e geotécnicos, procurando minimizar os problemas construtivos.

O projeto geométrico, nesta fase, deve ser elaborado detalhadamente, de maneira a apresentar condição de ser locado na fase do projeto executivo, devendo constar o seguinte:

- Quadro de características técnicas e operacionais;
- Projeto em planta, na escala de 1:2.000, contendo: composição das curvas horizontais; elementos cadastrais; interseções; pontes e viadutos; e bueiros;
- Projeto em perfil, nas escalas de 1:2.000 (H) e 1:200 (V), contendo: composição das curvas verticais; rampas; pontes e viadutos; e bueiros;
- Seções transversais típicas da plataforma.

4.6.2.2. Fase de Projeto Executivo

O Projeto Geométrico, nesta fase de Projeto Executivo, deve ser elaborado a partir dos estudos topográficos realizados, segundo o que dispõe a Instrução de Serviço IS-205: Estudos Topográficos para Projeto Executivo de Engenharia Rodoviária, das mencionadas Diretrizes Básicas.

Este projeto deve constituir-se de:

- Projeto planialtimétrico, nas escalas de 1:2.000 (H) e 1:200 (V);
- Determinação das seções transversais do projeto, nas escalas de 1:200 ou 1:100;
- Detalhamento dos elementos especiais do projeto, tais como: retornos e acessos em nível; terceiras faixas de tráfego; e tapers.

Esclarecimentos pertinentes a estes três tópicos estão apresentados a seguir:

a) Projeto planialtimétrico

- Em planta
 - Eixo estaqueado de 20 m em 20 m, assinalando as estacas correspondentes aos quilômetros inteiros, bem como as estacas correspondentes às centenas de metros;
 - Indicar os rumos dos alinhamentos e as curvas numeradas, constando seus elementos em tabelas laterais;
 - Os pontos de segurança da linha devem ser todos amarrados, organizando-se, para eles, croquis laterais, o mesmo ocorrendo com as RRNN, que devem ter suas localizações e cotas assinaladas no projeto;
 - Representar as bordas da plataforma e as projeções dos off-sets hachurados em convenções, diferenciando cortes e aterros;
 - No caso de existência de 3^a faixa, esta deve ter sua indicação na planta. Devem ser representadas as linhas de transmissão de concessionárias no interior da faixa de domínio, com indicação da procedência e número das posteações;

- Representar as pontes, pontilhões com os nomes dos rios, acessos, interseções, passarelas e instalações para operação de rodovias existentes e a construir, com os nomes das localidades, indicando o número do volume e folhas que contém os projetos específicos; os bueiros devem ser indicados em convenções-tipo (linhas tracejadas), com a extensão total no pé do aterro e sua esconsidade. Outros dispositivos (valetas de proteção, corta-rios, caixas de empréstimo) devem ser representados, indicando onde se encontram e seus detalhes construtivos;
- Indicar o zoneamento paisagístico, assinalando as áreas de repouso, recreação, estacionamento e arborização, cujos detalhes devem ser apresentados em capítulo próprio. O mesmo tratamento deve ser dado aos postos de policiamento rodoviário e às balanças;
- A faixa de domínio deve ser representada em todas as pranchas, indicando-se os limites e suas coordenadas, em relação ao eixo. A altimetria da área compreendida pela faixa de domínio deve ser mostrada por curvas de nível, as quais, nos terrenos planos ou pouco ondulados, terão intervalos de 1 m ou menos, de modo a não deixar espaço maior que 2,5 cm, sem visualização no desenho original, no tamanho A1; nas regiões onduladas, fortemente onduladas e montanhosas devem ser indicadas curvas de nível de 5 m a 5 m.

– Em perfil

- Indicar a linha de terreno e do projeto, representando este a superfície do greide da pavimentação no eixo da plataforma;
- As estacas devem ser numeradas para cada 1 m e indicadas as porcentagens e comprimentos das rampas, o comprimento das projeções horizontais das curvas de concordância vertical (Y), o comprimento da flecha "e" das curvas verticais, quilômetros e cotas do PIV, PCV e PTV de cada curva vertical. As obras-de-arte especiais e os bueiros devem ser representados por convenções-tipo, indicando-se, para estes últimos, o seu tipo e seção e os dispositivos de drenagem por linhas em convenção. Deve ser representado o perfil geotécnico, com a classificação dos solos;
- No perfil devem ser, também, destacadas as extensões com soluções particulares (divergindo da seção transversal-tipo), para alargamento de cortes, escalonamento ou mudança de inclinação dos taludes.

b) Seções transversais típicas da plataforma

Devem ser levantadas e desenhadas as seções transversais tipo da plataforma, faixa de domínio, pontes e túneis, nas diversas características previstas para a rodovia, em tangente e em curva, mostrando o critério de distribuição da superlargura e da superelevação ao longo das concordâncias das curvas horizontais.

Devem ser levantadas e desenhadas as seções transversais indicando o terreno natural, a plataforma, as posições dos off-sets e taludes.

Deve ser desenhada a marcação da faixa de domínio, assimetricamente em relação ao eixo e em função da linha de off-sets, considerando eventual construção de outras pistas.

c) Detalhamento dos projetos especiais

São os constituídos por interseções, retornos e acessos, marcação de eventuais alterações da seção transversal da rodovia, bem como a indicação da localização das instalações para operação da rodovia.

4.6.3. Produtos finais

De conformidade com o disposto nas mencionadas “Diretrizes Básicas”, em termos de “produtos finais”, o “Projeto Geométrico” deve ser constituído da seguinte documentação:

4.6.3.1. Relatório final do Projeto Básico (formato A4/A3)

a) Relatório do Projeto Básico

- Memória descritiva e justificativa do projeto elaborado

b) Projeto de Execução

- Plantas e perfis nas escalas 1:2.000 (H) e 1:200 (V);
- Desenhos das seções transversais típicas;
- Plantas de detalhes.

c) Memória justificativa do Projeto Básico

- Memória descritiva e justificativa do projeto elaborado - texto, gráficos e quadros.

4.6.3.2. Relatório final (formato A4/A3)

a) Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência

- Texto – resumo do projeto elaborado.

b) Projeto de Execução

- Plantas e perfis nas escalas 1:2.000 (H) e 1:200 (V);
- Desenho das seções transversais, escalas 1:200 ou 1:100, contendo as seções do terreno, taludes de cortes e saias de aterro;
- Desenhos das seções transversais tipo;
- Desenhos dos projetos de retornos, acessos, tapers;
- Arquivos digitais das plantas, perfis e seções transversais, compatíveis com “Software” de CAD.

c) Memória justificativa

- Memória descritiva e justificativa do projeto elaborado - texto, gráficos e quadros.

4.7. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

4.7.1. Objetivo

O Projeto de Terraplenagem tem por objetivo: a determinação dos quantitativos de serviços de terraplenagem; a determinação dos locais de empréstimos e bota-foras, a caracterização precisa, em termos de todos os parâmetros geotécnicos dos materiais a serem utilizados; e a apresentação de quadros de distribuição e orientação do movimento de terra.

4.7.2. Elaboração do projeto

O Projeto de Terraplenagem deve ser desenvolvido em duas fases, a saber: Fase de Projeto Básico e a Fase de Projeto Executivo, devendo ser observado o disposto nas subseções 4.7.2.1 e 4.7.2.2.

4.7.2.1. Fase de Projeto Básico

Deve ser apresentado estudo preliminar de terraplenagem, com detalhamento compatível com a precisão do trabalho nesta fase.

Este estudo deve avaliar, cuidadosamente, as alternativas que se apresentem quanto à movimentação dos volumes de terraplenagem, de modo a ajustar, entre outras, as necessidades de empréstimos e bota-foras com disponibilidade de áreas para tal, levando ainda em conta os planos de urbanização e paisagismo existentes ou planejados, para mútua compatibilização, além da proteção ao meio ambiente. Considerar, também, a conveniência e possibilidade de deslocamentos longitudinais extensos de volumes de terra, para fins de compensação.

Iniciar pesquisas para a determinação de possíveis locais de caixas de empréstimos. Para tanto, identificar, com base em dados pré-existent, as áreas empregadas para obtenção de material de empréstimo para outras obras na região e verificar, ainda, a conveniência da localização de cada uma em relação ao projeto em foco, sob o duplo aspecto de distância e interferência com o tráfego urbano.

Considerar, também, os solos moles, identificados e quantificados nos estudos geotécnicos, conforme a Instrução de Serviço IS-206: Estudos geotécnicos. Tais estudos, adicionalmente, devem definir as soluções alternativas para construção de aterros sobre solos moles. Em sequência, com base em análise técnico-econômica, deve ser selecionada a solução mais adequada para cada caso.

4.7.2.2. Fase de Projeto Executivo

O Projeto de Terraplenagem, nesta fase, deve se constituir dos tópicos abordados na forma das alíneas “a” a “h”, a seguir expostas.

a) Considerações gerais

Neste título devem ser enfocados, em seus tópicos interferentes com este título, os Estudos Topográficos, os Estudos Geotécnicos e o Projeto Geométrico.

b) Seleção qualitativa de materiais da terraplenagem

Seleção qualitativa de materiais é o processo que visa destinar às camadas finais de terraplenagem (camada final dos aterros e subleito dos cortes) aqueles materiais locais que se apresentam, técnica e economicamente, como os mais favoráveis.

Quando se trata de estabelecer um critério de seleção qualitativa, basicamente devem ser consideradas no projeto as características mecânicas e físicas dos materiais, descritas a seguir.

c) Características de trabalhabilidade dos materiais

Geralmente, estabelece-se que as camadas finais de terraplenagem sejam executadas com materiais de 1ª categoria e os materiais de 2ª e 3ª categorias sejam empregados apenas no corpo dos aterros.

A rejeição de materiais de 2ª categoria nas camadas finais dos aterros e no subleito dos cortes, deve-se ao fato de estes materiais poderem apresentar comportamento duvidoso quanto à granulometria, e quando rochas alteradas tendem a se degradar com certa facilidade.

Os materiais de 3ª categoria têm suas restrições devido às irregularidades que sua eventual escavação, sem o devido controle, produz nas plataformas dos cortes, criando bolsões, ou devido ao tamanho dos blocos, quando empregados nas camadas superiores dos aterros.

Os problemas de drenagem estão associados ao fato de as rochas apresentarem, normalmente, diáclases, pelas quais as águas freáticas ascendem à plataforma. Nestes casos, a execução de drenos profundos longitudinais não resolve o problema, pois não se pode definir efetivamente um lençol freático. A solução para o problema consiste na adoção da prática executiva, descrita a seguir:

- Rebaixar de 10 cm a 40 cm o greide de terraplenagem dos cortes em rocha;
- Executar drenos profundos lateralmente à plataforma rebaixada;
- Executar drenos tipo espinha de peixe;
- Executar uma camada drenante na superfície rebaixada;
- Implantar a superestrutura sobre este sistema.

Em razão de sua granulometria, a utilização dos materiais de 3ª categoria na execução de aterros deve ser precedida de cuidados especiais, para evitar os problemas de fuga de finos nas camadas finais dos aterros.

Em termos de subleito dos cortes, a utilização de materiais de 2ª categoria pode ser permitida, desde que o dimensionamento do pavimento leve em consideração as eventuais particularidades e dificuldades de trabalhabilidade do material. Para os materiais de 3ª categoria, a solução de rebaixamento do greide e execução da camada drenante é praticamente imprescindível.

d) Características físicas dos materiais

A seleção qualitativa, em função das características físicas dos materiais terrosos da terraplenagem, é regida pelas propriedades dos solos relacionados à sua capacidade de suporte e à sua expansão.

Os dois parâmetros em causa podem ser determinados através do ensaio do Índice de Suporte Califórnia - ISC (Califórnia Bearing Ratio).

O ensaio de ISC consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração do pistão, num corpo-de-prova, de solo compactado sob certas condições de compactação, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada. “O Método DNER-049/94 define toda a sequência do ensaio do ISC e recomenda que seja adotado, para cada corpo-de-prova compactado e rompido, o maior dos valores determinados para as penetrações de 0,1” ou 0,2”.

Para efeito de projeto, é necessário correlacionar o ensaio de ISC ao de compactação, empregando-se, como valor de projeto de ISC, o ponto correspondente à umidade ótima do ensaio de compactação.

Expansão é a relação porcentual entre o acréscimo na altura do corpo-de-prova, após quatro dias de imersão em água e a altura do corpo-de-prova compactado, antes da imersão.

De maneira geral, são admitidos os seguintes valores extremos de expansão:

- Para camadas finais de terraplenagem, em cortes ou aterros: expansão < 2%.
- Para corpo de aterros: expansão < 4%.

Quanto à capacidade de suporte (ISC), recomenda-se o uso dos melhores materiais, dentre os disponíveis, nas camadas finais e mesmo no corpo dos aterros. Apresenta-se, a seguir, a correspondência usualmente adotada entre o valor do ISC e a qualidade do material.

Quadro 9 – Correspondência entre ISC e a qualidade do material

ISC (%)	QUALIDADE DO MATERIAL
≥ 60	Excelente
20 a 60	Muito Bom
10 a 20	Bom
5 a 10	Regular
2 a 5	Ruim
< 2	Péssimo

Nota: De uma maneira abrangente, a solução racional para a questão do Projeto de Terraplenagem se fundamenta em análise técnico-econômica, a qual envolve a concepção a ser adotada para a confecção do pacote do pavimento a ser sobreposto.

Os componentes ou etapas relevantes do processo envolvem a operação de destocamento (passível de eventual eliminação, no caso de aterros superiores a 2,00 m de altura), a seleção do material terroso a ser adotado, em termos de exigências a serem atendidas, relativamente ao valor do CBR e ao valor da expansão), e o grau de compactação a ser exigido, bem como as condições de acabamento e controle dos serviços executados.

Tal análise deve considerar dois enfoques, a saber:

- 1º) A execução de terraplenagem sem a perspectiva/programação de pavimentação respectiva em curto prazo.
- 2º) A execução de terraplenagem com a programação conjugada de execução da pavimentação "pari passu" com o avanço de terraplenagem.

No caso do 1º enfoque, as soluções a serem tratadas devem recair nas de menor custo.

e) Avaliação dos fatores de homogeneização

O fator de homogeneização é a relação entre o volume do material no corte de origem e o volume que este mesmo material ocupará no aterro, após ser compactado. Este fator normalmente é avaliado pela relação inversa das correspondentes densidades aparentes secas, ou seja:

$$Fh = \frac{D_{comp}}{D_{corte}}$$

Onde:

- D_{corte} : densidade aparente seca do material ocorrente no corte de origem (densidade "in situ");
- D_{comp} : densidade aparente seca do material, extraído do corte, após compactação no aterro.

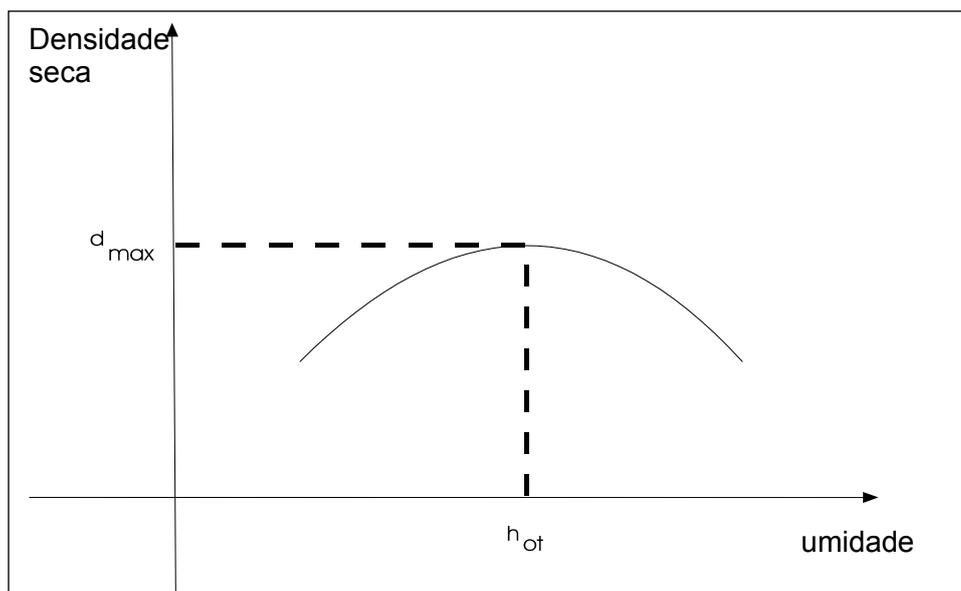
A determinação da densidade aparente seca de um material "in situ" (D_{corte}) pode ser feita através de vários métodos, destacando-se os seguintes:

- O método do frasco de areia (Norma DNER-ME 092/94) - Utilizado com maior frequência;
- O método do balão de borracha (Norma DNER-ME 036/94);
- O método do óleo (Norma DNER-ME 037/94).

Nota: Na forma do disposto em B.3.2, constante no Anexo B deste Manual, evidencia-se a importância do fator Fh no tratamento do tema, por isto que a sua determinação, através do processo estatístico, deve estar contemplada por adequado dimensionamento da amostra representativa, com vistas à obtenção de um valor preciso e confiável.

Para avaliar a densidade do material no aterro, após compactação (D_{comp}), realiza-se o ensaio de compactação, em laboratório, conforme a Norma DNER-ME 162/94, e obtém-se a curva de compactação do solo ensaiado de acordo com a Figura 42 adiante:

Figura 42 – Curva de compactação



A ordenada do ponto máximo da curva ($D_{sm\acute{a}x}$) corresponde ao teor de umidade ótica (h_{ot}), que representa a condição ideal de compactação a ser reproduzida no campo.

Pode ser ainda definido o conceito de grau de compactação (GC), como a relação entre a densidade obtida no campo, após compactação, e a densidade seca máxima de laboratório, ou seja:

$$GC = \frac{\text{densidade de campo}}{D_{sm\acute{a}x}}$$

Em geral, as especificações fixam o grau de compactação mínimo de 100% do Proctor Intermediário para as camadas finais e de 100%, para o corpo dos aterros, em relação à densidade máxima do Proctor Normal.

Finalmente, a estimativa da densidade do material no aterro, após compactação, é:

$$D_{comp} = \frac{D_{sm\acute{a}x} \times GC}{100}$$

Na prática, costuma-se trabalhar com valores médios de D_{corte} e D_{comp} , para segmentos de características geológicas homogêneas, aplicando-se ainda um fator de segurança, usualmente de 5%, para compensar perdas durante o transporte dos materiais de terraplenagem e possíveis excessos na compactação.

É comum, também, com o objetivo de simplificar, adotar um único grau de compactação, para fins de cálculo, igual a 100%. A expressão final para o cálculo do fator de homogeneização é:

$$F_h = \frac{1,05 \times (D_{comp})_{média}}{(D_{corte})_{média}} \qquad F_h = \frac{1,05 \times (D_{smáx})_{média}}{(D_{in-situ})_{média}}$$

Nota: Este tema é retomado na abordagem referente à segmentação do diagrama de Brückner, constante no Anexo correspondente.

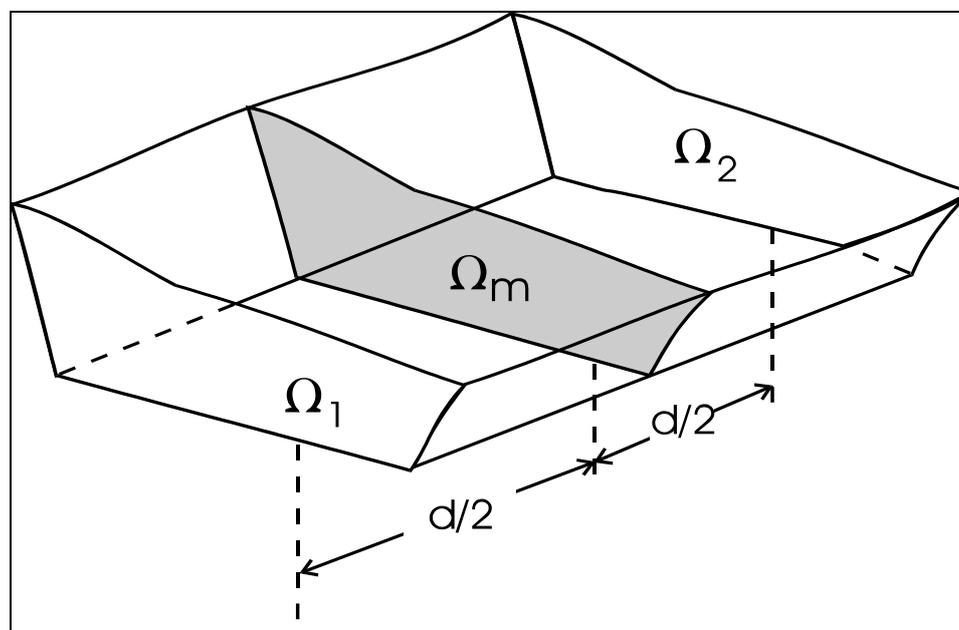
f) Cálculo de cubação do movimento de terra, com a classificação dos materiais escavados

– Considerações gerais

O cálculo de volumes de cortes e aterros é feito através de processos expeditos ou precisos. Na fase de projeto executivo, onde há necessidade de maior detalhamento, empregam-se os processos precisos; já na fase de projeto básico, devido ao seu caráter aproximado, utilizam-se os processos expeditos.

Os procedimentos para cálculo dos volumes consistem em determinar o volume do prisma por duas seções transversais consecutivas, como mostra a Figura 43:

Figura 43 – Cálculo do volume do prisma por duas seções transversais consecutivas



Nota: Detalhes referentes à seção transversal estão enfocados na subseção 4.6 - Projeto Geométrico.

O cálculo do volume é elaborado a partir das áreas das seções transversais, pela aplicação do método da média das áreas:

$$V = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} \times l$$

Onde l é o espaçamento entre duas seções subsequentes.

Observa-se que a avaliação das áreas das seções transversais é o que realmente determina, com maior ou menor precisão, o processo de cálculo, como se apresenta a seguir.

– Cálculo das áreas das seções transversais

- Processos expeditos

Os processos expeditos têm a vantagem de não requerer, para o seu emprego, o desenho e gabaritação de todas as seções transversais. Consistem em se deduzir expressões analíticas, que fornecem o valor das áreas das seções, em função da cota vermelha e declividade transversal do terreno em cada seção. O livro “Curso de Estradas,” de Carvalho, M. Pacheco, apresenta expressões de cálculo para as áreas de corte ou aterro e para seções mistas.

Um processo bastante simplista consiste em considerar sempre horizontal a linha do terreno (declividade transversal), fazendo o cálculo das áreas de cortes ou aterros como função exclusiva da cota vermelha. A expressão geral, aplicável a qualquer situação, seria:

$$\Omega = \left(2 \times l + \frac{h}{i} \right) \times h$$

- Processos precisos

Dois métodos, de boa precisão, podem ser aplicados na determinação das áreas das seções transversais na fase de projeto: o método mecânico e o método computacional.

No método mecânico, o cálculo das áreas é feito através da utilização do aparelho chamado planímetro, que possui um dispositivo com o qual é possível percorrer todo o contorno da seção transversal e determinar sua área. Este método, apesar de fornecer bons resultados, face à escala usual de desenho das seções transversais na fase de projeto (1:200), apresenta como inconvenientes a obrigatoriedade do desenho e gabaritação das seções transversais.

Os processos computacionais apresentam-se como uma boa opção, desde que se disponha de um computador e de uma rotina de cálculo adequada, configurada através de um programa (*software*) apropriado.

É comum executar levantamentos das seções transversais a régua, obtendo-se cotas do terreno a intervalos de 3 m. Os dados deste seccionamento transversal, juntamente com a cota vermelha, abaulamento transversal, largura de plataforma e declividades dos taludes, são fornecidos como "dados de entrada" ao programa para cálculo da área de cada seção através de processos convencionais, ordinariamente adotados, tais como a Regra de Simpson.

– Influência das Operações de Limpeza

Nos trechos a serem construídos em terrenos virgens, é necessário que se faça a remoção, antes de qualquer operação de terraplenagem, de todas as espécies vegetais e também da camada superior do terreno (camada vegetal) de características geotécnicas inadequadas para fins rodoviários.

Como as operações de limpeza removem a porção superior do terreno natural, então:

- Para seção de corte efetiva e, conseqüentemente, o volume com que se pode contar, é obtida pela diferença entre a área total e a área resultante da remoção da camada superior, ou seja:

$$(\Omega_{\text{corte}}) \text{ efetiva} = (\Omega_{\text{corte}}) \text{ total} - (\Omega_{\text{camada}}) \text{ superior};$$

- Para as seções em aterro, o processo é o inverso: a remoção da camada vegetal é feita antes da execução do aterro e torna a área efetiva, e conseqüentemente o volume a aterrar, maior do que a área total por um dos processos expeditos ou precisos:

$$(\Omega_{\text{aterro}}) \text{ efetiva} = (\Omega_{\text{aterro}}) \text{ total} + (\Omega_{\text{camada}}) \text{ vegetal}.$$

Esta influência da camada vegetal pode ser desprezada num estágio preliminar. Na fase de projeto, as áreas de remoção da camada vegetal podem ser avaliadas, em cada seção, multiplicando-se a distância que separa os "off-sets" pela espessura média do solo vegetal, obtida nas sondagens.

g) Distribuição do material a ser escavado

– Considerações gerais

A distribuição teórica do material a ser escavado consiste em definir-se toda a origem e destino dos materiais envolvidos na terraplenagem, seus volumes e classificação, e as distâncias médias de transporte.

O momento de transporte é o produto de um volume escavado pela distância segundo a qual este volume é transportado, ou seja:

$$MT = \sum V_i d_i \quad \text{m}^3 / \text{km} \text{ (ou } \text{m}^3 / \text{dam)}$$

Onde:

V_i - volumes parciais escavados;

d_i - distâncias de transporte parciais respectivas.

A distribuição de terras deve ser orientada no sentido de fornecer a solução teoricamente mais econômica, sob o ponto de vista da distância média de transporte e do aproveitamento dos materiais dos cortes.

Para isso, a Fiscalização deve fornecer à Empreiteira, juntamente com a "Nota de Serviço", uma cópia da distribuição de materiais pelo método de Brückner, reportado a seguir.

– Diagrama de Brückner

Para a construção gráfica do diagrama de Brückner é necessário calcular as chamadas "ordenadas de Brückner", isto é, volumes de cortes e aterros acumulados sucessivamente, seção a seção, considerando-se positivos os volumes de cortes e negativos os de aterros. Nas seções mistas, o volume a considerar em cada estaca deve ser o excedente em corte ou aterro. Adota-se um volume acumulado inicial arbitrário, em geral um volume grande, de modo a operar-se apenas com valores acumulados positivos.

A metodologia pertinente está abordada de forma abrangente e detalhada no Anexo correspondente deste Manual.

h) Particularidades da sistemática de quantificação dos serviços

Para orçar-se um trecho rodoviário é necessário quantificar os diversos serviços, atribuindo-lhes custos unitários. Na fase de projeto, este orçamento objetiva fornecer subsídios ao órgão contratante para alocação de recursos para a construção e para avaliar os preços propostos pelas empresas construtoras na concorrência para execução dos serviços.

Já na fase de construção, a quantificação se faz conforme o que efetivamente for executado, considerando as especificações de serviços correspondentes, e o pagamento deve ser efetivado com base nos preços propostos na concorrência, devidamente reajustados, se for o caso.

A sistemática para quantificação dos serviços de terraplenagem normalizada pelo DNIT engloba o seguinte:

– Serviços preliminares

- Desmatamento, destocamento de árvores com até 15 cm de diâmetro (medido a 1m do terreno) e limpeza - quantificação faz-se em m²;

Destocamento de árvores com diâmetro superiores a 15 cm - quantificação em unidades e considerando em separado as espécies com diâmetro compreendido entre 0,15 m e 0,30 m e as espécies com diâmetro maior que 0,30 m. O tema está devidamente tratado em norma de especificação de serviço do DNIT.

- Remoção de estruturas - a medição é efetuada conforme a sua natureza, em m²;
- Remoção ou remanejamento de cercas delimitadoras - quantificação feita em metro (m);
- Remanejamento de postes ou torres - serviço medido em unidades;
- Outros serviços - como exemplos, podem ser citados: remoção de muros de alvenaria (metro), remoção de muros de arrimo (m³) etc.

– Caminhos de serviço

Este item é de difícil quantificação, pois as condições locais das estradas existentes, quando da época da execução, é que definem a forma de ataque à obra e, conseqüentemente, a medição.

Na fase de projeto, o que se adota é a previsão de um valor percentual do total de escavações e aterros (em torno de 5 %), conforme a configuração topográfica da região, ou a não medição específica, englobando-se no preço de cada serviço que necessitar caminhos de serviço uma parcela referente ao seu custo.

– Cortes e empréstimos

Nos cortes e empréstimos, tem que se considerar a escavação (carga) e a parcela referente ao transporte (e descarga) do material. Assim sendo, a quantificação dos volumes escavados faz-se conforme a dificuldade extrativa (1^a, 2^a ou 3^a Categoria), transportados a "faixas de distâncias médias de transporte". Na atualidade, utilizam-se ordinariamente as seguintes faixas de distâncias de transporte:

- DMT \leq 50 m
- 50 < DMT \leq 100 m
- 100 < DMT \leq 200 m
- 200 < DMT \leq 400 m
- 400 < DMT \leq 600m
- 600 < DMT \leq 800 m
- 800 < DMT \leq 1000 m
- 1000 < DMT \leq 1200 m
- 1200 < DMT \leq 1400 m
- 1400 < DMT \leq 1600 m
- 1600 < DMT \leq 2000 m
- 2000 < DMT \leq 3000 m

E, acima de 3000 m, de 1000 em 1000 m.

Nota: O Anexo B deste Manual, em sua subseção B.3.2 enfoca o processo pertinente à inferência de determinação do volume escavado (em corte e em empréstimo), com base na utilização do fator Fh, abordado na alínea “e” da presente subseção 4.7.2.1.

– Aterros

A medição é feita em m³ acabados, ou seja, já compactados, em separado para o corpo e camada final do aterro.

– Serviços especiais

Dos serviços especiais, ordinariamente, e de um modo geral, apenas a remoção de solos moles recebe quantificação específica. Este trabalho é medido em m³ e, caso haja necessidade de transporte do material, este também pode ser quantificado. A questão da remoção do solo mole envolve, com frequência, alguma complexidade, inclusive no que se refere ao processo executivo e de medição. O tema está tratado em Norma de Especificação de Serviço, do DNIT, que estabelece procedimentos a serem ordinariamente adotados.

Para tanto, deve ser considerado o seguinte:

Cálculo das distâncias de transporte;

Detalhes das seções transversais-tipo e soluções particulares de inclinação de taludes, alargamento de cortes, esplanadas, fundações de aterro;

– Emissão das Notas de Serviço de Terraplenagem

As notas de serviço de terraplenagem e as planilhas do cálculo dos volumes devem ser apresentadas contendo estimativa de volumes quantificados.

Nota – A seção 11 – Medições e Pagamentos aborda este tema, em função dos quantitativos de serviços efetivamente executados e medidos no campo.

4.7.3. Produtos finais

De conformidade com o disposto nas mencionadas “Diretrizes Básicas”, em termos de “produtos finais”, o “Projeto de Terraplenagem” deve ser constituído da seguinte documentação:

4.7.3.1. Relatório final do Projeto Básico

a) Relatório do Projeto Básico

- Memória descritiva e justificativa do projeto elaborado - texto, gráficos e quadros;
- Plano básico de execução das obras.

b) Memória justificativa do Projeto Básico

- Memória descritiva e justificativa do projeto elaborado.

c) Projeto Básico de Execução

- Planilhas de movimento de terra;
- Planta geral com a situação dos empréstimos e bota-foras;
- Seções transversais de terraplenagem, com indicação das inclinações dos taludes e plataforma, por estaca;
- Conformação dos taludes de corte e aterro;
- Demais plantas que elucidem a concepção do projeto.

4.7.3.2. Relatório final (formato A4/A3)

a) Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência

- Texto – resumo, envolvendo a concepção do projeto - texto, gráficos e quadros.

b) Projeto de Execução

- Perfil geotécnico, indicando a constituição do terreno;
- Folhas de cubação;
- Quadro de orientação da terraplenagem;
- Planta geral da situação dos empréstimos e bota-foras;
- Plantas dos locais de empréstimos e bota-foras;
- Desenhos das seções transversais tipo, em corte e em aterro, com indicação das inclinações dos taludes;
- Desenhos das seções transversais por estaca, com plataforma e taludes de corte e aterro;
- Demais desenhos que elucidem o projeto.

c) Memória justificativa

- Memória descritiva e justificativa do projeto elaborado;
- Classificação dos materiais a escavar.

d) Cálculo de volumes e notas de serviços de terraplenagem

- Cálculo de volumes e notas de serviços impressos;
- Arquivos digitais compatíveis com “Software” de CAD.

4.8. PROJETO DE DRENAGEM

4.8.1. Objetivo

O Projeto de Drenagem tem por objetivo:

- Definir a concepção respectiva, possibilitando a escolha da melhor solução, através da análise dos elementos básicos condicionantes.
- Detalhar as soluções eleitas e relacionar os elementos necessários à construção da obra.

4.8.2. Elaboração do projeto

O Projeto de Drenagem deve ser desenvolvido em duas fases, a saber: Fase de Projeto Básico e a Fase de Projeto Executivo, devendo ser observado o disposto nas subseções 4.8.2.1 e 4.8.2.2.

4.8.2.1. Fase de Projeto Básico

Nesta fase, em relação às obras de drenagem, devem ser definidos: número, natureza, localização provável, aspectos locais considerados, condições de acesso, aproveitamento de materiais e mão-de-obra da região, com tipos, quantidades e estimativa de custos.

Os tópicos pertinentes estão abordados na forma das alíneas “a”, “b” e “c” que se seguem:

a) Elementos básicos

Devem ser considerados os seguintes elementos básicos condicionantes do projeto:

Estudos hidrológicos, elaborados para o Projeto de Engenharia, necessários para a determinação da descarga em cada ponto e indispensáveis para a fixação das seções a adotar e as condições de escoamento.

Os projetos geométricos, de terraplenagem e de pavimentação, da Fase de Projeto Básico, elaborados para o Projeto de Engenharia, definem as obras de drenagem a projetar, bem como os estudos complementares a realizar.

Os estudos topográficos, elaborados em sua Fase de Projeto Básico para o Projeto de Engenharia, devem ser complementados, a fim de definir a implantação das obras de drenagem, utilizando medidas específicas para este fim.

Os estudos geotécnicos, elaborados em sua fase de Projeto Básico para o Projeto de Engenharia, devem ser complementados, a fim de definir e caracterizar materiais e condições de fundação das obras a serem projetadas.

No caso de rodovia já implantada, os dispositivos de drenagem existentes devem ser cadastrados e vistoriados, verificando-se a suficiência de vazão e o estado de conservação. Os dispositivos identificados como problemáticos devem ser objeto de estudos específicos, com o objetivo de proceder ao reparo ou substituição daqueles que se encontrem danificados.

b) Estudos de alternativas

Devem ser estudadas as diversas alternativas de soluções, considerados os aspectos exequíveis, condições de funcionamento, materiais a utilizar, métodos e equipamentos. Também os aspectos arquitetônico e paisagístico devem ser levados em conta.

Deve-se preservar os talvegues existentes, restringindo ao mínimo a supressão, para manter a rede fluvial e as nascentes.

Listadas as alternativas exequíveis, todas devem ser pré-dimensionadas com base nas normas e especificações vigentes, oportunidade em que se deve levar em conta a possibilidade de reaproveitamento e padronização das soluções, dos materiais, equipamentos e mão-de-obra.

A seguir, devem ser estimados os quantitativos e custos para cada solução.

Devem ser estabelecidos elementos, os mais detalhados possíveis, quando os custos estimados, para as diversas alternativas estudadas para o Projeto de Drenagem apresentarem influência considerável no custo global da execução.

c) Escolha da solução

Definidas as alternativas, a escolha da solução mais conveniente deve estar de acordo com os critérios técnico, econômico, estético e administrativo.

A escolha da solução definitiva deve ser efetuada, ponderados os exames das alternativas, de acordo com os critérios citados, incluindo os sistemas e dispositivos de drenagem definidos pelo DNIT.

Neste sentido, o Manual de Drenagem de Rodovias, editado pelo DNIT no ano de 2006, fornece as ferramentas indispensáveis à adoção das medidas, para a proteção do corpo estradal, das ações prejudiciais das águas que o atingem, seja através de precipitações, das infiltrações, de condução através de talvegues, ou mesmo das existentes, sob a forma de lençóis freáticos ou artesianos.

No sentido de orientar o processo da respectiva análise, apresenta-se a seguir Tabela 13, contendo, para os dispositivos comumente utilizados, as devidas referências e indicações constantes no Manual, para seus atributos ou tópicos essenciais.

Tabela 13 – Atributos dos dispositivos de drenagem

Dispositivo	Referências no Manual de Drenagem		
	Subseção / Página		
	Objetivos e Características	Elementos do Projeto	Dimensionamento Hidráulico
Bueiros	2.1.1 / 28	2.1.2 / 30	2.1.3 / 32
Pontes e Pontilhões	2.2.1 / 135	* / 135 *	* / 144 *
Valeta de Corte	3.1.1 / 154	3.1.2 / 154	3.1.3 / 156
Valeta de Aterro	3.2.1 / 161	3.2.2 / 161	3.2.3 / 162
Sarjeta do Corte	3.3.1 / 162	3.3.2 / 163	3.3.3 / 166
Sarjeta de Aterro	3.4.1 / 171	3.4.2 / 171	3.4.3 / 173
Descida d'água	3.6.1 / 182	3.6.2 / 182	3.6.3 / 184
Saída d'água	3.7.1 / 191	3.7.2 / 191	3.7.3 / 194
Caixa Coletora	3.8.1 / 195	3.8.2 / 195	3.8.3 / 196
Bueiro de Greide	3.9.1 / 197	3.9.2 / 197	3.9.3 / 198
Dissipador de Energia	3.10.1 / 199	* / 199	* / 205
Escalonamento de Talude	3.11.1 / 205	3.11.2 / 205	3.11.3 / 206
Corta - rio	3.12.1 / 211	3.12.2 / 212	3.12.3 / 212
Dreno Profundo	5.1.1 / 246	5.1.2 / 247	5.1.3 / 248
Dreno Espinha de Peixe	5.2.1 / 261	5.2.2 / 261	5.2.3 / 261
Colchão Drenante	5.3.1 / 262		5.3.2 / 263

* As respectivas abordagens dizem respeito a outros atributos

4.8.2.2. Fase de Projeto Executivo

Deve ser detalhada a solução aprovada na fase anterior e relacionar os elementos necessários à construção da obra.

O desenvolvimento deve ser realizado conforme se segue:

a) Dimensionamento

As diversas estruturas que compõem o Projeto de Drenagem devem ser dimensionadas pelos métodos e fórmulas consagradas, devendo, obrigatoriamente, ser apresentada a memória de cálculo, em que constem as normas e especificações adotadas, as hipóteses de cálculos, os valores dos condicionantes do projeto, as verificações de trabalho e os esforços e taxas resultantes.

b) Elaboração dos desenhos de execução

Desenhos de execução: definidos por plantas, gráficos e tabelas; neles se incluem a locação em planta e perfil da obra, escavações, regularizações e contenções necessárias, as dimensões de todas as peças, os materiais construtivos de cada uma, com especificações e quantitativos perfeitamente definidos, os planos de lançamento ou montagem, escoramento, processos construtivos, acabamentos e providências especiais para execução da obra.

Os Projetos-tipo dos Dispositivos de Drenagem devem atender a modelos e desenhos apresentados no Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem, do DNIT.

Referido álbum, tendo como objetivo racionalizar e sistematizar a apresentação dos projetos de drenagem e obras-de-arte correntes contratados pelo DNIT, facilitando o seu entendimento e produzindo benefícios em nível de execução, foi elaborado em 1988 e veio a ser objeto de atualização em 2006 contemplando, entre outros, os seguintes dispositivos:

Drenagem superficial:

Valetas de proteção de cortes (VPC-01 a VPC-04);

Valetas de proteção de aterros (VPA-01 a VPA-04);

Sarjetas triangulares de concreto (I) (STC-01 a STC-04);

Sarjetas triangulares de grama (STG-01 a STG-04);

Meios-fios de concreto (I) (MFC-01 a MFC-04);

Entradas para descidas d'água (EDA-01 e EDA-02);

Descidas d'água de aterros tipo rápido (I) (DAR-01 e DAR-02);

Descidas d'água de cortes em degraus (DCD);

Descidas d'água de aterros em degraus (DAD);

Dissipadores de energia (I) aplicáveis a saídas de sarjetas e valetas-(DES).

Drenagem subterrânea:

Drenos longitudinais profundos para cortes em solo (DPS-01 a DPS-08);

Drenos longitudinais profundos para cortes em rocha (DPR-01 a DPR-05).

Drenagem para transposição de talvegues:

Berços para assentamento de bueiros;

Tubos de concreto armado;

Bueiro simples tubular de concreto (I);

Bocas normais e esconsas;

Caixa Coletora de Talvegue – CCT;

Bueiros celulares de concreto.

c) Especificações e quantitativos de serviços

Todos os serviços a serem executados devem possuir especificação correspondente, de acordo com as normas de especificações de serviços estabelecidas pelo DNIT. Em caso de inexistência, devem ser apresentadas especificações complementares, nos mesmos moldes. As quantidades de serviço devem ser determinadas de forma coerente com a Especificação correspondente.

4.8.3. Produtos finais

De conformidade com o disposto nas mencionadas “Diretrizes Básicas”, em termos de “produtos finais”, o “Projeto de Drenagem” deve ser constituído da seguinte documentação:

4.8.3.1. Relatório final do Projeto Básico (formato A4)

a) Relatório do Projeto Básico

- Concepção do projeto;
- Quadro de quantidades e códigos.

b) Memória justificativa do Projeto Básico

Discriminação de todos os serviços, distâncias de transporte e quantidades.

c) Projeto Básico de Execução

- Plantas e desenhos-tipo dos diversos dispositivos de drenagem utilizados;
- Planta esquemática da localização das obras de drenagem;
- Desenhos com os Projetos-tipo dos dispositivos de drenagem.

4.8.3.2. Relatório final (formato A4)

a) Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência

- Concepção do projeto;
- Quadro de quantidades e códigos,
- Discriminação de todos os serviços, distâncias de transporte e quantidades.

b) Memória justificativa

- Justificativa e detalhamento das soluções propostas no projeto.

c) Projeto de Execução

- Plantas e desenhos-tipo dos diversos dispositivos de drenagem utilizados;
- Planta esquemática da localização das obras de drenagem;
- Planilhas e quadros;

- Notas de serviço;
- Arquivos digitais das plantas e notas de serviços compatíveis com “Software” de CAD.

4.9. OUTROS COMPONENTES DE PROJETOS

Outros componentes, referentes a projetos específicos/complementares, integram ordinariamente o Projeto de Engenharia, cumprindo destacar os seguintes: a proteção/ revestimento vegetal dos taludes, a execução de cercas e defensas e a sinalização da rodovia. Os respectivos tratamentos ou soluções a serem adotados devem ser definidos no Projeto de Engenharia, fundamentados nas competentes Instruções de Serviços, integrantes das “Diretrizes Básicas para Elaboração dos Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária”, do DNIT.

5 MATERIAIS UTILIZADOS E INCORPORADOS À IMPLANTAÇÃO DA RODOVIA

5. MATERIAIS UTILIZADOS E INCORPORADOS À IMPLANTAÇÃO DA RODOVIA

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta seção trata dos materiais ligados à execução de terraplenagem – a saber: solos e rochas.

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

Não é uma tarefa fácil definir solo, pois cada uma das atividades humanas ou científicas que necessitam de seu estudo o faz segundo um ponto de vista específico, variando de um para outro 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”.

Dessa definição se depreende que o estudo dos solos requer o concurso de várias ciências, como a Geologia, a Física, a Química, a Biologia e outras.

Estrutura de um solo é o termo que se usa para designar a situação de arranjo das partículas no interior da massa. Por consequência, se variarmos o arranjo, estamos variando a estrutura.

O aspecto geral que as terras e os mares oferecem é o resultado de incessantes alterações que a crosta terrestre sofreu, através de milênios, devido aos fatores mencionados na definição de solo e de fatores que agiram e agem em seu interior.

5.1.1. A formação do solo e a ação dos agentes naturais

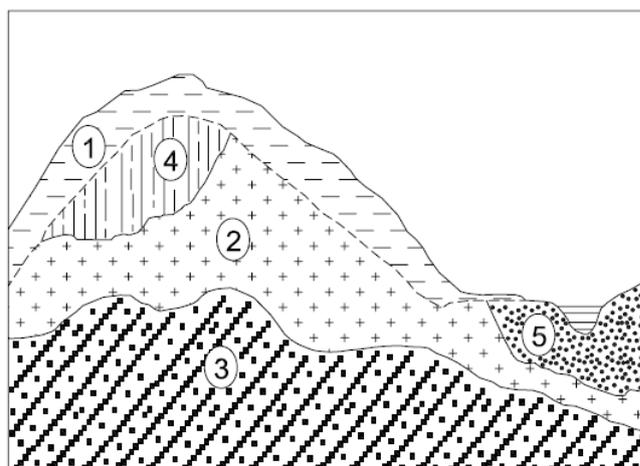
A ação dos agentes naturais, chamados agentes do intemperismo (de ordem física, química, físico-química e biológica), pode ser local ou levada a outros locais, produzindo:

- a)** Solos de alteração ou residuais (alterações *in situ*);
- b)** Solos transportados: depósitos de partículas que sofreram erosão e foram transportados para outros locais;

- c) Solos superficiais: constituem o capeamento dos dois anteriores. Produto da ação dos agentes naturais sobre os solos residuais e transportados.

Em resumo, o perfil genérico (Figura 44) mostra: solos superficiais + solos residuais = manto de intemperismo ou rególito. Segue-se a rocha inalterada subjacente, *bed rock*. Finalmente, os solos orgânicos, constituídos por depósitos dos restos vegetais e animais.

Figura 44 – Perfil genérico do solo



- 1 - Horizonte superficial: Residual + transportado (manto ou rególito)
2 - Horizonte de alteração de rocha - Residual
3 - "Bed rock"
4 - Formação terciária (neoceno-zóica)
5 - Formação quaternária (holocênica)
- } Sedimentos não consolidados → Transportados

A formação dos depósitos sedimentares se dá principalmente pela deposição de partículas quando, no seio da água, atingem local onde a velocidade é adequadamente reduzida. Os mais importantes depósitos formam-se no fundo dos mares e lagos para onde os materiais são transportados pelos rios e pelo gelo.

5.1.2. Solos residuais

Todos os tipos de rocha formam solo residual – sendo que a composição deste depende do tipo e da composição mineralógica da rocha original que lhe deu origem. Por exemplo, a decomposição de basaltos forma um solo típico conhecido como terra-roxa, de cor marrom-chocolate e composição argilo-arenosa. Já a desintegração e a decomposição de arenitos ou quartzitos irão formar solos arenosos constituídos de quartzo. Rochas metamórficas do tipo filito (constituído de micas) irão formar um solo de composição argilosa e bastante plástico. A Tabela 14 adiante apresenta alguns exemplos.

Tabela 14 – Decomposição de rochas

Tipo de rocha	Composição mineral	Tipo de solo	Composição
basalto	plagioclásio piroxênios	argiloso (pouca areia)	argila
quartzito	quartzo	arenoso	quartzo
filitos	micas (sericita)	argiloso	argila
granito	quartzo feldspato mica	areno-argiloso (micáceo)	quartzo e argila (micáceo)
calcário	calcita		argila

Não existe um contato ou limite direto e brusco entre o solo e a rocha que o originou. A passagem entre eles é gradativa e permite a separação de, pelo menos, duas faixas distintas: aquela logo abaixo do solo propriamente dito, que é chamada de solo de alteração de rocha, e uma outra, acima da rocha, chamada de rocha alterada ou rocha decomposta.

O solo residual é subdividido em maduro e jovem, segundo o grau de decomposição dos minerais.

O solo residual é um material que não mostra nenhuma relação com a rocha que lhe deu origem. Não se consegue observar restos da estrutura da rocha nem de seus minerais.

O solo de alteração de rocha já mostra alguns elementos da rocha-matriz, como linhas incipientes de estruturas ou minerais não decompostos.

A rocha alterada é um material que lembra a rocha no aspecto, preservando parte da sua estrutura e de seus minerais, porém com um estágio de dureza ou resistência inferior ao da rocha.

A rocha-sã é a própria rocha inalterada.

As espessuras das quatro faixas descritas são variáveis e dependem das condições climáticas e do tipo de rocha.

A ação intensa do intemperismo químico nas áreas de climas quentes e úmidos provoca a decomposição profunda das rochas com a formação de solos residuais, cujas propriedades dependem fundamentalmente da composição e tipo de rocha existente na área. Basicamente, numa região de granito e gnaisses, distinguem-se três zonas específicas, distintas de material decomposto. Próximo à superfície, ocorre um horizonte de características silto-arenosas e finalmente aparece uma faixa de

rocha parcialmente decomposta (também chamada de solo de alteração de rocha), na qual se pode distinguir ainda a textura e estrutura da rocha original. Esse horizonte corresponde a um estágio intermediário entre solo e rocha. Abaixo desta faixa, a rocha aparece ligeiramente decomposta ou fraturada, com transições para rocha-sã.

Não se deve imaginar que ocorra sempre uma decomposição contínua, homogênea e total na faixa de solo (regolito). Isso porque, em certas áreas das rochas, pode haver minerais mais resistentes à decomposição, fazendo com que essas áreas permaneçam como blocos isolados, englobados no solo. Esses blocos, às vezes de grandes dimensões, são conhecidos como matacões e são bastante comuns nas áreas de granitos, gnaisse e basaltos.

5.1.3. Solos transportados

Os solos transportados formam geralmente depósitos mais inconsolidados e fofos que os residuais, e com profundidade variável. Nos solos transportados, distingue-se uma variedade especial, que é o solo orgânico, no qual o material transportado está misturado com quantidades variáveis de matéria orgânica decomposta, que, em quantidades apreciáveis, forma as turfeiras. De um modo geral, o solo residual é mais homogêneo do que o transportado no modo de ocorrer, principalmente se a rocha matriz for homogênea. Por exemplo, uma área de granito resulta um solo de composição areno-siltosa, enquanto uma área de gnaisses e xistos pode exibir solos areno-siltosos e argilo-siltosos, respectivamente. O solo transportado, de acordo com a capacidade do agente transportador, pode exibir grandes variações laterais e verticais na sua composição. Por exemplo, um riacho que carregue areia fina e argila para uma bacia pode, em períodos de enxurrada, transportar também cascalho, provocando a presença desses materiais intercalados no depósito.

Entre os solos transportados, é necessário destacar-se, de acordo com o agente transportador, os seguintes tipos ainda: coluviais, de aluvião, eólicos (dunas costeiras).

Nota: O solo residual é mais comum e de ocorrência generalizada, enquanto que o transportado ocorre somente em áreas mais restritas.

a) Solos de aluvião

Os materiais sólidos que são transportados e arrastados pelas águas e depositados nos locais em que a corrente sofre uma diminuição na sua velocidade constituem os solos aluvionares ou aluviões. É claro que ocorre ao longo de um curso d'água qualquer, uma seleção natural do material, segundo a sua

granulometria, e dessa maneira deve ser encontrado próximo às cabeceiras de um curso d'água, material grosseiro, na forma de blocos e fragmentos, sendo que o material mais fino, como as argilas, é levado a grandes distâncias, mesmo após a diminuição da capacidade de transporte do curso d'água. Porém, de acordo com a variação do regime do rio, há a possibilidade de os depósitos de aluviões aparecerem bastante heterogêneos, no que diz respeito à granulometria do material.

Os depósitos de aluvião podem aparecer de duas formas distintas: em terraços, ao longo do próprio vale do rio, ou na forma de depósitos mais extensos, constituindo as planícies de inundação. Estas últimas são bastante frequentes ao longo dos rios. São exemplos de ocorrências bastante utilizadas como agregado. A melhor fonte de indicação de áreas de aluvião, de várzeas e planícies de inundação é a fotografia aérea. Embora os solos que constituem os aluviões sejam, via de regra, fonte de materiais de construções, são por outro lado péssimos materiais de fundações.

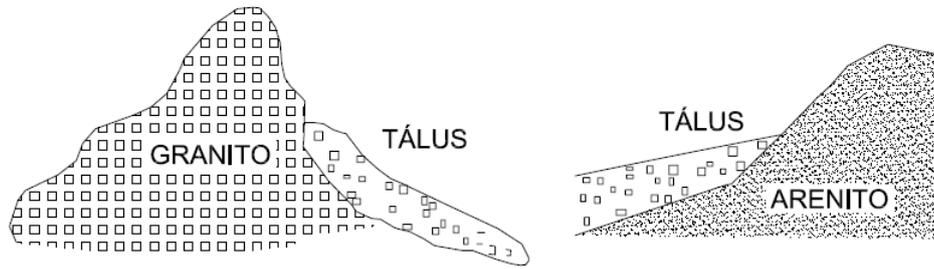
b) Solos orgânicos

Os locais de ocorrência de solos orgânicos se situam em áreas topográfica e geograficamente bem caracterizadas: em bacias e depressões continentais, nas baixadas marginais dos rios e nas baixadas litorâneas.

c) Solos coluviais

Os depósitos de coluvião, também conhecidos por depósitos de tálus, são aqueles solos cujo transporte se deve exclusivamente à ação da gravidade (Figura 45). São de ocorrência localizada, situando-se, via de regra, ao pé de elevações, encostas etc. Os depósitos de tálus são comuns ao longo de rodovias na Serra do Mar, no Vale do Paraíba etc. A composição desses depósitos depende do tipo de rocha existente nas partes mais elevadas. A utilização desses solos na Engenharia Rodoviária, normalmente é desvantajosa, pois são materiais inconsolidados, permeáveis, sujeitos a escorregamentos.

Figura 45 – Depósito de tálus



d) Solos eólicos

São de destaque apenas os depósitos ao longo do litoral, onde formam as dunas, não sendo muito comuns no Brasil. O problema desses depósitos reside na sua movimentação.

e) Solos glaciais

Estes solos, tão comuns na Europa e na América do Norte, não ocorrem no Brasil.

5.2 IDENTIFICAÇÃO DOS SOLOS

Para facilidade de identificação dos solos, sob o ponto de vista do seu comportamento, existe uma série de testes simples, visuais e manuais, prescindindo de qualquer instrumento de laboratório que permita distinguir entre um tipo e outro de solo. A seguir são enumerados e sucintamente explicados tais testes:

- a) Teste visual, que consiste na observação visual do tamanho, forma, cor e constituição mineralógica dos grãos do solo, permitindo distinguir entre solos grossos e solos finos;
- b) Teste do tato, que consiste em apertar e friccionar, entre os dedos, a amostra de solo: os solos ásperos são de comportamento arenoso e os solos macios são de comportamento argiloso;
- c) Teste do corte, que consiste em cortar a amostra com uma lâmina fina e observar a superfície do corte: sendo polida (ou lisa), tratar-se-á de solo de comportamento argiloso; sendo fosca (ou rugosa), tratar-se-á de solo de comportamento arenoso;
- d) Teste da dilatância, (também chamado da mobilidade da água ou ainda da sacudidela) - que consiste em colocar na palma da mão uma pasta de solo (em umidade escolhida) e sacudi-la batendo leve e rapidamente uma das mãos contra a outra. A dilatância se manifesta pelo aparecimento de água na superfície da pasta e posterior desaparecimento, ao amassar-se a

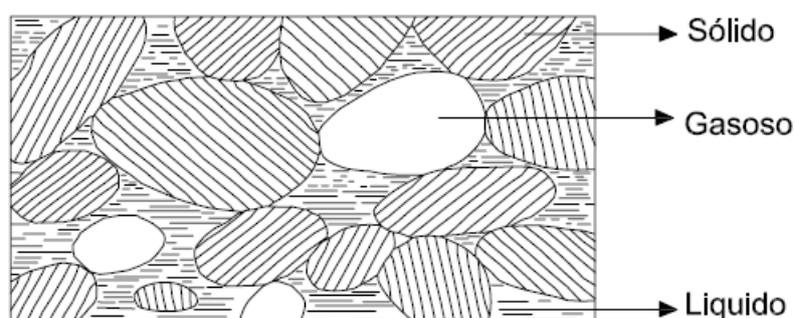
amostra entre os dedos: os solos de comportamento arenoso reagem sensível e prontamente ao teste, enquanto que os de comportamento argiloso não reagem;

- e) Teste de resistência seca, que consiste em tentar desagregar (pressionando com os dedos) uma amostra seca do solo: se a resistência for pequena, tratar-se-á de solo de comportamento arenoso; se for elevada, de solo de comportamento argiloso.

5.3 FASES DO SOLO

Em relação aos seus componentes, o solo pode ser definido como um material constituído por um conjunto de partículas sólidas, deixando entre si vazios, que podem estar parcial ou totalmente preenchidos de água. É, portanto um sistema polifásico, formado geralmente por três fases: sólida, líquida e gasosa, podendo, eventualmente, passar a bifásico: sólido-líquido ou solo-gás, Figura 46.

Figura 46 – Fases de um solo



5.3.1. Fase sólida

É constituída por partículas ou grãos de dimensões, forma e natureza química e mineralógica variáveis, decorrentes da rocha de origem e dos fatores que intervieram na formação do solo.

A fase sólida pode ser considerada constituída por um conjunto de partículas provenientes da erosão mecânica e química das rochas, de forma e dimensões variadas.

Essas partículas podem estar soltas ou agrupadas, mantendo-se unidas pela ação de colóides minerais ou orgânicos, que atuam como um cimento.

Chama-se granulometria ou análise granulométrica a operação que visa estabelecer a distribuição, em peso, das partículas segundo suas dimensões.

5.3.2. Frações do solo

São as partes componentes da fase sólida dos solos, classificadas segundo o diâmetro das partículas. As frações são: pedregulho, areia, silte e argila.

A Tabela 15 mostra como variam, de entidade para entidade, as dimensões relativas a cada fração de solo.

Tabela 15 – Variação das dimensões relativas a cada fração de solo, conforme cada organização

Frações Peneiras (mm)				Entidade
Argila	Silte	Areia	Pedregulho	
0 a 0,005	0,05	4,8	76	ABNT
0 a 0,005	0,075	2	76	DNIT
0 a 0,005	0,074	2	76	AASHTO-ASTM

5.3.3. Fase líquida

A fase líquida não pode ser encarada de uma forma independente, porque a água se apresenta nos solos sob diversos aspectos, com propriedades que podem variar totalmente da água livre.

Podemos distinguir:

- a) **Água de constituição:** como o nome indica, é um dos componentes da argila, cuja eliminação ou variação percentual acarreta alteração nas propriedades da mesma;
- b) **Água adsorvida:** constitui-se na película fixada na superfície dos grãos. A espessura dessa película é variável. Para as argilas finas, é de aproximadamente 50Å (5,0 milimicron), sendo menor para as partículas maiores. As propriedades dessa película não são uniformes em toda a sua espessura. Na superfície de contato com as partículas sólidas, tem propriedades parecidas com as de um sólido, propriedades essas que vai perdendo, à medida que se afasta, assumindo condições de líquido viscoso na periferia. Quando está a uma distância de 1000 Å (um décimo de micron), tem propriedade de água livre. A quantidade de água adsorvida é função da natureza dos cátions fixados na superfície das argilas;

- c) **Água higroscópica:** é aquela que se encontra no solo, ao ar livre, ou seja, em equilíbrio com o vapor de água da atmosfera úmida, e é cedida em uma atmosfera seca. Vê-se, então, que a umidade do solo ao ar livre é função do grau de saturação da atmosfera. A umidade higroscópica é função, também, da superfície e da natureza superficial das partículas. De acordo com a definição, não se deve confundir umidade higroscópica com umidade natural. A umidade higroscópica de um solo é constante, enquanto a umidade natural depende do estado do solo por ocasião da retirada da amostra;
- d) **Água capilar:** é aquela que, nos solos de grãos finos, sobe pelos interstícios capilares deixados pelas partículas sólidas, além do plano determinado pela água livre. A capilaridade constitui uma das mais importantes manifestações da existência das três fases: sólido, líquido e gás. A coesão e o fenômeno de contração das argilas são explicados através da ação capilar existente nos solos;
- e) **Água livre:** tem as características físicas da água comum, regendo-se seu comportamento pelas leis da hidráulica. Quanto maior a porosidade do solo, maior a quantidade de água que pode conter em seus vazios.

As águas higroscópicas, capilares e livres são as que podem ser evaporadas pelo calor, a temperatura superior a 100° C.

5.3.4. Fase gasosa

Consiste nos vazios deixados pelas fases sólida e líquida, e é constituída por ar, vapor d'água e carbono combinado.

Dessa forma, a proporção da fase gasosa depende da fase líquida.

Em pedologia, define-se como capacidade de ar de um solo o volume de ar que permanece nesse solo, quando, após a saturação, se provoca uma drenagem de 24 horas, ou seja, se provoca a perda de água que pode sair por gravidade.

A fase gasosa é muito importante nos estudos de consolidação dos aterros, quando há necessidade de calcular as tensões neutras desenvolvidas, em função da redução de volume da fase gasosa.

5.4 TERMINOLOGIA RECOMENDADA PARA ROCHAS E SOLOS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou a TB-3 Terminologia de Rochas e Solos, ABNT NBR 6502:1995, a seguir enfocada.

Referida terminologia tem por fim reunir e definir os termos técnicos relativos aos materiais da crosta terrestre, ou inspecionáveis visualmente, ou retirados por meio de sondagens, ou por outro processo, para fins de engenharia de fundação e obras de terra. O tema, em termos de definição e de classificação dos materiais de superfície, se desdobra na forma das subseções 5.4.1 e 5.4.2.

5.4.1. Rochas

São materiais constituintes essenciais da crosta terrestre, provenientes da solidificação do magma ou de lavas vulcânicas ou da consolidação de depósitos sedimentares, tendo ou não sofrido transformações metamórficas. Esses materiais apresentam elevada resistência, somente modificável por contatos com o ar ou a água em casos muito especiais.

Tratando-se de ocorrências de rochas de dimensões limitadas, são empregados os seguintes termos:

- a) **Bloco de rocha** – pedaço isolado de rocha com diâmetro médio superior a 1 m;
- b) **Matacão** – pedaço de rocha com diâmetro médio superior a 25 cm e inferior a 1 m;
- c) **Pedra** – pedaço de rocha com diâmetro médio compreendido entre 7,6 cm e 25 cm;
- d) **Rocha alterada** – apresenta, pelo exame macroscópico ou microscópico, indícios de alteração de um ou vários de seus elementos mineralógicos constituintes, tendo geralmente diminuídas as características originais de resistência.

5.4.2. Solos

Materiais constituintes especiais da crosta terrestre, provenientes da decomposição in situ das rochas pelos diversos agentes geológicos, ou pela sedimentação não consolidada dos grãos elementares constituintes das rochas, com adição eventual de partículas fibrosas de material carbonoso e matéria orgânica coloidal.

Para efeito da presente terminologia, são empregados os seguintes termos:

- a) **Pedregulho** – solos cujas propriedades dominantes são devidas à sua parte constituída pelos grãos minerais de diâmetros superiores a 4,8 mm e inferiores a 76 mm;
- b) **Areia** – solos cujas propriedades dominantes são devidas à sua parte constituída pelos minerais de diâmetros máximos superiores a 0,05 mm e inferiores a 4,8 mm;
- c) **Silte** – solo que apresenta apenas a coesão para formar, quando seco, torrões facilmente desagregáveis pela pressão dos dedos; suas propriedades dominantes são devidas à parte geralmente constituída pelos grãos de diâmetros máximos superiores a 0,005 mm e inferiores a 0,05 mm;
- d) **Argila** – solo que apresenta características marcantes de plasticidade; quando suficientemente úmido, molda-se facilmente, em diferentes formas; quando seco, apresenta coesão bastante para constituir torrões dificilmente desagregáveis por pressão dos dedos; suas propriedades dominantes são devidas à parte constituída pelos grãos de diâmetros máximos inferiores a 0,005 mm;
- e) Solos em que não se verificam nitidamente as predominâncias de propriedades anteriormente referidas. Estes solos devem ser designados pelo nome do tipo de solo cujas propriedades sejam mais acentuadas, seguido de adjetivos correspondentes aos que o completam. Por exemplo: argila arenosa, argila silto-arenosa, areia silto-argilosa etc.;
- f) **Solos com matéria orgânica** – caso um dos tipos acima apresente teor apreciável de matéria orgânica, deve ser anotada sua presença. Exemplo: argila arenosa com matéria orgânica;
- g) **Turfas** – solos com grandes porcentagens de partículas fibrosas de material carbonoso ao lado de matéria orgânica, do estado coloidal;
- h) **Alteração de rocha** – é o solo proveniente da desagregação das rochas *in situ*, pelos diversos agentes geológicos. Deve ser descrito pela respectiva textura, plasticidade e consistência ou compacidade, sendo indicado ainda o grau de alteração e, se possível, a rocha de origem;
- i) **Solos superficiais** – a zona abaixo da superfície do terreno natural, igualmente constituída de mistura de areias, argilas e matéria orgânica, exposta à ação dos fatores climáticos e de agentes de origem vegetal e animal, deve ser designada simplesmente como solo superficial;

- j) **Cascalho** - solo com grande porcentagem de pedregulho, podendo ter diferentes origens - fluvial, glacial e residual; o cascalho de origem fluvial é chamado comumente de seixo rolado;
- k) **Solo laterítico** - é um solo que ocorre comumente sob a forma de crostas contínuas, como concreções pisolíticas isoladas ou, ainda, na forma de solos de textura fina, mas pouco ou nada ativos. Suas cores variam do amarelo ao vermelho mais ou menos escuro e mesmo ao negro. Diversas designações locais existem para os solos ou cascalhos lateríticos, tais como: piçarra, recife, tapiocanga e mocororó;
- l) **Saibro** - solo residual areno-argiloso, podendo conter pedregulhos, proveniente de alteração de rochas graníticas ou gnáissicas;
- m) **Top-soil** - solo areno-siltoso, com pouca ou nenhuma argila, encontrado nas camadas superficiais de terrenos de pequena declividade ou nas partes baixas de bacias hidrográficas;
- n) **Massapê** - solo argiloso, de plasticidade, expansibilidade e contratilidade elevadas, encontrado, principalmente, na bacia do Recôncavo Baiano. Suas características decorrem da presença da montmorilonita. No Paraná, materiais semelhantes são designados sabão-de-caboclo.

5.5. PROPRIEDADES DOS SOLOS

5.5.1. Propriedades gerais dos solos

a) Forma das partículas

A parte sólida de um solo é constituída por partículas e grãos, que têm as seguintes formas:

Esferoidais;

Lamelares ou placóides;

Fibrosas.

As partículas esferoidais possuem dimensões aproximadas em todas as direções e podem, de acordo com a intensidade de transporte sofrido, ser angulosas ou esféricas. Exemplo: solos arenosos ou pedregulhos.

Nos solos de constituição granulométrica mais fina, onde as partículas são microscópicas, apresentam-se lamelares ou placóides, ou seja, há predomínio de duas das dimensões sobre a terceira.

As partículas com forma fibrosa ocorrem nos solos de origem orgânica (turfosos), onde uma das dimensões predomina sobre as outras duas.

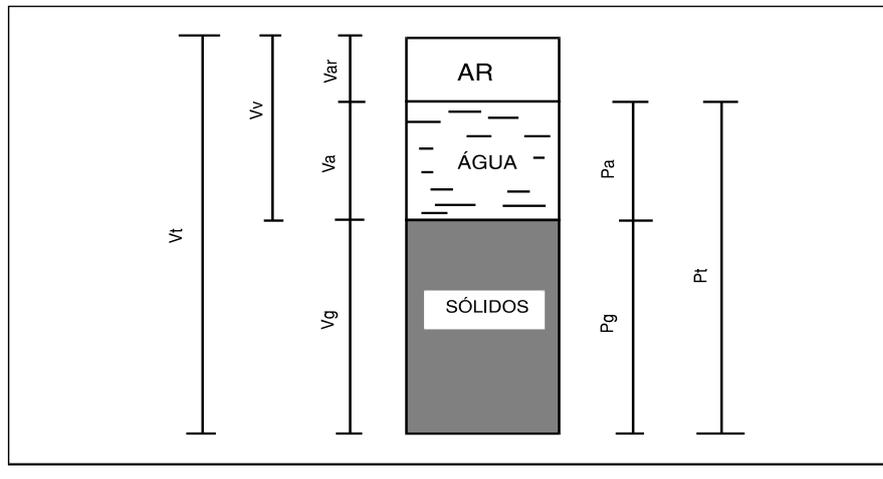
A forma das partículas influi em certas características dos solos. Assim, por exemplo, as partículas placóides e fibrosas podem se dispor em estrutura dispersa e oca, ocasionando porosidade elevada.

b) Índices físicos

Os índices físicos são relações entre volume e peso das fases (sólida, líquida e gasosa) do solo. São utilizados na definição de propriedades físicas dos solos.

Os índices físicos são representados na Figura 47, a seguir.

Figura 47 – Índices físicos



Onde:

– Índices adimensionais

V_{ar} = volume de ar (gases ou vapor)

V_a = volume de água

V_g = volume de grãos sólidos

$V_t = V_v + V_g$ = volume total

$V_v = V_t - V_g$ = volume de vazios

P_a = peso de água

P_g = peso dos grãos sólidos

P_{ar} = peso de ar (desprezível)

$P_t = P_a + P_g$ = peso total

- Índice de vazios

$$e = \frac{V_v}{V_g}$$

- Porosidade

$$n = \frac{V_v}{V_t}$$

- Índices Dimensionais

- Teor de umidade (higroscópica, natural ou de saturação, conforme as condições do solo)

$$h = \frac{P_a}{P_g} \times 100$$

Nota: $P_a = P_h - P_g$, em que P_h é o peso do material úmido e P_g é o do material seco em estufa a 105°/110°C até constância de peso.

- Grau de saturação

$$S = \frac{V_a}{V_v} \times 100$$

- Grau de aeração

$$A = \frac{V_{ar}}{V_t} \times 100$$

- Porcentagem de ar (air-voids)

$$a = \frac{V_{ar}}{V_t} \times 100$$

- Massa específica real dos grãos de solo

$$\gamma_g = \frac{P_g}{V_g}$$

- Massa específica aparente úmida

$$\gamma_h = \frac{P_t}{V_t}$$

- Massa específica aparente seca

$$\gamma_s = \frac{P_g}{V_t}$$

$$\gamma_s = \frac{\gamma_h}{1 + \frac{h}{100}} = \gamma_h \times \frac{100}{100 + h}$$

- Massa específica aparente do solo saturado ($V_v = V_a$)

$$\gamma_{sat} = \frac{P_t}{V_t} = \frac{P_a + P_g}{V_t} = \frac{V_v \times \gamma_a + (V_t - V_v) \times \gamma_g}{V_t} = n\gamma_a + (1-n)\gamma_g$$

- Massa específica aparente do solo submerso

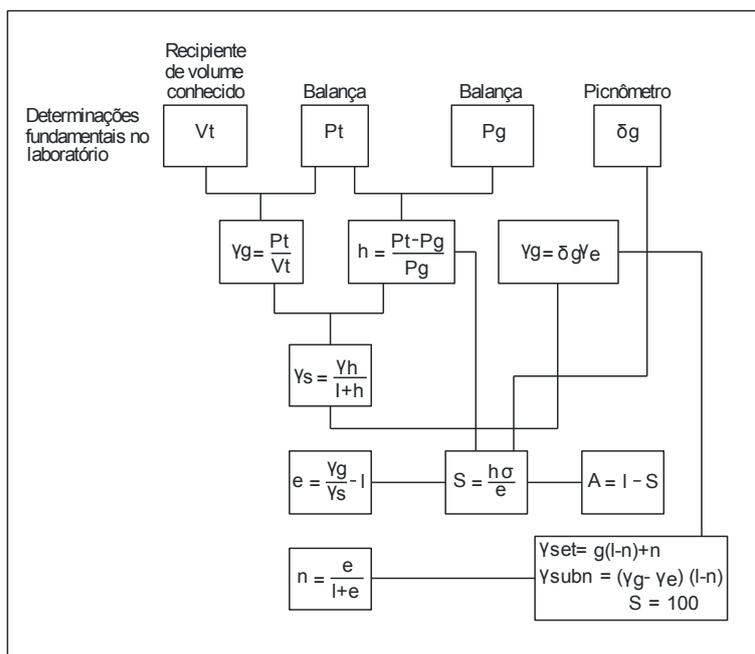
$$\gamma_{subm} = \gamma_{sat} - \gamma_a = (1 - n) (\gamma_g - \gamma_a)$$

(ação do empuxo hidrostático)

Nota: As densidades se obtêm dividindo as diversas massas específicas pela da água ρ_a (g/cm^3), à temperatura do ensaio; nos ensaios correntes, pode-se considerar $\rho_a = 1 \text{ g/cm}^3$.

Na Figura 48, têm-se, de forma esquemática, as correlações dos diversos índices físicos e as fórmulas que permitem calculá-las, diretamente, a partir de valores de pesos e volumes determinados em laboratório.

Figura 48 – Correlações entre os diversos índices físicos



5.5.2. Propriedades físicas e mecânicas

Dentre as propriedades físicas e mecânicas de maior interesse no campo rodoviário, destacam-se as seguintes: permeabilidade, capilaridade, compressibilidade, elasticidade, contratilidade e expansibilidade, resistência ao cisalhamento e empolamento.

Cada uma destas propriedades é abordada a seguir, em maiores ou menores detalhes, em função de sua importância relativa.

a) Permeabilidade

É a propriedade que os solos apresentam de permitir a passagem da água sob a ação da gravidade ou de outra força. A permeabilidade dos solos é medida pelo valor do coeficiente de permeabilidade (k), que é definido como a velocidade de escoamento da água, através da massa do solo, sob a ação de um gradiente hidráulico unitário. Esse coeficiente pode ser determinado no campo ou no laboratório.

A permeabilidade de um solo é função, principalmente, do seu índice de vazios, do tamanho médio dos seus grãos e da sua estrutura.

Os pedregulhos e as areias são razoavelmente permeáveis; as argilas, ao contrário, são pouco permeáveis. Ainda sob o ponto de vista de granulometria, os solos granulares, de graduação aberta, são mais permeáveis do que os de graduação densa.

b) Capilaridade

É a propriedade que os solos apresentam de poder absorver água por ação da tensão superficial, inclusive opondo-se à força da gravidade.

A altura que a água pode atingir num solo, pela ação capilar, é função inversa do tamanho individual dos vazios e, portanto, do tamanho das partículas do solo. Além disso, num dado solo, no processo de ascensão capilar, à medida que a água sobe, a velocidade diminui.

A altura de ascensão capilar nos pedregulhos e nas areias grossas é desprezível; nas areias finas, é de poucos centímetros e nas argilas pode atingir a vários metros.

c) Compressibilidade

É a propriedade que os solos apresentam de se deformar, com diminuição de volume, sob a ação de uma força de compressão.

A compressibilidade manifesta-se, quer na compactação dos solos não saturados, quer no adensamento ou consolidação dos solos saturados. No caso da compactação, a redução de vazios dá-se à custa da expulsão de ar, enquanto no adensamento, faz-se pela expulsão da água.

A velocidade de adensamento de um solo saturado é função de sua permeabilidade. Nos solos arenosos, o adensamento é rápido; nos argilosos é lento, podendo prolongar-se por muitos anos quando se tratar de argilas moles ou muito moles.

O estudo do adensamento lento apresenta interesse especial no caso de aterros executados sobre camadas espessas de argila compressível. Na escolha do tipo de pavimento deve-se nesse caso, considerar a ocorrência de recalques diferenciais.

d) Compactação dos solos

Compactação é a operação da qual resulta o aumento da massa específica aparente de um solo (e de outros materiais, como misturas betuminosas etc.), pela aplicação de pressão, impacto ou vibração, o

que faz com que as partículas constitutivas do material entrem em contato mais íntimo, pela expulsão de ar; com a redução da porcentagem de vazios de ar, consegue-se também reduzir a tendência de variação dos teores de umidade dos materiais integrantes do pavimento, durante a vida de serviço.

Cumpra realçar que, embora de longa data seja prática corrente a compactação de solos, só na década de 30 foram estabelecidos, por R. R. Proctor e O. J. Porter, os princípios que regem a compactação dos solos.

Tomando uma massa de solo úmido P_h , com um dado volume inicial, num cilindro e aplicando-lhe um certo número n de golpes através da queda de altura H , de um soquete de peso P , resulta, após compactação, um certo volume V . Chama-se de “energia de compactação” ou esforço de compactação ao trabalho executado, referido à unidade de volume de solo após a compactação.

Neste caso, a energia ou esforço de compactação, E_c é dada por:

$$E_c = \frac{n \times P \times H}{V}$$

Estando o solo num teor de umidade $h\%$, resulta, após compactação:

- Uma massa específica aparente úmida

$$\gamma_h = \frac{P_h}{V}$$

- Uma massa específica aparente seca

$$\gamma_s = \frac{\gamma_h \times 100}{100 + h}$$

O procedimento descrito é a denominada compactação dinâmica em laboratório, que é a correntemente utilizada para fins rodoviários, e o método de ensaio correspondente indica como proceder, especialmente como obter sempre o mesmo volume V após a compactação.

Os princípios gerais que regem a compactação são os seguintes:

- A massa específica aparente seca (γ_s) de um solo, obtida após a compactação, depende da natureza do solo, de sua granulometria e da massa específica dos grãos (γ_g); varia, aproximadamente, entre os valores 1400 kg/m^3 e 2300 kg/m^3 ;
- Para um dado solo e para um dado esforço de compactação, variando-se o teor de umidade do solo, pode-se traçar uma curva de compactação (Figura 49); há um teor de umidade chamado umidade ótima (h_{ot}), ao qual corresponde uma massa específica aparente seca máxima ($\gamma_s \cdot \text{max}$);
- Para um dado solo (Figura 50), quanto maior for a energia de compactação, tanto maior deve ser o γ_s e tanto menor deve ser h_{ot} ;
- Para um dado solo e para um dado teor de umidade h , quanto maior for o esforço de compactação, tanto maior deve ser o γ_s obtido (Figura 49);
- Há uma chamada linha de ótimos, que é o lugar geométrico dos vértices das curvas obtidas com diferentes esforços de compactação; a linha de ótimos separa os chamados ramos secos e ramos úmidos das curvas de compactação (Figura 50);
- Para um dado solo, a massa específica aparente seca máxima varia linearmente com o logaritmo de energia de compactação.

Há dois valores de γ_s de um solo, que têm sentido físico bem definido:

- A massa específica aparente seca no estado solto, que é a obtida sem exercer nenhum esforço de compactação sobre o solo, sendo um limite inferior de γ_s ;
- A massa específica aparente seca máxima de um solo compactado até a eliminação dos vazios e que se confunde com a massa específica dos grãos (γ_g), sendo um limite superior de γ_s , inatingível.

Figura 49 – Gráfico de compactação

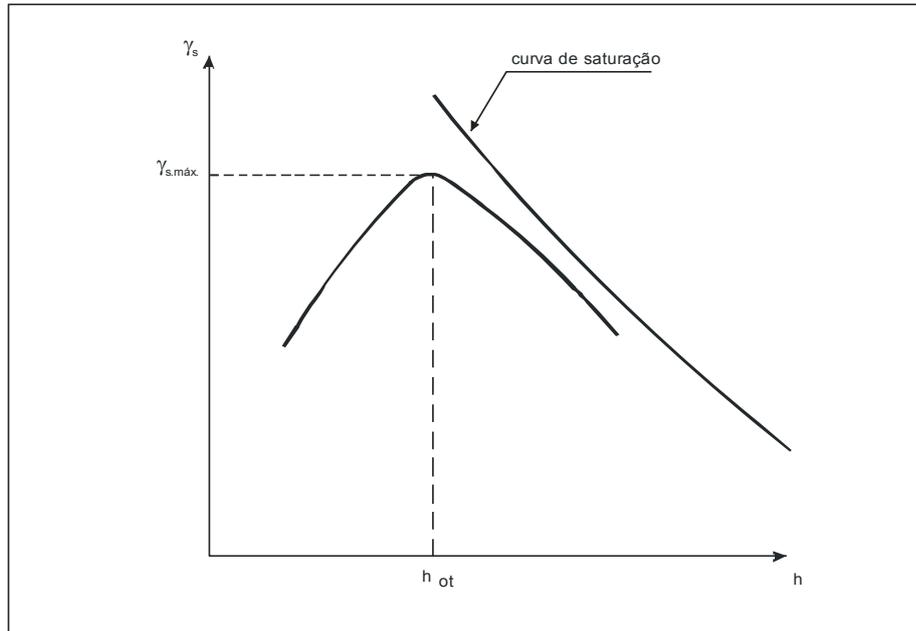
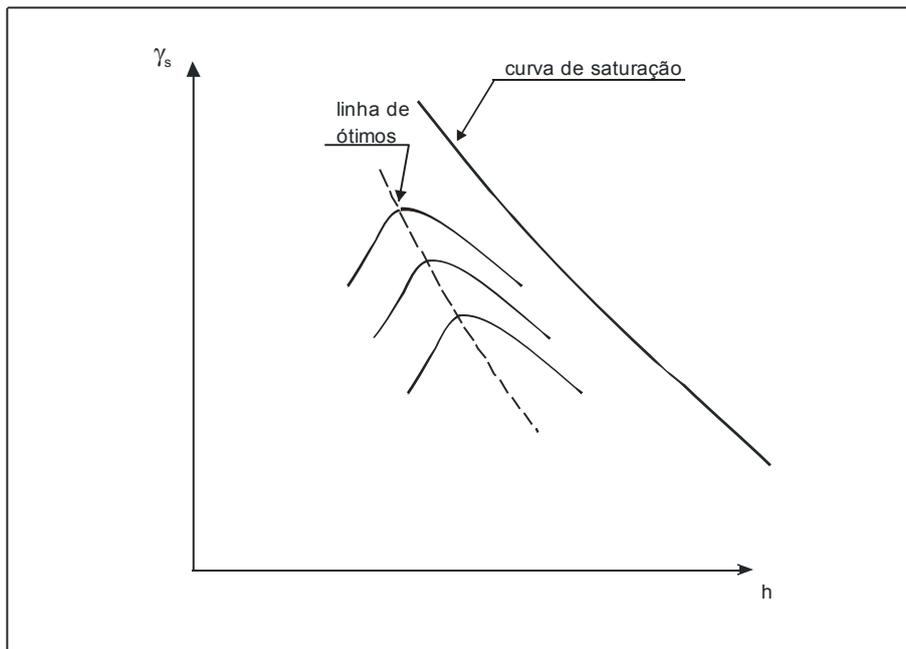


Figura 50 – Curvas de compactação para diferentes energias



Com baixos teores de umidade (h), os solos oferecem resistência à compactação, resultando baixos valores de γ_s (para uma dada energia de compactação) e altas porcentagens de vazios de ar ($a\%$); quando h aumenta, a água atua como lubrificante, tornando o solo mais trabalhável, resultando maiores valores de γ_s e menores valores de $a\%$; quando os vazios de ar diminuem e atingem certo valor (para

uma dada energia de compactação), a água e o ar, em conjunto, tendem a manter as partículas de solo afastadas, dificultando qualquer diminuição posterior dos vazios de ar. Aumentando-se os teores de umidade (h) de compactação, os vazios totais (ocupados por ar e por água) continuam a crescer, resultando em menores valores de γ_s . Resulta, disso, como já se viu, a noção de $\gamma_{s\text{máx}}$ e h_{ot} .

O efeito do acréscimo da energia nos valores de γ_s é mais sensível para teores de umidade inferiores a h_{ot} (como decorre da própria forma das curvas de compactação), onde são maiores as percentagens de vazios de ar.

Os solos bem graduados, geralmente apresentam curvas de compactação com um máximo pronunciado, ao contrário dos solos de graduação uniforme, que se caracterizam por curvas achatadas.

Nota: Este tópico, já abordado na subseção 4.5.1 é retomado na seção 6, dentro do enfoque dos procedimentos de campo.

e) Elasticidade

É a propriedade que os solos apresentam de recuperar a forma primitiva, cessado o esforço deformante; não sendo os solos perfeitamente elásticos, tal recuperação é parcial.

Para cargas transientes ou de curta duração, como as do tráfego, verifica-se a recuperação quase completa das deformações do subleito e do pavimento, desde que aquele tenha sido compactado convenientemente e este, dimensionado de modo a evitar deformações plásticas de monta.

A repetição de deformações elásticas excessivas nos pavimentos resulta em fissuramento dos revestimentos betuminosos (ruptura por fadiga).

As deformações elásticas dos subleitos têm sido chamadas de resilientes, visto dependerem de fatores que não se costumam associar ao comportamento de outros materiais de construção (aço, concreto, etc). No caso dos solos, aqueles fatores incluem a estrutura e as proporções das três fases (sólida, líquida e gasosa) logo após a compactação do subleito e durante a vida útil do pavimento.

Assume especial importância, atualmente, a consideração da elasticidade dos subleitos no desenvolvimento dos métodos de dimensionamento de pavimentos baseados na aplicação da teoria da elasticidade.

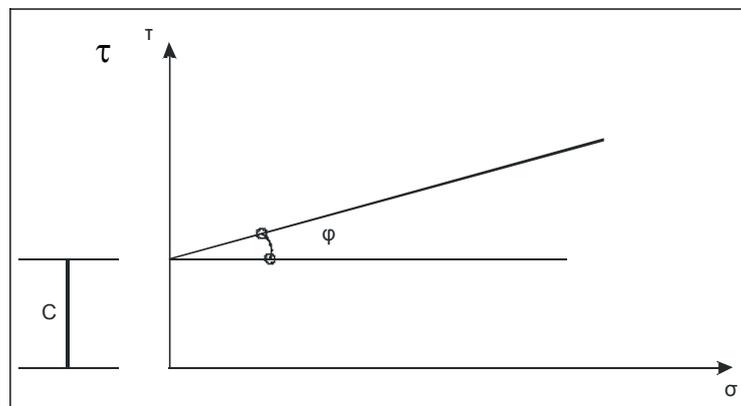
f) Contratilidade e expansibilidade

São propriedades características da fração argila e, por isso, mais sensíveis nos solos argilosos. Contratilidade é a propriedade dos solos terem seu volume reduzido por diminuição de umidade. Expansibilidade é a propriedade de terem seu volume ampliado por aumento de umidade.

g) Resistência ao cisalhamento

A ruptura das massas de solo dá-se por cisalhamento, isto é, por deformação distorcional.

Figura 51 – Resistência ao cisalhamento



A resistência ao cisalhamento é regida pela Lei de Coulomb (Figura 51), cuja expressão é:

$$\tau = \sigma_c \operatorname{tg} \varphi + c$$

Ou

$$\tau = (\sigma_t - u) \operatorname{tg} \varphi + c$$

Em que:

τ = resistência ao cisalhamento (ou corte);

φ = ângulo de atrito interno;

σ_e = pressão efetiva normal ao plano de cisalhamento;

σ_t = pressão total normal ao plano de cisalhamento;

u = pressão neutra (não contribui para a resistência ao cisalhamento) ou pressão nos poros (ar e água);

c = coesão (resistência ao cisalhamento quando a pressão efetiva σ_e é nula, ou $\varphi = 0$).

Entre os fatores extrínsecos que influem no valor de τ , estão a velocidade de aplicação dos esforços e a maior ou menor facilidade de escoamento do fluido contido nos poros. Tal influência condiciona os tipos clássicos de ensaios de cisalhamento: rápido, rápido-adensado e lento, executados em laboratórios de solos, nos aparelhos de compressão simples e/ou triaxial, e de cisalhamento direto.

Os fatores intrínsecos dividem-se em: físicos e físico-químicos.

Os fatores físicos dependem da pressão efetiva normal ao plano de ruptura, e são significativos para as partículas arenosas. Compreendem o atrito ou fricção entre as partículas e o entrosamento das partículas.

Os fatores físico-químicos da resistência ao cisalhamento são os que se manifestam na coesão; têm importância no caso da argila, pois é nas frações coloidais que as forças intergranulares são significativas em relação às massas das partículas. Estas forças resultam das atrações intermoleculares (forças de Van Der Waals) nos pontos de mais próximo contato e das repulsões eletrostáticas dos íons dispersos na dupla camada que envolve as partículas coloidais. A água absorvida, apesar de sua viscosidade elevada, não aumenta a coesão, pelo contrário, tende a reduzi-la.

A cimentação das partículas pelos óxidos de ferro e alumínio e pelos carbonatos, que se precipitam em torno dos pontos de contato, contribui para a coesão. Existem, por exemplo, depósitos de laterita formados pela precipitação dos óxidos de ferro e alumínio, transportados pelas águas do solo, em terrenos aluvionares que, deste modo, adquirem coesão. Nos solos residuais, a coesão pode resultar da cimentação dos grãos por produtos remanescentes da rocha de origem ou precipitados no perfil do solo.

h) Empolamento

Um fenômeno característico dos solos, importante na terraplenagem, é o empolamento ou expansão volumétrica.-.

Quando se escava o terreno natural, a terra que se encontrava num certo estado de compactação, proveniente do seu próprio processo de formação, experimenta uma expansão volumétrica, que chega a ser considerável em certos casos.

Após o desmonte a terra assume, portanto, volume solto (V_s) maior do que aquele em que se encontrava em seu estado natural (V_n) e, conseqüentemente, com a massa específica solta (γ_s) correspondente ao material solto, obviamente menor do que a massa específica natural (γ_n).

Assim temos: $\gamma_s < \gamma_n$, pois, $V_s > V_n$

Chama-se fator de empolamento \mathcal{G}_1 à relação:

$$\mathcal{G}_1 = \frac{\gamma_s}{\gamma_n} < 1$$

Mas, $\gamma_s = \frac{m}{V_s}$, pela definição de massa específica e, $\gamma_n = \frac{m}{V_n}$

Temos:

$$\sigma_1 = \frac{\frac{m}{V_s}}{\frac{m}{V_n}} = \frac{V_n}{V_s}$$

e,

$$V_n = \mathcal{G}_1 \cdot V_s$$

Os serviços de terraplenagem devem ser medidos em conformidade com os critérios constantes nas normas do DNIT.

Chama-se porcentagem de empolamento (f) à relação:

$$f (\%) = \left(\frac{1}{\mathcal{G}_1} - 1 \right) \cdot 100$$

Os solos naturais apresentam expansões volumétricas diferentes, gerando diversos valores de \mathcal{G}_1 e f. De modo geral, quanto maior a porcentagem de finos (argila e silte), maior deve ser essa expansão. Ao contrário, os solos arenosos, com pequenas porcentagens de finos, sofrem pequeno empolamento (Tabela 16).

Tabela 16 – Fatores de empolamento e expansão

Tipo de solo	f (%)	ρ_1
Solos argilosos	40	0,71
Terra comum seca (solos argilo-siltosos com areia)	25	0,80
Terra comum úmida	25	0,80
Solo arenoso seco	12	0,89

5.6. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

Para efeito da devida caracterização do solo, este deve ser objeto de ensaios específicos (devidamente normalizados pelo DNIT), com a finalidade de definir parâmetros ou atributos pertinentes, a partir das quais se pode proceder ao respectivo enquadramento do solo segundo a classificação do TRB.

Tais atributos, a saber, a granulometria, os limites de consistência, o índice de grupo e o equivalente de areia e o índice de suporte califórnia, são abordados a seguir.

5.6.1. Granulometria (DNER – ME 051/94 e DNER – ME 080/94)

A análise granulométrica consiste na determinação das porcentagens, em peso, das diferentes frações constituintes da fase sólida do solo. Para as partículas de solo maiores do que 0,075 mm (peneira nº. 200 da ASTM), o ensaio é feito passando uma amostra do solo por uma série de peneiras de malhas quadradas de dimensões padronizadas. Pesam-se as quantidades retiradas em cada peneira e calculam-se as porcentagens que passam em cada peneira.

A Tabela 17 indica as aberturas das malhas das peneiras normais da ASTM mais usadas nos laboratórios rodoviários, e a Tabela 18, a correlação das aberturas das peneiras em polegadas e milímetros.

Tabela 17 – Abertura das peneiras

Nº.	Abertura mm
200	0,075
100	0,15
40	0,42
10	2,09
4	4,8

Tabela 18 - Correlação das aberturas das peneiras em polegadas e em milímetros

Abertura pol.	Abertura mm
3/8"	9,5
3/4"	19,1
1"	25,4
1 1/2"	38,1
2"	50,8

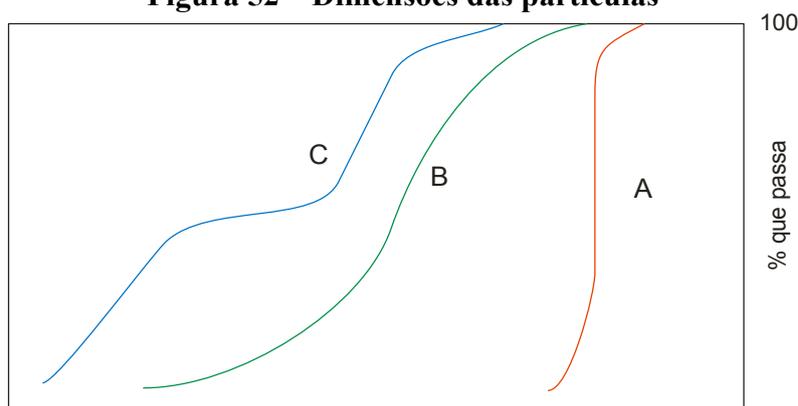
Para as partículas de solo menores do que 0,075 mm, utiliza-se o método de sedimentação contínua em meio líquido. Este método é baseado na lei de Stokes, a qual estabelece uma relação entre o diâmetro das partículas e a sua velocidade de sedimentação em um meio líquido de viscosidade e peso específico conhecidos.

Para maiores detalhes do método de sedimentação, consultar o método DNER-ME 051/94.

Com os resultados obtidos no ensaio de granulometria (granulometria por peneiramento), traça-se a curva granulométrica, em um diagrama semilogarítmico, que tem como abscissa, os logaritmos das dimensões das partículas e como ordenadas as porcentagens, em peso, de material que tem dimensão média menor que a dimensão considerada (porcentagem de material que passa).

Segundo a forma da curva, podemos distinguir os seguintes tipos de granulometria: uniforme (curva-A); bem graduada (curva-B); mal graduada (curva-C), conforme indicado na Figura 52.

Figura 52 – Dimensões das partículas



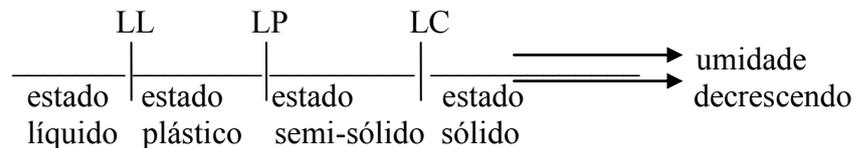
Na prática, utilizam-se faixas granulométricas, entre as quais deve se situar a curva granulométrica do material a utilizar. Têm-se, assim, as faixas granulométricas para materiais a serem usados como solo estabilizado ou as faixas granulométricas para materiais filtrantes dos drenos. Quando o solo estudado

não se enquadrar dentro da faixa granulométrica especificada, deve-se misturá-lo com outro solo, de maneira a obter uma mistura com granulometria dentro das especificações.

A análise granulométrica não basta, por si só, para caracterizar um solo, sob todos os aspectos que interessam à técnica rodoviária, devendo ser completada, na maioria das vezes, por outros ensaios.

5.6.2. Limites de consistência

Esses limites permitem avaliar a plasticidade dos solos. Esta propriedade dos solos argilosos consiste na maior ou menor capacidade de serem eles moldados sem variação de volume, sob certas condições de umidade. Entre os ensaios de rotina, objetivando a caracterização de um solo, segundo sua plasticidade, estão a determinação do limite de liquidez e a do limite de plasticidade. Quando a umidade de um solo é muito grande, ele se apresenta como um fluido denso e se diz no estado líquido. A seguir, à medida que se evapora a água, ele endurece, passando do estado líquido para o estado plástico. A umidade correspondente ao limite entre os estados líquido e plástico é denominada limite de liquidez. Ao continuar a perda de umidade, o estado plástico desaparece, passando o solo para o estado semi-sólido. Neste ponto, a amostra de solo se desagrega ao ser trabalhada. A umidade correspondente ao limite entre os estados plásticos e semi-sólido é denominada limite de plasticidade. Continuando a secagem, ocorre a passagem para o estado sólido. O limite entre esses dois últimos estados é denominado limite de contração.



A diferença numérica entre o Limite de Liquidez (LL) e o Limite de Plasticidade (LP) fornece o Índice de Plasticidade (IP)

$$IP = LL - LP$$

Este índice define a zona em que o terreno se acha no estado plástico e, por ser máximo para as argilas e mínimo para as areias, fornece um valioso critério para se avaliar o caráter argiloso de um solo. Quanto maior o IP, tanto mais plástico deve ser o solo. O índice de plasticidade é função da quantidade de argila presente no solo, enquanto o limite de liquidez e o limite de plasticidade são funções da quantidade e do tipo de argila. Quando um material não tem plasticidade (areia, por exemplo), escreve-se $IP = NP$ (não plástico).

O limite de liquidez indica a quantidade de água que pode ser absorvida pela fração do solo que passa pela peneira nº. 40. Observa-se que, quanto maior o LL, tanto mais compressível o solo. Os ensaios pertinentes estão normalizados pelo DNIT, a saber:

- Ensaio do Limite de Liquidez - DNER-ME 122/94;
- Ensaio do Limite de Plasticidade - DNER-ME 082/94.

5.6.3. Índice de grupo

Chama-se Índice de Grupo a um valor numérico, variando de 0 a 20, que retrata o duplo aspecto de plasticidade e graduação das partículas do solo. O IG é calculado pela fórmula:

$$IG = 0,2 a + 0,005 ac + 0,01 bd$$

Em que:

a - % de material que passa na peneira nº. 200, menos 35. Se a % passando na peneira nº. 200 for maior que 75, adota-se 75; se for menor que 35, adota-se 35. (a varia de 0 a 40).

b - % de material que passa na peneira nº. 200, menos 15. Se a % passando na peneira nº. 200 for maior que 55, adota-se 55; se for menor que 15, adota-se 15. (b varia de 0 a 40).

c - Valor do Limite de Liquidez menos 40. Se o Limite de Liquidez for maior que 60, adota-se 60; se for menor que 40, adota-se 40 (c varia de 0 a 20).

d - Valor do Índice de Plasticidade menos 10. Se o índice de Plasticidade for maior que 30, adota-se 30; se for menor que 10, adota-se 10 (d varia de 0 a 20).

5.6.4. Equivalente de areia (EA) – (DNER – ME 054/94)

Equivalente de Areia é a relação entre a altura de areia depositada após 20 minutos de sedimentação e a altura total de areia depositada mais a de finos (silte e argila) em suspensão, após aquele mesmo tempo de sedimentação, numa solução aquosa de cloreto de cálcio.

O Equivalente de Areia é utilizado no controle de finos de materiais granulares usados em pavimentação.

5.6.5. Índice de Suporte Califórnia (California Bearing Ratio) (DNER – ME 049/94)

O ensaio de CBR consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo-de-prova de solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada.

O valor dessa relação, expresso em porcentagem, permite determinar, por meio de equações empíricas, a espessura de pavimento flexível necessária, em função do tráfego.

5.7. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

O solo, sendo um material que ocorre na natureza, nas mais diferentes formas, para ser utilizado como fundação ou material de construção, necessita ser classificado, de modo que se possam formular métodos de projetos baseados em algumas propriedades de cada grupo. Deste modo, foram desenvolvidos vários sistemas de classificação, cada um, adequado a uma utilização dos solos ou a métodos de projeto.

Tal classificação pode ser considerada segundo dois enfoques distintos na forma das subseções 5.7.1 e 5.7.2, que se seguem.

5.7.1. Enfoque fundamentado nos parâmetros e conceitos de mecânica dos solos

Dentro deste enfoque, o sistema de classificação de solos mais aplicado no meio rodoviário é o do Highway Research Board (HRB), aprovado em 1945, e que constitui um aperfeiçoamento do antigo sistema da Public Roads Administration, proposto em 1929. Neste sistema, denominado HRB (atualmente intitulado TRB), considera-se a granulometria, o limite de liquidez, o índice de liquidez e o índice de grupo. Este sistema de classificação liga-se intimamente ao método de dimensionamento de pavimentos pelo índice de grupo.

Nesta classificação, os solos são reunidos em grupos e subgrupos, em função de sua granulometria, limites de consistência e do índice de grupo. Na Tabela 19 a seguir, é mostrado o quadro de classificação dos solos, segundo o TRB. Determina-se o grupo do solo por processo de eliminação da esquerda para a direita, no quadro de classificação. O primeiro grupo a partir da esquerda, com o qual os valores do solo ensaiado coincidirem, deve ser a classificação correta.

Tabela 19 - Classificação dos solos (Transportation Research Board)

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200							MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7 - 5 A - 7 - 6
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Granulometria - % passando na peneira											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	30 máx.	51 min.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características da fração passando na peneira Nº 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia			Pedregulho ou areias siltosos ou argilosos				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento como subleito	Excelente a bom							Sofrível a mau			

* O IP do grupo A - 7 - 5 é igual ou menor do que o LL menos 30.

A seguir, são listadas as características dos solos de cada um dos grupos e subgrupos deste sistema de classificação, relacionadas à sua utilização em pavimentação.

Solos granulares ou de granulação grossa são os que contêm 35%, ou menos, de material passando na peneira nº. 200.

- Grupo A-1 - O material típico deste grupo é constituído de mistura bem graduada de fragmentos de pedra ou pedregulhos, areia grossa, areia fina e um aglutinante de solo não plástico ou fracamente plástico. No entanto, este grupo inclui também fragmentos de pedra, pedregulho, areia grossa, cinzas vulcânicas etc., que não contêm aglutinantes de solo.
- Subgrupo A-1-A - Inclui os materiais contendo, principalmente, fragmentos de pedra ou pedregulho, com ou sem material fino bem graduado, funcionando como aglutinante.

- Subgrupo A-1-B - Inclui os materiais constituídos, principalmente, de areia grossa, com ou sem aglutinante de solo bem graduado.
- Grupo A-2 - Este grupo inclui grande variedade de materiais que se situam entre os grupos A-1 e A-3 e, também, entre os materiais constituídos de mistura silte-argila dos grupos A-4, A-5, A-6 e A-7. Inclui todos os solos com 35%, ou menos, passando na peneira nº 200, mas que não podem ser classificados como A-1 ou A-3, devido ao teor de finos que contêm ou a plasticidade, ou ambos excedendo os limites estabelecidos para os citados grupos.
- Subgrupos A-2-4 e A-2-5 - Incluem solo contendo 35% ou menos, passando na peneira nº 200, com uma porção menor retida na peneira nº 40, possuindo as características dos grupos A-4 ou A-5. Estes grupos abrangem os materiais, tais como pedregulho e areia grossa, em que o teor de silte e o índice de plasticidade ultrapassam os limites estabelecidos para o Grupo A-1, e ainda areia fina com silte não plástico excedendo os limites do Grupo A-3.
- Subgrupos A-2-6 e A-2-7 - Incluem solos semelhantes aos descritos nos subgrupos A-2-4 e A-2-5, exceção feita da porção de finos que contêm argila plástica, com características dos grupos A-6 ou A-7. Os efeitos combinados dos índices de plasticidade maiores que 10 e porcentagem passando na peneira nº 200, maiores que 15, estão refletidos nos valores dos índices do grupo de 0 a 4.
- Grupo A-3 - O material típico deste grupo é areia fina de praia ou de deserto, sem silte ou argila, ou possuindo pequena quantidade de silte não plástico. O grupo, inclui, também misturas de areia fina mal graduada e quantidades limitadas de areia grossa e pedregulho depositado pelas correntes.
- Grupo A-4 - O solo típico deste grupo é siltoso não plástico, ou moderadamente plástico, possuindo, geralmente, 35% ou mais passando na peneira nº 200. Inclui, também, misturas de solo fino siltoso com até 64% de areia e pedregulho retidos na peneira nº 200. Os valores dos índices do grupo vão de 1 a 8, e as porcentagens crescentes de material grosso, dando origem a valores decrescentes para os índices de grupo.
- Grupo A-5 - O solo típico deste grupo é semelhante ao que foi descrito no A-4, exceto que ele é, geralmente, de caráter diatomáceo ou micáceo, altamente elástico, conforme indica seu elevado limite de liquidez. Os valores dos índices do grupo vão de 1 a 12; esses valores

crescentes revelam o efeito combinado do aumento dos limites de liquidez e das porcentagens decrescentes de material grosso.

- Grupo A-6 - O solo típico deste grupo é argiloso e plástico, tendo, geralmente, 75% ou mais de material passando na peneira n ° 200. O grupo inclui, também, misturas de solos finos argilosos, podendo conter até 64% de areia e pedregulho retidos na peneira n ° 200. Os solos deste grupo comumente sofrem elevada mudança de volume entre os estados seco e úmido. Os valores dos índices do grupo vão de 1 a 16; esses valores crescentes mostram o efeito combinado do aumento dos índices de plasticidade e diminuição dos materiais grossos.
- Grupo A-7 - O solo típico deste grupo é semelhante ao descrito no grupo A-6, com a diferença que possui as características do alto limite de liquidez do grupo A-5, podendo ainda ser elástico e estar sujeito à elevada mudança de volume. Os valores dos índices do grupo vão de 1 a 20; este aumento indica o efeito combinado de crescimento dos limites de liquidez e dos índices de plasticidade, bem como a diminuição dos materiais grossos.

Subgrupo A-7-5 - Encerra materiais com índice de plasticidade moderado em relação ao limite de liquidez, podendo ser altamente elástico e sujeito a elevadas mudanças de volume.

Subgrupo A-7-6 - Inclui materiais com elevados índices de plasticidade em relação aos limites de liquidez, estando sujeitos a elevadas mudanças de volume.

5.7.2. Enfoque pertinente à execução da terraplenagem

Os materiais existentes na crosta terrestre e que são escavados, transportados e compactados durante a execução da terraplenagem, apresentam-se sob os mais diversos aspectos, quer quanto à sua natureza, consistência, constituição ou processo de formação.

Na tentativa de classificação dos materiais, tendo em vista a terraplenagem, constata-se que nenhum auxílio pode ser obtido através das classificações geológicas ou da mecânica dos solos já vistas anteriormente, pois estas os estudam sob ponto de vista diferente.

O principal critério que intervém na classificação dos materiais de superfície, no que concerne à escavação, é a maior ou menor dificuldade ou resistência que oferecem ao desmonte, seja ele manual ou mecanizado.

A classificação geológica não se aplica neste caso, pois não há correspondência entre ela e a dificuldade ao desmonte.

Sabe-se que uma rocha, bem caracterizada geologicamente, pode apresentar-se em diferentes graus de compacidade, tendo em conta seu estado de alteração, provocado por diversos agentes naturais (intemperismo), reduzindo as suas características originais de resistência mecânica.

Assim, uma rocha, classificada sob o ponto de vista geológico, pode apresentar diferentes resistências ao desmonte, segundo o grau de alteração que já sofreu. Ainda que conserve bem nítida a estrutura da rocha-mãe, a sua resistência mecânica pode ser bastante reduzida, devido à alteração sofrida pelos seus elementos mineralógicos constituintes.

Portanto, sob o ponto de vista da terraplenagem, a rocha classificada numa única categoria geológica pode apresentar diferentes graus de compacidade, e sofre o desmonte com maior ou menor dificuldade.

A mesma observação pode ser feita com relação às classificações da Mecânica dos Solos, pois um solo caracterizado como argiloso pode, tão somente pela variação do teor de umidade, apresentar a resistência oferecida ao desmonte, de modo extremamente variável.

Além da umidade, outros fatores podem influir na capacidade do equipamento (tratores de lâmina, por exemplo) na execução do desmonte dos materiais de superfície. O desempenho deles depende de algumas características do solo, a saber:

a) Tamanho e forma das partículas

Quanto maior o tamanho das partículas individuais de um solo, mais difícil deve ser o desmonte pela borda cortante das lâminas e das caçambas.

As partículas com arestas vivas resistem mais ao corte e requerem maior potência para efetuá-lo do que as com formas arredondadas.

b) Vazios

Quanto menor o volume de vazios, as partículas individuais terão maior área de contato com as outras que as circundam, o que implica aumento do atrito de partícula a partícula. Um solo bem graduado, que tem pequeno volume de vazios, oferece maior resistência ao corte.

c) Teor de umidade

Os baixos teores de umidade aumentam o atrito entre os grãos, do que resulta maior dificuldade no desmonte dos solos mais secos. Por outro lado, os solos muito úmidos, que possuem grande quantidade de água nos interstícios, têm densidades maiores, o que significa maior potência da máquina para movê-los.

Resulta que os solos na umidade ótima oferecem as melhores condições para o trabalho de terraplenagem, além de produzirem pouco pó, facilitando a visão do operador e reduzindo o desgaste por abrasão.

5.7.3. Definição das categorias, segundo o DNIT

É a seguinte a definição das categorias de material escavado, no âmbito do DNIT:

- a) 1ª categoria: terra em geral, piçarra ou argila, rocha em adiantado estado de decomposição, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior de 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade, compatíveis com a utilização de “dozer”, “scraper” rebocado ou motorizado.
- b) 2ª categoria: rocha com resistência à penetração mecânica inferior ao granito, blocos de pedra de volume inferior a 1m³, matacões e pedras de diâmetro médio superior a 15 cm, cuja extração se processa com emprego de explosivo ou uso combinado de explosivos, máquinas de terraplenagem e ferramentas manuais comuns.
- c) 3ª categoria: rocha com resistência à penetração mecânica superior ou igual à do granito e blocos de rocha de volume igual ou superior a 1 m³, cuja extração e redução, para tornar possível o carregamento, se processam com o emprego contínuo de explosivo.

Em princípio, os materiais da 1ª categoria são aqueles facilmente escaváveis com os equipamentos normais, ainda que se apresentem bastante rijos, em razão de baixo teor de umidade, pois, se úmidos, podem perder a resistência oferecida ao desmonte.

Além disso, ainda que estejam misturados com pedras, seixos rolados ou matacões, desde que sejam escaváveis com o equipamento indicado, são considerados como de 1ª categoria.

O mesmo se pode afirmar no caso de rocha alterada, desde que apresente pouca compacidade e permita o uso dos equipamentos comuns.

Os materiais de 2ª categoria são mais resistentes ao desmonte e não admitem o uso dos equipamentos comuns, a não ser após o emprego de algum tratamento prévio.

Esse tratamento prévio é o desmonte inicial obtido com o emprego de motoniveladoras com escarificadores (“rippers”), acionados hidráulicamente e montados na parte posterior de tratores de esteiras pesados, que rasgam a superfície compactada, através de várias passadas, propiciando a posterior utilização do equipamento comum.

Muitas vezes, porém, há necessidade de serem empregados explosivos de baixa potência, de forma descontínua, nos trechos que demonstrem maior dureza e nos quais nem o emprego de “ripper” traz os resultados esperados.

Em outras circunstâncias, especialmente no caso de rocha em várias etapas de alteração, pode ocorrer a utilização concomitante dos dois processos, isto é, a pré-escarificação e o uso de explosivos.

Cabe assinalar, entretanto, que determinados equipamentos modernos, dispendendo de grande esforço trator, aliado à grande aderência (por exemplo, “motoscraper” de motor traseiro), utilizados por tratores empurradores (“pusher”), já têm sido empregados com relativo êxito na escavação de material de 2ª categoria, desde que o grau de resistência ao corte não seja muito elevado e não se apresente misturado com matacões ou blocos de rocha viva.

Atualmente, de acordo com a necessidade, a 2ª categoria costuma ser subdividida em duas subcategorias; conforme seja necessária a pré-escarificação e/ou o emprego de explosivos de baixa potência:

- 2ª categoria com material pré-escarificável;
- 2ª categoria com emprego descontínuo de explosivos e pré-escarificação.

A 3ª categoria, a rocha viva, é a melhor caracterizada, porque só a ela pertencem os materiais que apenas admitem o desmonte pelo emprego contínuo e exclusivo de explosivos de média e alta potência, e apresentam dureza igual ou superior à do granito.

5.7.4. Importância econômica da classificação

Na verdade, a necessidade de se classificarem os materiais de escavação nas citadas categorias provém do simples fato de que os mais resistentes, oferecendo maior dificuldade ao desmonte, demandam

emprego de um número maior de horas de equipamento ou obrigam ao seu uso de modo mais intensivo, gerando, obviamente, maiores custos de escavação.

Após essa constatação conclui-se que às diferentes categorias corresponderão preços unitários de escavação bastante diversos.

Daí deriva a importância econômica da classificação dos materiais, permitindo a remuneração dos serviços de desmonte de acordo com o esforço empregado nessa operação.

Assim, um trator provido de lâmina pode escavar com facilidade os materiais classificados na primeira categoria, com produção normal, de modo que o preço unitário fixado para essa categoria cubra os custos.

Entretanto, o mesmo trator pode escavar materiais mais compactos, mas, diante da maior resistência oposta ao corte, são necessárias mais horas do equipamento e, sobretudo, há maior desgaste para obter o mesmo rendimento do caso anterior, ocasionando o aumento do custo, além da faixa da primeira categoria. Assim, aplicando-se tão somente os critérios usuais de classificação, não há outra possibilidade, senão a de enquadrá-lo nessa última categoria quando, na realidade, os custos já devem ser suficientemente altos para o pagamento como segunda categoria.

Verifica-se, por conseguinte, que a aplicação pura e simples das definições apresentadas pode conduzir o classificador a afastar-se do preço justo a ser pago pelo trabalho efetuado, a dano de quaisquer das partes envolvidas, ou seja, o empreiteiro ou a Fiscalização.

É condição essencial ao classificador, possuir farta experiência anterior, aliada ao bom senso, para bem executar a sua tarefa, pois, de certa forma, o critério de classificação é um processo com grande componente subjetivo, que pode interferir na sua capacidade de julgamento.

Além disso, dada a grande variação das características das camadas de solos, especialmente quando existe alteração de rocha, em vários estágios do processo, torna-se muito difícil distinguir a transição das camadas, pois pode ocorrer a mudança gradual da consistência do material, dificultando o trabalho de classificação.

É evidente que os maiores obstáculos estão na transição da 1ª para a 2ª categoria, já que a caracterização da rocha viva é bastante fácil.

O problema se acentua, quando num corte são encontradas as três categorias, obrigando o classificador a estimar os volumes de cada uma delas, estabelecendo-se porcentagens mais ou menos arbitrárias.

Conclui-se, portanto, que muitas críticas fundamentadas podem ser feitas aos critérios de classificação. No entanto, não tem havido melhoria na solução do problema, apenas a tentativa de mudança das categorias, ora ampliando-as, ora reduzindo-as a duas, sem entrar no âmago da questão, que seria a eliminação do arbítrio ou critérios pessoais dos classificadores.

Nos atuais projetos de escavação de grandes volumes, os resultados da prospecção de solos podem fornecer informações relevantes à pré-determinação da natureza dos perfis de solos e rochas encontrados no subsolo e que devem ser alcançados durante a escavação, facilitando a estimativa dos volumes de materiais (solos e rochas) que devem ser posteriormente removidos.

Há diversos processos e equipamentos que efetuam furos de sondagem no terreno, tais como:

- Trado manual;
- Trado portátil acionado por motor;
- Trado rotativo montado sobre caminhão;
- Martelete de ar comprimido;
- Perfuratriz rotativa montada sobre trator.

5.7.5. A utilização dos materiais escavados nos cortes para execução de aterros

A utilização/distribuição de tais materiais é definida no Projeto de Engenharia, com base em análise técnico-econômica, considerando:

- As alternativas das características dos materiais disponíveis/escavados, em termos de seus parâmetros geotécnicos, particularmente o CBR e a expansão, abordados nas subseções 5.6 e 5.7;
- Os parâmetros geotécnicos exigidos pelas normas, as quais, naturalmente, exigem para a camada final (60 cm) dos aterros, parâmetros mais refinados do que os admitidos para o corpo de aterro;
- A pesquisa da distribuição de materiais que conduza ao “menor custo total”, refletido no custo mínimo para o binômio “escavação + transporte dos materiais”;

- A não utilização dos materiais classificados em 2ª categoria e em 3ª categoria, na execução da camada final dos aterros, em face de questões relacionadas com a granulometria, forma e dificuldades de trabalhabilidade.

A utilização de tais materiais, particularmente, deve ser definida no Projeto de Engenharia e se condiciona à observância da Especificação de Serviço adequada.

Recomendações relativas à execução das camadas de corpo de aterro com material pétreo estão apresentadas na seção 6.

5.8. MATERIAIS UTILIZADOS NAS OBRAS-DE-ARTE E DE DRENAGEM

Designam-se como obras de arte certas construções feitas ao longo das estradas, tais como: muros de arrimo, bueiros, pontilhões, pontes, viadutos e túneis. Na construção das obras-de-arte e de drenagem utilizam-se, normalmente, os seguintes materiais: madeira, areia, brita, pedra de mão, cimento, água, aço, tubos (de concreto, de aço corrugado, de plástico etc.), laje pré-moldada de concreto etc.

As alíneas “a” a “i”, que se seguem, contém esclarecimentos sobre tais materiais.

a) Madeiras empregadas em construção e suas características essenciais – De um modo geral, são empregadas as madeiras duras, de cerne de lei, em obras definitivas, ou em obras provisórias onde são requeridas certas resistências, tanto ao esforço a que são submetidas, quanto a uma ação destruidora de agentes exteriores.

A característica essencial das madeiras para construção é a durabilidade, aliada a uma resistência adequada à finalidade. Existem vários processos de tratamento (pinturas betuminosas, de alcatrão, de silicatos, de óleos, impregnação por imersão, por pressão a frio e a quente, metalização etc.) que aumentam a durabilidade das madeiras, sendo mais necessários nos casos das obras expostas aos agentes externos (sol, umidade, ventos, chuvas etc.) e, principalmente, quando depois de imersas são expostas ao ar e à água, alternadamente.

b) Aglomerantes – São todos os elementos ativos que entram na composição das pastas, argamassas e concretos. São geralmente materiais pulverulentos, que misturados intimamente com água formam uma pasta capaz de endurecer por simples secagem, ou então, o que é mais geral, em virtude de reações químicas. Há uma grande quantidade de aglomerantes, como: cal aérea, cal

hidráulica, gesso, cimento Portland comum, cimento Portland de alta resistência inicial, cimento Portland branco, cimento Portland de pega rápida etc.

- c) **Agregados** – São os materiais granulares e inertes, convenientemente graduados, que entram na composição das argamassas e concretos. Classificam-se em agregados miúdos e agregados graúdos.
- d) **Aço** – É todo produto siderúrgico obtido por via líquida, e de teor de carbono até 1,7 %.
- e) **Pasta** – É a mistura íntima de um aglomerante e água.
- f) **Argamassa** – É a mistura íntima de um aglomerante, um agregado miúdo e água.
- g) **Concreto** – É a mistura íntima de um aglomerante, agregados miúdo e graúdo e água.
- h) **Cimento Portland Comum** – É o aglomerante obtido pela pulverização do clínquer, resultante da calcificação até fusão incipiente de uma mistura íntima e convenientemente proporcionada de materiais calcários e argilosos, sem adição, após calcificação, de outras substâncias, a não ser água e gesso.
- i) **Concreto de Cimento Portland comum** – É o material resultante da mistura íntima de cimento Portland comum, agregados miúdo e graúdo e água. O produto assim obtido é denominado de concreto simples. Se, além desses materiais, entra também na sua composição o aço, ele é denominado de concreto armado. Se ao concreto simples adicionam-se pedras de mão (diâmetro máximo de 15 a 20 cm), ele se denomina concreto ciclópico.

6. MODALIDADES DE SERVIÇOS

6. MODALIDADES DE SERVIÇOS

6.1. ATIVIDADES PRELIMINARES

6.1.1. Exame do projeto de engenharia

Compreende a análise interpretativa e atenta do projeto, com vistas a uma tomada de conhecimento devidamente preciso e detalhado de todas as suas indicações e soluções e detendo-se, em especial, nos tópicos que apresentem maior vinculação com as atividades de terraplenagem.

Neste sentido, devem merecer atenção, entre outros, os seguintes componentes: Projeto Geométrico, Projeto de Terraplenagem, Projeto de Drenagem, Especificações de Serviços, Plano de Obras, Quantificação e respectiva distribuição temporal e espacial dos serviços, Cronograma de Utilização de Equipamentos e de Mão-de-obra e Canteiro de Obras e Instalações e informações pertinentes outras.

Com base na análise então procedida, e de forma conjugada com inspeções de campo, deve ser efetivada uma avaliação de ordem prática do seu conteúdo e da propriedade das soluções propostas, bem como da adequabilidade e suficiência dos fatores de produção a serem acionados na execução dos serviços.

6.1.2. Instalação do canteiro de serviços

Em função da dimensão da obra, vulto dos serviços, maior ou menor proximidade aos centros urbanos, tempo de execução, facilidades locais de energia elétrica e água potável, entre outras, o dimensionamento e a construção do canteiro terá características bastante diversas quanto às instalações a serem erigidas, como alojamentos para o pessoal, escritórios, almoxarifados e oficinas. Como regra geral, deve-se escolher um lugar, tanto quanto possível, perto do centro de gravidade dos serviços.

O tema está tratado, em adequado nível de detalhes, na Seção 7. Canteiro de serviços e instalações deste Manual.

6.1.3. Mobilização dos equipamentos

Esta etapa compreende as providências de caráter complementar ao enfocado na subseção anterior. Para tanto, após o exame do Projeto de Engenharia, conforme a subseção 6.1.1, e uma vez

selecionado e definido o equipamento (em termos de dimensionamento e cronograma de utilização), deve ser providenciado o respectivo transporte para o local da obra. As máquinas de esteiras e outras de grandes dimensões devem ser transportadas por carretas especiais. As unidades de pneus, desde que devidamente autorizadas pelos órgãos rodoviários, podem trafegar nas estradas, após cuidados especiais de sinalização, a fim de serem evitados acidentes.

O tópico, envolvendo inclusive a constituição das patrulhas de máquinas, está devidamente abordado na Seção 8. Equipamentos, deste Manual.

6.1.4. Construção de caminhos de serviço

A fim de permitir o adequado acesso a todas as frentes de trabalho do trecho a ser implantado, dando condições para que os equipamentos pesados atinjam as áreas de apoio e as frentes de serviços, devem ser implantadas estradas provisórias, intituladas caminhos de serviço, observando-se as exigências e recomendações constantes nesta subseção.

Tais estradas se constituem em obras de baixo custo, com movimentos de terra mínimos, envolvendo ordinariamente, a utilização de solo local e abrangendo plataforma com largura de 4,0 m a 5,0 m.

Quando evidenciada a necessidade, deve buscar-se uma melhoria relativa da plataforma e do “greide”, eliminando-se ou suavizando-se as rampas de inclinação mais forte.

Nas baixadas, ante a ocorrência de solos de má qualidade ou a possibilidade de inundações, pode caber a execução de pequenos aterros, com os respectivos dispositivos de drenagem, inclusive bueiros, para utilização provisória.

As pistas devem ser dotadas de adequadas condições de escoamento das águas pluviais. Se necessário, a plataforma deve dispor de declividades transversais de 1% a 2%, evitando-se a formação de poças d'água e/ou o umedecimento do solo, que diminuam sua capacidade de suporte.

As curvas horizontais de pequeno raio, com visibilidade reduzida devem ser evitadas. Se, por qualquer razão, não puderem ser eliminadas, é necessário organizar o tráfego nesses locais, a fim de evitar abalroamentos e diminuição de velocidade.

Os serviços de manutenção devem estar sempre presentes, com a mobilização de motoniveladora, para promover a regularização da pista e de sorte a garantir, para o equipamento, o desenvolvimento de velocidade adequada e com a devida segurança. Da mesma maneira, a fim de

combater a formação de poeira, deve-se umedecer as pistas com caminhões pipa, ou adicionar-se substâncias estabilizantes que retêm a umidade natural.

Excepcionalmente, ante condições adversas da geometria altimétrica e da geotecnia do caminho de serviço, e ante volume significativo do tráfego e sem possibilidade de alternativa viária, deve ser executado o revestimento primário do caminho de serviço.

Para a abertura destes caminhos de serviço, os tratores de esteiras com lâmina angulável são os equipamentos mais indicados, já que, na maioria dos casos, procura-se um traçado a meia-encosta, com secção mista de corte e aterro.

Cabe ainda enfatizar que, no caso da abertura de caminhos de serviço fora da faixa da linha de “off-sets”, atendidos os preceitos de otimização técnico-econômica, a utilização de caixas de empréstimo não deve recair em empréstimos definidos para a implantação propriamente dita da via e nem em áreas que possam vir a interferir ou a sobrepor-se à plataforma a ser implantada.

6.1.5. Serviços topográficos

6.1.5.1. Locação

É a primeira etapa destes serviços topográficos, a executar. Local quer dizer fazer marcas no terreno que orientem a operação.

Em estradas, a principal locação se refere ao eixo, pois ele é o mais importante e, uma vez marcado, permite fazer o resto das marcações. A marcação do eixo é feita colocando-se piquetes e estacas distanciadas entre si. Geralmente, se colocam estas marcas a cada 20 m e, por isso, a distância entre duas estacas se chama também uma estaca. Nos trechos em curva, para melhor visualizar-se a estrada, colocam-se os piquetes e estacas, em geral, a cada 10 m (meia estaca).

A marcação do eixo normalmente é feita por um topógrafo utilizando o teodolito, além de trenas e balizas. Os trechos retos são chamados “trechos em tangente” e são mais fáceis de marcar. Depois de marcado o eixo, procede-se à marcação dos “off-sets”.

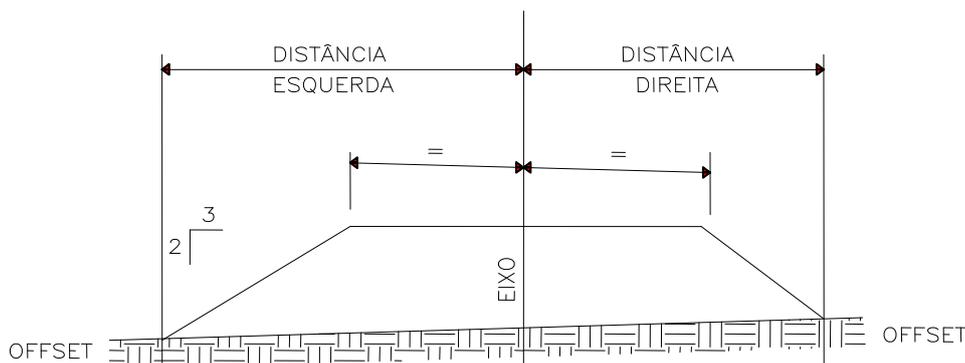
6.1.5.2. Marcação dos “off-sets”

A partir da locação do eixo são marcadas as laterais da estrada, através de piquetes e estacas chamadas de “off-sets”. Esses “off-sets” orientam os operadores das máquinas e é através deles que podemos saber se é necessário cortar ou aterrar aquela parte da estrada.

Para que se tenha uma perfeita marcação de “off-sets” é indispensável que a locação pelo eixo esteja convenientemente nivelada, que sejam reproduzidas as seções transversais da estrada e que se determine onde é necessário cortar e aterrar.

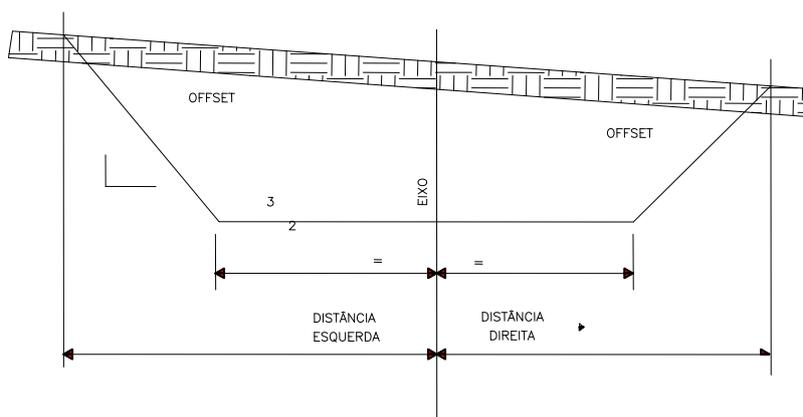
Os desenhos de projeto devem apresentar a plataforma da estrada (inclusive as superlarguras e superelevações das curvas) e os taludes e cristas de corte e de aterro.

Figura 53 – Seção transversal de aterro



Nas Notas de Serviço de terraplenagem, conforme modelo e abordagem constantes na subseção 4.4.2.3 deste Manual, estão indicadas as distâncias do eixo aos pés dos aterros ou das cristas dos cortes, para a direita e para a esquerda do eixo. Tais distâncias são indicadas, com suas respectivas cotas, além das cotas do terreno, cotas do projeto e diferença dessas, também chamada de cota vermelha.

Figura 54 – Seção transversal de corte



Posteriormente, após a locação do eixo, o topógrafo se encarregará de marcar essas distâncias no campo, a partir do eixo, para a esquerda e para a direita, cravando um piquete e uma testemunha nas cristas dos cortes e pés dos aterros.

Nos aterros, preferem-se marcar estes “off-sets” afastados 1,00 m na horizontal dos seus pés, para que essas marcações não sejam danificadas. Em seguida, um topógrafo deve nivelar todos estes “off-sets”, separando os da esquerda e da direita, podendo-se “fechar” esse nivelamento com as cotas indicadas na Nota de Serviço.

6.1.5.3. Relocação do eixo e dos “off-sets”

Depois de feita a limpeza do terreno e o desmatamento, por melhores que sejam os cuidados na execução desses serviços sempre acontecem danos às marcações havendo, pois, a necessidade de verificar a marcação do eixo e dos “off-sets”. Esta nova marcação se chama de relocação.

A relocação dos “off-sets” só pode ser feita depois de relocado o eixo, pois os “off-sets” são sempre dados pela distância ao eixo. A marca de “off-set” dá a que distância do eixo fica a crista do corte ou a saia do aterro. O lugar em que esta marca é enterrada no terreno é onde deve passar a crista do corte ou a saia do aterro. Quando o “off-set” está marcando um corte, escreve-se nele a letra “c” e quanto deve ser cortado; quando marca um aterro marca-se nele a letra “a” e a altura que o aterro deve atingir, quando pronto. Pode-se, também, usando uma vara, fazer uma marca de tinta ou usar-se uma cruzeta na altura que o aterro deve atingir.

Da mesma maneira, deve ser procedido novo levantamento de seções transversais, as quais devem, então, ser assumidas como as “seções primitivas”, para todos os procedimentos pertinentes da execução, controle e medição dos serviços.

Além das marcas de “off-sets”, costuma-se também marcar nas estacas de eixo a altura de corte ou de aterro. Assim, o topógrafo escreve na estaca, por exemplo: C 3,00 (corta 3 m) ou A 0,95 (aterro 95 centímetros).

Ainda em relação às marcações de eixo e “off-sets”, é preciso que se tome o maior cuidado com as mesmas durante a execução do serviço, pois, se elas não forem bem conservadas, tem-se que refazê-las frequentemente, com perdas de tempo, ou risco de cometer erros. É recomendável “amarrar-se” essas marcações, de modo a poder-se rápida e facilmente refazê-las.

Maiores cuidados devem ser tomados com a conservação das referências de nível (RN), pois, se elas forem abaladas ou removidas durante o trabalho perde-se muito tempo até colocá-las novamente em ordem. O RN é um marco, geralmente em concreto, com uma “cota” conhecida e que é usada como

referência para caracterização e definição das diversas cotas de terraplenagem, na fase de implantação da obra.

6.2. LIMPEZA, DESMATAMENTO E DESTOCAMENTO

6.2.1. Considerações iniciais

A limpeza, em terraplenagem, consiste na remoção da vegetação, de modo a permitir a perfeita execução dos serviços de terraplenagem evitando, principalmente, a presença de raízes que, apodrecendo, podem causar abatimentos, bem como a eliminação de todos os elementos ou ocorrências que possam vir a obstruir a plena e adequada execução dos serviços de terraplenagem. Chama-se limpeza, normalmente, quando a vegetação removida é rala. Quando existe vegetação de maior porte, a limpeza é chamada desmatamento, que pode ser leve ou pesado, conforme a altura e a quantidade de árvores (densidade).

Quando as árvores têm troncos mais grossos e raízes profundas, é preciso fazer também o destocamento. O DNIT classifica a operação de destocamento propriamente dito em dois tipos, de acordo com o porte das árvores: árvores com diâmetros compreendidos entre 0,15 m e 0,30 m e árvores com diâmetros maiores que 0,30 m. O diâmetro das árvores deve ser medido a uma altura de 1 m do solo.

Na operação de limpeza e desmatamento, são usados tratores de esteiras e motosserras. Quando as árvores são de porte pequeno, são usados apenas os tratores de esteiras, que executam todas as tarefas, desde o desmatamento até o encoivramento (operação de juntar a vegetação para remoção). Com as árvores de maior porte, quando a potência do trator de esteiras não é suficiente para derrubá-las, é necessário o uso de motosserra. Nesses casos, após a derrubada da árvore, é necessário executar o destocamento, que consiste em remover o toco que ficou.

Toda vez que se limpa grandes áreas é preciso remover a vegetação que foi derrubada. Isto pode ser feito com o uso de pás carregadeiras e caminhões.

Em atendimento à preservação ambiental, os desmatamentos são sempre feitos na menor área possível, deixando apenas uma pequena folga entre o fim do desmatamento e a crista do corte, ou entre ele e a saia do aterro.

De outra parte, quando se precisam remover grandes troncos, deve-se cortá-los de maneira a facilitar o manuseio, carga e transporte. Pedacos de 3,0 a 6,0 m são mais facilmente movimentados. Estes cortes são feitos normalmente com o uso de motosserra.

Devem ser previamente assinalados, mediante caiação, as árvores que devem ser preservadas e as toras que pretende reservar, as quais devem ser então, transportadas para local determinado, visando posterior aproveitamento.

A limpeza deve ser sempre iniciada pelo corte das árvores e arbustos de maior porte, tomando-se os cuidados necessários para evitar danos às árvores a serem preservadas, linhas físicas aéreas ou construções nas vizinhanças.

Para a maior garantia / segurança as árvores a serem cortadas devem ser amarradas e, se necessário, o corte deve ser efetuado em pedacos, a partir do topo.

6.2.2. Caracterização dos fatores que afetam a execução do desmatamento

Com o objetivo de promover, de forma detalhada, a programação dos serviços, devem ser efetivadas inspeções in loco, buscando caracterizar, em termos de aspectos favoráveis ou desfavoráveis à execução dos serviços, os fatores pertinentes, os quais estão enfocados a seguir:

a) Porte da vegetação

O número de árvores e seu tamanho, representado pelo diâmetro dos troncos, a densidade da vegetação, o sistema de raízes e seu desenvolvimento subterrâneo são fatores que devem ser determinados, através de inspeção local.

b) Uso final da terra

A finalidade do terreno indica os diferentes tipos de limpeza a serem efetuados. Dependendo da implantação a ser feita, estradas, edificações, reflorestamento ou atividades agrícolas, as exigências de cada caso devem ser mais ou menos rigorosas.

c) Condições do solo

A profundidade da camada de terra vegetal, a presença maior ou menor de matéria orgânica, o teor de umidade e a existência de blocos de rocha ou matacões são fatores que influem na escolha dos equipamentos e nos processos a serem usados.

d) Topografia

Rampas de grande declividade, valetas, áreas pantanosas e formações rochosas afetam a operação de certos equipamentos.

e) Especificações dos serviços e da obra

Com estes elementos se definem tópicos como o tamanho da obra, prazo de execução, disposição final do entulho resultante, exigências de conservação dos solos, os quais influem na seleção e utilização das máquinas.

6.2.3. Aspectos construtivos e particularidades

Esses serviços de limpeza da faixa, de conformidade com o exposto na subseção 6.2.1, compreendem três itens principais:

- Derrubada, remoção da vegetação e destocamento;
- Retirada da camada de terra vegetal;
- Remoção de blocos de rocha, pedras isoladas, matacões etc.

A derrubada da vegetação é feita, de preferência, com tratores de esteiras com lâmina ou com implementos especiais, apropriados às tarefas.

A primeira exigência é que o equipamento empregado no desmatamento possua estruturas metálicas de proteção à cabina do operador e à própria máquina, para protegê-los da queda de galhos e ramos secos, ou mesmo da árvore a ser derrubada.

Devem ser especialmente protegidos a cabine, o motor e acessórios (filtro de ar), linhas hidráulicas, os cilindros hidráulicos e o guincho traseiro. O radiador e a parte inferior do bloco do motor (carter) devem ser protegidos por chapas de aço ou telas reforçadas, pois ficam expostos ao choque com troncos e matacões de rochas, arrastados pela lâmina.

Podem-se destacar dois processos utilizados na execução do desmatamento: corte em paralelo e corte em retângulos.

Nos cortes em paralelo o trator percorre trajetos paralelos, mas com sentidos contrários, empilhando, o “entulho” nos dois lados. A distância percorrida em cada lance deve variar entre 30 e 60 m, ficando

nos limites econômicos do equipamento. A lâmina permanece na posição normal, sem angulação, devendo, cada passada, corresponder à sua largura.

Figura 55 – Desmatamento – Corte em paralelo

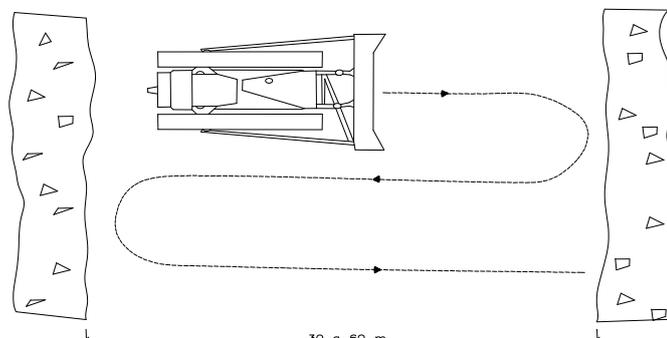
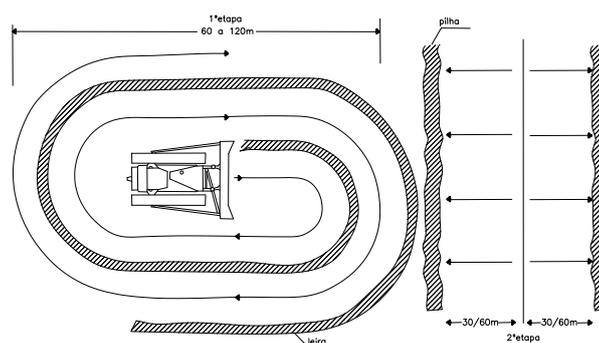


Figura 56 – Desmatamento – Corte em retângulo



O corte em retângulo pode ser feito em perímetros crescentes ou decrescentes, com a lâmina em posição angulada (1ª etapa), deixando o “entulho” leirado. A seguir deve ser empurrado para os dois lados, formando pilhas (2ª etapa).

Adicionalmente, em função do exposto nas subseções 6.2.1 e 6.2.2, pode-se constatar a conveniência da utilização, de forma conjugada com os equipamentos mencionados, dos seguintes implementos:

- Empurrador de árvores

É um implemento formado por um quadro reforçado colocado sobre a lâmina e que eleva o ponto de aplicação da força, com maior momento de tombamento, aumentando a sua eficiência. Tem, ainda, a vantagem de deixar a máquina mais afastada da árvore, livrando-a, em parte, da queda de galhos secos.

– Destocador

O destocador (“stumper”) é um implemento destinado à remoção de tocos deixados após o corte da árvore com a lâmina desmatadora.

O princípio de sua aplicação é o uso da força concentrada do empuxo do trator numa área reduzida e ao mesmo tempo da força de levantamento da lâmina. A curvatura do destocador e sua pequena largura permitem a entrada no solo e aplicação da força por baixo do toco, removendo-o com todas as ramificações.

Quando o sistema de raízes é muito desenvolvido é necessário o corte das raízes secundárias com a lâmina do trator.

– Ancinho

Este implemento é frequentemente usado na derrubada de capoeiras e cerrados que apresentam vegetação de pequeno porte e diâmetro dos troncos menor do que 20 cm. É utilizado também no enleiramento ou formação de pilhas (leiras) do material anteriormente derrubado. Possui dentes bem espaçados e a própria lâmina tem aberturas que permitem a terra escoar, separando o “entulho” acumulado nas leiras, da terra vegetal.

6.2.4. Outros elementos de obstrução

Após a limpeza, ou enquanto ela está sendo feita, ou ainda, mesmo antes de iniciá-la, podemos encontrar linhas de transmissão, de telégrafo, de telefone, ou cercas, construções e outras benfeitorias, inclusive plantações. Quando isto acontece, deve-se tomar muito cuidado para evitar danos.

Quando se tratar de linhas, sejam elétricas, telegráficas ou telefônicas, elas não podem ser retiradas sem que antes se tenha autorização do proprietário. As linhas de transmissão ainda apresentam perigo de vida quando estão ligadas. As providências para sua retirada devem ser tomadas o mais cedo possível, pois as autorizações para remoção são geralmente demoradas.

Quando se tratar de construções ou outras benfeitorias (pequenos açudes, cercas, plantações etc.) é preciso saber se podem ser destruídas, se já foram indenizadas, ou pelo menos verificadas, para efeito de indenização. Dependendo da região em que se trabalhe, esse tipo de obstrução pode causar atrasos.

No caso de remoção de cercas, deve-se sempre construir primeiro a nova antes de remover a antiga, visando evitar estragos em plantações ou pastagens, ou ainda saída de animais para a faixa de trabalho, trazendo perigo ao trânsito dos equipamentos.

6.3. EXECUÇÃO DOS CORTES

6.3.1. Considerações iniciais

O corte é um segmento da rodovia, cuja implantação requer escavação do material constituinte do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto que definem o corpo estradal.

Os materiais constituintes, para efeito de escavação/execução dos cortes, devem ser classificados, de conformidade com o exposto na seção 5 deste Manual, na qual foram enfocadas e definidas as três categorias de materiais, as quais são caracterizadas em função da maior ou menor dificuldade, ou resistência que oferecem ao desmonte.

O início e desenvolvimento dos serviços de escavações de materiais, objetivando a implantação de segmento viário em corte, se condicionam à prévia e rigorosa observância do disposto a seguir.

As áreas a serem objeto de escavação, para efeito da implantação de segmento de corte, devem apresentar-se convenientemente desmatadas e/ou destocadas e estando o respectivo entulho devidamente removido.

Os segmentos em aterro, em cuja execução devem ser utilizados, de forma parcial ou total, os materiais escavados do segmento do corte a ser implantado, devem estar devidamente tratados, em termos de desmatamento, destocamento e remoção do entulho e obstruções outras e, assim, em condições de receber as correspondentes deposições dos materiais provenientes do corte em foco.

As obras-de-arte correntes, previstas para execução de tais segmentos em aterro, devem estar devidamente construídas e concluídas.

As marcações do eixo e dos “off sets”, bem como as referências de nível (RN) relacionadas com os segmentos interferentes com os serviços, devem, após as operações de desmatamento e destocamento, ser devidamente checadas e, se for o caso, revistas, de sorte a guardarem consonância com o Projeto Geométrico.

As correspondentes fontes ou tomadas d'água indicadas no Projeto de Engenharia, devem estar, na forma devida, preparadas e equipadas, e em condições de municiarem, regularmente, as operações de compactação dos aterros reportados.

Os locais definidos em projeto para “bota-foras” e/ou “praças para depósitos provisórios” de materiais oriundos do corte em foco, devem estar convenientemente preparados e aptos a receberem os respectivos materiais de deposição e as operações consequentes.

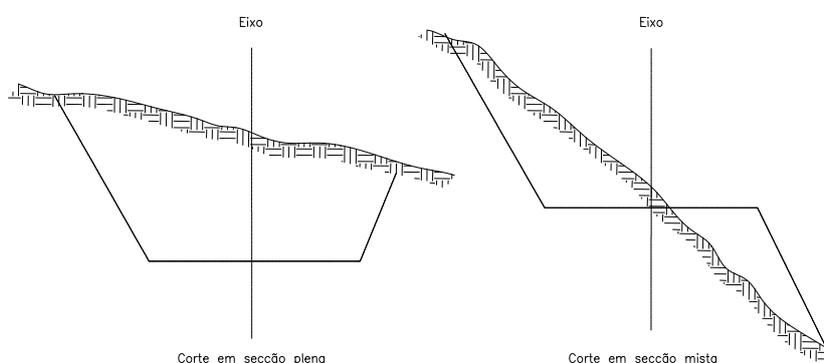
Os caminhos de serviço, concernentes aos vários trajetos então definidos devem estar devidamente concluídos.

6.3.2. Modalidades de cortes

Os cortes podem ser:

- a) **Em seção plena** (ou em caixão), quando a implantação corresponde ao encaixe completo da seção transversal no terreno natural;

Figura 57 – Modalidades de cortes



- b) **Em meia-encosta** (seção mista), quando a implantação corresponde ao encaixe, apenas parcial, da seção transversal no terreno natural, caso em que a plataforma apresenta parte em aterro e parte em corte;
- c) **Em raspagem**, quando a sua altura não supera 0,40 m em seção plena ou 0,80 m em seção mista.

6.3.3. Aspectos construtivos e particularidades

Em consonância com o exposto anteriormente, a sequência construtiva dos cortes deve ser:

- Locação topográfica do eixo, “off-sets” etc.;
- Limpeza da faixa, remoção da vegetação e de obstáculos;
- Remoção da camada de terra vegetal;
- Atividades preparatórias;
- Escavação propriamente dita, utilizando o equipamento adequado;
- Acabamento final.

Os quatro primeiros tópicos já foram objeto de abordagem anterior e, em sequência, são enfocadas as atividades de escavação, na forma das subseções 6.3.3.1, 6.3.3.2 e 6.3.3.3.

Os tópicos relacionados com o acabamento final são objetos de abordagem na subseção 6.6, contemplando, em conjunto, a execução dos cortes e aterros.

6.3.3.1. Escavação de materiais de 1ª categoria

Os equipamentos mais usados na escavação de material de 1ª categoria são os tratores de lâmina, os “motoscrapers” e as carregadeiras e caminhões, sendo a escolha feita de acordo com os parâmetros estabelecidos, de uma forma geral, com base em considerações técnico-econômicas.

De modo geral, toda a escavação de material de 1ª categoria, com distâncias curtas (< 100 m), deve ser executada com trator de lâmina, equipamento do qual resultam para estas distâncias os menores custos. Mesmo nas que apresentem distâncias maiores, todo o volume de corte que for economicamente viável deve ser feito com esse equipamento e o restante pelas outras máquinas: “motoscrafer” ou carregadeiras e caminhões, dentro das respectivas faixas econômicas de distância.

Releva observar que, presentemente, a tendência para execução dos serviços para escavação de solos na área rodoviária é a utilização de escavadeiras (retroescavadeiras), conjugada com a utilização de caminhões.

O acabamento dos taludes e da plataforma, para conformá-los às cotas e configurações definidas no projeto, deve ser feito com motoniveladora.

Quanto aos solos, aqueles que forem julgados tecnicamente inadequados para a execução do aterro devem ser levados a “bota-foras”, conforme o caso, e substituídos por volumes equivalentes de material de qualidade aceitável, obtidos em caixas de empréstimo (ou cortes, outros).

Como regra geral, quando encontramos no corte solos de boa qualidade de suporte, devemos colocá-los nas camadas finais do aterro e que constituirão o subleito do pavimento, ainda que haja necessidade de estocá-los e recarregá-los. A economia da espessura do pavimento pode compensar em muito esse custo adicional.

Se ocorrerem solos de ótima capacidade de suporte (solo A-2-4-HRB, por exemplo), deve ser preferível estocá-los, para o uso posterior em camadas de reforço do subleito ou mesmo na sub-base.

Este tema deve ser devidamente tratado, quando da elaboração do Projeto de Engenharia.

6.3.3.2. Escavação de materiais de 2ª categoria

Os materiais classificados como de 2ª categoria são aqueles que não podem ser escavados de forma normal e econômica pelos equipamentos usuais, a saber: tratores de lâmina, “motoscrapers”, escavadeiras e carregadeiras, devido à elevada resistência mecânica à extração, que pode atingir valores estimados entre 500 e 1000 kg/cm².

Para o desmonte desses materiais devem ser utilizados escarificadores ou “rippers”, que são montados na parte posterior dos tratores de esteiras de elevada potência e grande esforço trator (> 50.000 kg). Recomenda-se, nesse caso, o emprego de equipamentos com mais de 250 HP, isto é, tratores pesados, da classe dos CAT D8, D9 e D10, enfocados na seção 8 deste Manual.

O processo de escarificação, em função das características do material a ser trabalhado, comporta duas qualificações, a saber:

- Escarificação leve: No caso da ocorrência ou situações de estratificação; grandes fraturas ou fissuras; planos de clivagem (“veios”); alto teor de umidade; laminação em camadas finas; alteração profunda da rocha (decomposição);
- Escarificação pesada: No caso da ocorrência ou situações de rochas de granulação fina com cimentação; material sem falhas ou planos de clivagem; rocha homogênea e de densidade média; resistência ao impacto; rocha em estágio inicial de alteração.

No que diz respeito aos equipamentos, os seguintes fatores intervêm no processo de desmonte por escarificação:

- Potência do motor e esforço trator na barra de tração;
- Número de dentes do escarificador (de um a cinco);
- Comprimento dos dentes;
- Velocidade de deslocamento (1ª marcha).

Existe uma diversidade de tipos de escarificadores, bem como de configurações e dimensões dos dentes.

Cumpra observar que os materiais mais resistentes, quando naturalmente fissurados, fraturados ou estratificados, sofrem a ruptura de maior volume a cada passada do escarificador, desde que os “veios” naturais sejam bem aproveitados.

6.3.3.3. Escavação de materiais de 3ª categoria (rochas)

Ao se atacar um corte em rocha, deve-se primeiramente limpar bem o corte e remover toda a camada de solo existente sobre a rocha, para depois iniciar a escavação. A camada sobre a rocha geralmente é constituída de solo duro ou rocha decomposta, removível por escarificação pesada, com emprego eventual de explosivo na redução de blocos maiores. Além da rocha decomposta, pode ocorrer que essa capa se constitua de rocha muito fissurada, entremeada ou não de terra. Também nesse caso, sua remoção se faz com escarificação pesada e uso eventual de explosivo, como no caso da rocha decomposta.

Essa escarificação pesada é feita com trator de esteiras pesado, usando um só dente no escarificador, o do centro. Sempre que possível, a escarificação deve ser usada, pois além de dar ótimo resultado, evita que se use explosivo, cujo rendimento em materiais fissurados é muito baixo.

Quando o corte é de rocha compacta (também chamada rocha sã), ou quando ela é atingida após a remoção da capa, é preciso recorrer ao uso de explosivo, de modo a reduzir as suas dimensões, tornando possível removê-la.

Os cortes em rocha como todos os cortes, podem ser em meia encosta ou em seção plena. Diferentemente da terraplenagem em solos, onde executar um corte em meia-encosta ou em seção

plena não faz grande diferença, quando se vai extrair rocha essa diferença é muito significativa, sendo, geralmente, mais fácil o corte em meia encosta do que o corte em seção plena (em caixão).

Isto acontece por duas razões principais:

- Na meia encosta se dispõe de mais “superfície livre” na pedra, o que facilita o trabalho do explosivo;
- Na meia encosta, a “descarga” do corte é muito facilitada pelo terreno, pois reduz as dificuldades do equipamento na remoção da rocha. Em algumas situações nem é necessário equipamento algum para fazer essa remoção.

Por essas razões, sempre que se puder transformar (mesmo com algum aumento de volume) um corte em caixão num corte em meia encosta, isto deve ser feito pelas facilidades de trabalho que se consegue.

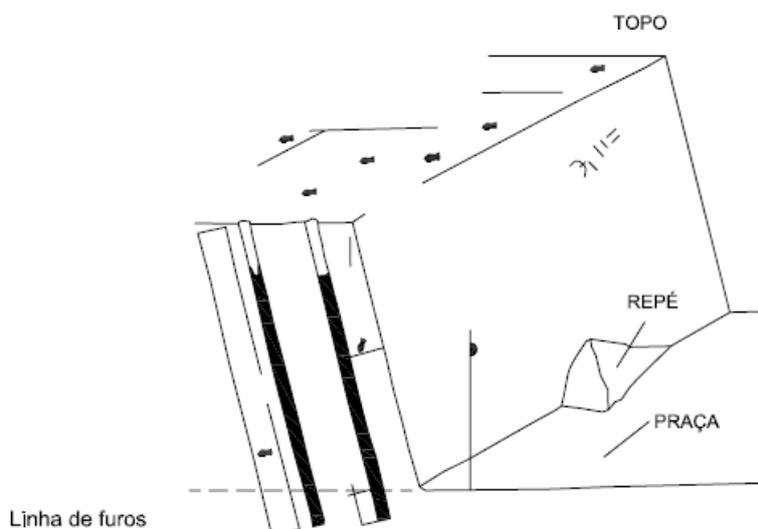
Em sequência, são enfocados de forma sumária tópicos de interesse, relacionados com a escavação de rochas.

- Plano de fogo

No tocante à configuração dos furos, cabe registrar o seguinte:

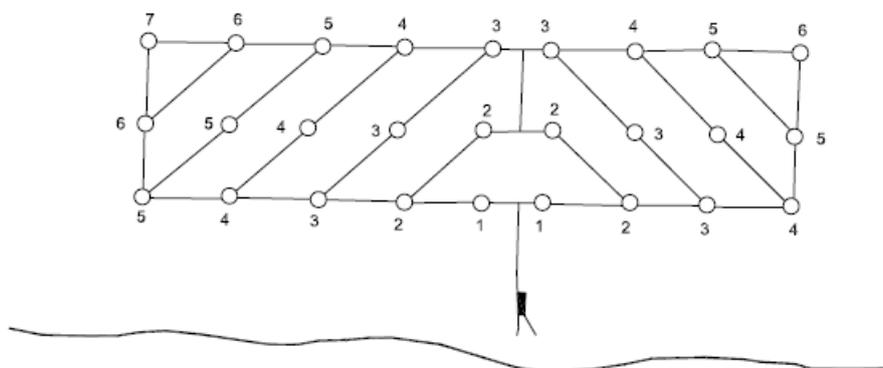
- A linha de furos deve ser feita paralelamente à face exposta;
- A distância do furo à face livre é chamada de “afastamento” e a distância de um furo a outro é chamada de “espaçamento”;
- Para uma boa detonação o espaçamento deve ser maior que o afastamento.

Figura 58 – Plano de fogo



Outro cuidado importante é fazer a perfuração numa profundidade maior que a altura que se quer retirar de pedra, pois somente assim é que se garante a remoção da pedra na altura certa. A perfuração que se faz ultrapassando a cota até onde se quer retirar a pedra deve ser de 25 a 30 cm para cada metro da altura perfurada.

Figura 59 – Plano de fogo mostrando a sequência da explosão



A quantidade de explosivo que se coloca num furo é geralmente dividida em: “carga de fundo”, colocada no fundo do furo; e a “carga de coluna”, distribuída no resto do furo. Além da carga, existe o “tampão”, que é colocado acima da carga de coluna, e pode ser feito com fragmentos de rocha, abaixo de 3/8 de polegada, em comprimento aproximadamente igual ao afastamento utilizado. Esse tampão evita a perda de rendimento da explosão por escapamento dos gases e evita o lançamento indesejado de pedras a longas distâncias.

– Ciclo de fogo

No trabalho de extração de rocha é importante o estabelecimento do que se chama “ciclo de fogo” com tempo definido, para se obter um bom resultado. O “ciclo de fogo” é a sequência das operações necessárias à extração da rocha, ou seja: perfuração, detonação, carga, transporte e descarga. O estabelecimento de tempos definidos de cada um desses trabalhos evita perdas de tempo e dá ordem ao trabalho, facilitando o serviço.

Tal sequência deve ser planejada de forma meticulosa, sendo importante a sua devida observância durante a execução dos serviços. Não se deve alterar tal sequência, retardando-se as fases que devem ser feitas, pois isto pode causar sensíveis perturbações aos serviços. Há serviços que podem e devem ser feitos ao mesmo tempo, como é o caso da perfuração, que pode ser feita simultaneamente com a limpeza do corte resultante da detonação anterior.

– Segurança da operação

Quando se trabalha com explosivos, é fundamental se tomar uma série de providências que trazem segurança ao pessoal e equipamento.

Assim é que, na execução dos cortes em rochas, devem ser tomados os seguintes cuidados, objetivando a segurança do pessoal e dos equipamentos:

- Estabelecer um horário rígido de detonação, com horas certas de fogo, e cumpri-lo à risca;
- Não trabalhar com explosivos à noite;
- Abrigar bem o equipamento e fazer com que o pessoal se proteja, de modo que as pedras da explosão não o atinjam;
- Avisar a comunidade local e colocar vigias, para evitar a aproximação de pessoal estranho nas vizinhanças do corte na hora da explosão;
- Não permitir a permanência de pessoas estranhas ao serviço durante qualquer fase do ciclo, pois todas as fases são perigosas;

- Somente permitir o manuseio de explosivo por pessoa habilitada e usar sempre as mesmas pessoas nesse serviço, e num número o mais reduzido possível (somente o estritamente necessário);
- Somente trazer do depósito a quantidade de explosivo necessária à detonação, não permitindo sobras;
- No caso de haver qualquer excesso por erro de cálculo na quantidade, esse material, inclusive os acessórios (espoleta, estopim etc.), deve ser levado de volta ao paiol, antes da detonação.

– Equipamentos específicos

- Equipamentos para Perfuração

Para a perfuração, os equipamentos utilizados são os compressores de ar, associados a perfuratrizes leves, médias ou pesadas.

- Detonadores

Para obter um melhor rendimento do explosivo e, também, possibilitar a explosão simultânea de grandes quantidades de explosivos (o que influi muito no rendimento) é necessário detonar o fogo de todas as minas de uma só vez, o que se faz usando detonadores elétricos. Esses detonadores podem ser de magneto ou à pilha. O processo de detonação pode-se valer, também, de geradores ou mesmo de tomadas da rede elétrica.

- Retardos

Retardos são pequenos dispositivos usados para atrasar a explosão de uma mina em relação às outras. Com este atraso, se melhora muito o rendimento do explosivo, pois se criam mais faces.

– Limpeza e remoção da rocha extraída

De muita importância quando se trabalha em cortes de rocha, é a retirada do material escavado. Deve-se sempre ter uma saída fácil desse material, de modo a melhorar o rendimento geral. No caso dos cortes em caixão, muito extensos, às vezes compensa abrir uma ou mais “janelas” em locais escolhidos. São apresentadas, a seguir, algumas recomendações pertinentes a estes serviços:

- Quando o corte é curto e o local de bota-fora é próximo, a remoção deve ser feita diretamente por uma pá-carregadeira de esteiras ou de pneus, que carregue e transporte a pedra, não havendo necessidade do uso de caminhões;
- Os locais de bota-fora devem ter sua escolha norteadas pelas mesmas recomendações feitas quando se tratou dos cortes em solo, e procurando-se não causar danos ao meio-ambiente;
- Nos cortes em meia encosta, o explosivo mesmo faz a maior parte da descarga, podendo-se usar tratores de esteiras para completar essa limpeza;
- Quando se trabalha com equipamento de pneus nas escavações em rocha é preciso muito cuidado, de modo a manter o “piso” uniformizado e revestido, para evitar acidentes com os pneus. Os pneus, nesses casos, devem ser os apropriados para trabalhos em rocha, podendo-se, ainda, protegê-los com blindagens especiais para esse tipo de trabalho;
- Os tratores de esteira devem ter sapatas reforçadas e lâminas especiais ou com proteção; as escavadeiras e pás-carregadeiras devem ter suas conchas reforçadas e com dentes especiais para rocha; os caminhões devem ter carrocerias reforçadas e também especiais, não possuindo tampa traseira;
- Os pneus das pás-carregadeiras devem ser apropriados para o serviço e, se possível, possuir correntes de proteção, sendo importante, mesmo assim, a manutenção de um “piso” regular e revestido, para um bom trabalho desse equipamento, sem perigo de perda frequente de pneus.

6.4. EXECUÇÃO DOS ATERROS

6.4.1. Considerações iniciais

Conforme o constante na subseção 2.2.1.3 – Elementos adicionais afins e particularidades, integrantes da seção 2 deste Manual, o aterro é definido como “segmento de rodovia cuja implantação requer depósito de materiais provenientes de cortes e/ou de empréstimos, no interior dos limites das seções de projeto (off-sets) que definem o corpo estradal”.

O início e desenvolvimento dos serviços de execução de aterro, pertinente a um segmento viário, se condiciona à rigorosa observância do disposto a seguir:

- As áreas a ser objeto de deposição de materiais, para efeito da implantação do segmento de aterro reportado, devem apresentar-se convenientemente desmatadas e/ou destocadas, estando o respectivo entulho devidamente removido;
- As obras-de-arte correntes, previstas para execução no segmento do aterro em foco, devem estar devidamente construídas e concluídas;
- As marcações de eixo e dos “off sets”, bem como as referências de nível (RN) relacionadas com os segmentos interferentes com os serviços devem, após as operações de desmatamento e destocamento, ser devidamente checadas e, se for o caso, revistos, de sorte a guardarem consonância com o projeto geométrico;
- As correspondentes fontes ou tomadas d’água, indicadas no Projeto de Engenharia, devem estar, na forma devida, preparadas e equipadas, e em condições de funcionarem, regularmente, as operações de compactação dos aterros reportados em foco;
- Os caminhos de serviço concernentes aos vários trajetos então definidos devem estar devidamente concluídos.

6.4.2. A importância da compactação dos aterros

Pode-se afirmar que a compactação dos aterros é a fase em que maiores cuidados devem ser tomados no emprego correto das técnicas e procedimentos recomendados, pois a má execução desse trabalho tem sempre consequências desagradáveis e onerosas ao construtor e ao usuário das obras. O maior problema é quanto à execução dos aterros, sem que o adensamento desejável tenha sido obtido em todo o maciço de terra. As falhas cometidas refletem-se, às vezes, decorrido muito tempo após a construção, em recalques excessivos, escorregamentos da saia do aterro e erosão rápida, devido à ação das águas pluviais.

Assim, a compactação é tarefa de maior importância, existindo fatores adversos e aleatórios que perturbam sua operação como: chuvas, excesso de umidade do solo e variação imprevisível nas suas características e que podem vir a contribuir para a eventual má qualidade do aterro.

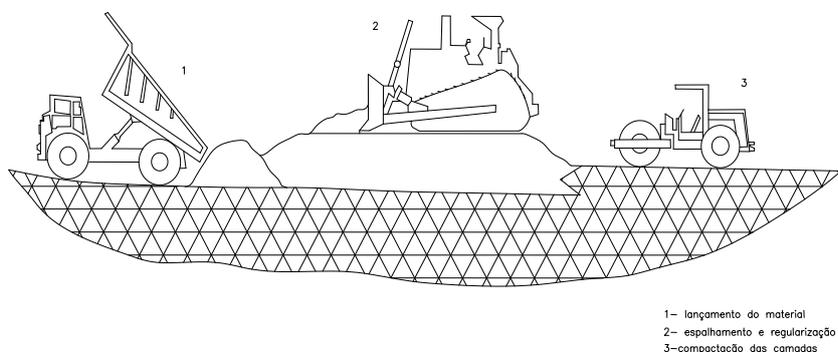
A meta almejada, no caso, deve ser sempre a obtenção das massas específicas indicadas no Projeto de Engenharia e/ou pelas Especificações das Obras, cujo tema é enfocado a seguir. Entretanto, algumas regras básicas devem ser obedecidas, visando-se o bom desenvolvimento e a qualidade dos serviços.

- a) Uma vez processada a limpeza do terreno, os buracos ou depressões ocasionados por desmatamento/destocamento, devem ser preenchidos com material dos cortes ou empréstimos devidamente compactados;
- b) Iniciar o aterro sempre no ponto mais baixo, em camadas horizontais;
- c) Prever o caimento lateral ou longitudinal para o rápido escoamento das águas pluviais, evitando o seu acúmulo em qualquer ponto.

6.4.3. Aspectos construtivos e particularidades

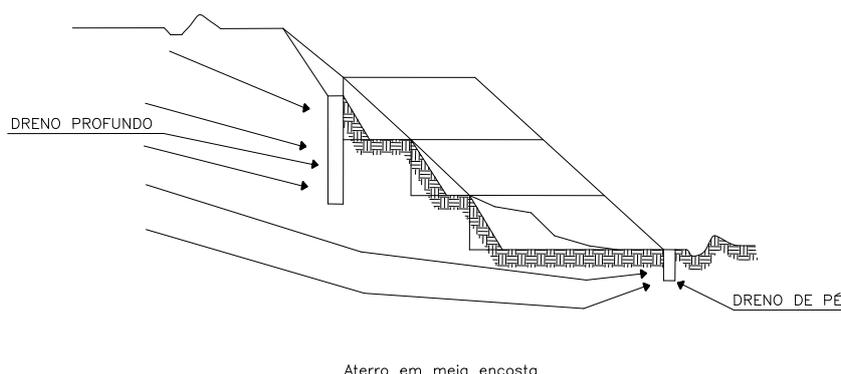
Há três etapas distintas na execução propriamente dita dos aterros: o lançamento do material pelo equipamento de transporte; o espalhamento em camada, e a compactação (de cada camada). Sempre que as condições locais permitirem, os serviços devem ser organizados para que se tenha uma ou mais frentes de trabalho em que as citadas etapas sejam devidamente escalonadas. Obtêm-se, assim, mais flexibilidade e maior rendimento na operação, minimizando-se as interferências do tempo meteorológico e das falhas mecânicas dos equipamentos.

Figura 60 – Implantação de aterros



A implantação de aterros em meia encosta reveste-se de muita importância, e requer cuidados especiais sob o aspecto da estabilidade, que, por sua vez, está ligada a outros aspectos, tais como: inclinação da encosta, altura do aterro, natureza do solo de fundação, presença de água subterrânea, sistema de drenagem etc.

Figura 61 – Aterro em meia encosta



Feita a limpeza da vegetação e do solo superficial, antes do início do aterro deve ser feito um escalonamento, procurando criar patamares na direção das curvas de nível do terreno a receber o aterro, que servirão de apoio às primeiras camadas.

O escalonamento deve ser feito simultaneamente à subida do aterro, conforme ilustra a Figura 61. Entre os objetivos principais deste escalonamento podemos citar:

- Realizar o engastamento do aterro com o terreno natural, para evitar possíveis deslizamentos pela falta de aderência ou diminuição da coesão interna pelo efeito lubrificante da água;
- Adotar medidas de prevenção para a drenagem, caso venha a ser verificada a ocorrência de água subterrânea;
- Criar condições de trabalho para a operação mais eficiente do equipamento;
- Permitir o controle geométrico do talude do aterro, especialmente nos de grande altura.

6.4.4. Compactação de aterros

Compactação de aterros é o processo manual ou mecânico de aplicação de forças destinadas a reduzir o volume do solo até atingir a densidade máxima. Entre outras razões, a diminuição do volume deve-se a:

- Melhor disposição dos grãos do solo, permitindo aos menores ocupar os espaços deixados pelos maiores;
- Diminuição do volume de vazios pela nova arrumação do solo;

- Utilização da água como lubrificante.

Cabe ainda considerar que, sendo a compactação o processo destinado a diminuir o volume do solo pela ação de um esforço externo, esta diminuição se dá até o ponto em que a maior parte das partículas entra em contato umas com as outras, ocasionando uma quantidade mínima de vazios, uma parte cheia de ar e outra de água.

Nesta situação, o solo atinge uma “densidade máxima”, auxiliada pela ação da água, quer lubrificando, quer provocando a coesão entre as partículas. A umidade que corresponde à quantidade mínima de água necessária para atingir este ponto chama-se de “umidade ótima”. Por outro lado, para que isto aconteça é necessária a ação de uma determinada quantidade de energia, chamada “energia de compactação”.

6.4.4.1. Particularidades dos solos ante a compactação

No tocante à compactação, existem dois grandes grupos de solo:

- Solos coesivos – São solos muito finos, com predominância de silte e argila. São abundantes nas regiões tropicais úmidas, e escassos nas regiões áridas. Pela sua natureza coloidal, retêm, na sua estrutura, quantidade de água maior que outros solos. Os solos coesivos possuem partículas coloidais, que têm a capacidade de “absorver” a água, dando origem à coesão entre as mesmas. A absorção é um fenômeno molecular diferente da capilaridade e da água livre;
- Solos granulares – São solos com predominância de grãos de rocha de tamanho variável. A parte fina destes solos pode ser arenosa ou siltosa.

Na compactação dos solos coesivos (argilas), a função da água é envolver as partículas mais finas de solo, dotando-as de coesão. Qualquer acréscimo de água superior ao necessário fica entre as partículas, separando-as; o esforço de compactação, neste caso, é utilizado para expulsar a água, procurando a aproximação das partículas.

Nos solos granulares (arenosos), há predominância de partículas sólidas que entram em contato entre si, transmitindo o esforço que recebem. A água funciona como lubrificante, facilitando a movimentação e o entrosamento. O excesso de água é facilmente eliminado por drenagem ou evaporação. Na compactação dos solos granulares, o esforço aplicado é transmitido pelas partículas sólidas, que se movimentam com menos atrito, pela ação lubrificante da água.

6.4.4.2. Mecânica da compactação

Para a diminuição dos vazios de um solo, pela arrumação dos grãos, é necessário: equipamento adequado que forneça a energia de compactação (compactadores) e água natural ou adicionada, para servir como lubrificante entre as partículas sólidas.

A energia de compactação é fornecida pela ação dos rolos compactadores.

A quantidade de energia de compactação necessária para estabilizar um solo está relacionada com a natureza do solo e a função que vai desempenhar (aterro, sub-base, base etc.); portanto, a natureza do solo, o teor de água, a energia de compactação e o processo de compactação são os fatores que intervêm na compactação dos solos.

São conhecidos quatro processos fundamentais de compactação:

- a) **Por compressão** – o esforço é proveniente da aplicação de uma força vertical, de maneira constante, o que provoca o deslocamento vertical do solo. Este deslocamento permite uma melhor arrumação das partículas, objetivando sempre a diminuição do volume de vazios.
- b) **Por amassamento** – consiste na aplicação simultânea de forças verticais e horizontais provenientes do equipamento utilizado. Esta ação simultânea de forças é conseguida pelos rolos compactadores rebocados ou autopropulsores, onde os esforços horizontais da tração são somados aos verticais do peso do rolo. Este amassamento permite uma acomodação mais rápida das partículas com menor número de passadas (ex. rolos pé de carneiro, de pneus etc.).
- c) **Por impacto** – consiste na aplicação de forças verticais, provocando impacto sobre a superfície em que é aplicada, com repetição até de 500 vezes por minuto (ex.: sapos compactadores).
- d) **Por vibração** – quando a aplicação das forças verticais se dá com uma frequência de repetição acima de 500 golpes por minuto. A faixa de aplicação é de 900 a 2000, dependendo do tipo de solo. No equipamento vibratório, deve-se considerar, além da frequência, a amplitude da vibração, que é a altura de queda da massa.

Os impactos do equipamento de compactação provocam no solo uma vibração que possibilita o deslizamento de umas partículas sobre as outras. O rendimento máximo é obtido quando o solo está vibrando na mesma frequência do equipamento; a este estado chama-se de ressonância.

6.4.4.3. Equipamentos de compactação

Os principais tipos de rolos compactadores utilizados são: pé de carneiro, estático ou vibratório; de pneus com pressão fixa ou variável, e liso, estático ou vibratório.

Cada tipo de rolo tem características específicas, que são próprias para determinado tipo de solo, o que não invalida o seu uso em outros solos, desde que se leve em conta a redução do rendimento.

Para os rolos acima citados, as principais características são:

- a) **Rolos pé de carneiro** - São rolos com peso variável de 1,5 a 20 toneladas, com um ou mais tambores, que podem ser lastreados com água ou areia molhada.

A parte do rolo que entra em contato com o solo é constituída por saliências soldadas ao tambor, denominadas de “patas”. A pressão transmitida é variável, dependendo da área de contato da pata e do peso do rolo.

Os rolos pé de carneiro são mais eficientes em solos argilosos e siltosos, nos quais é necessário aplicar altas pressões para vencer a coesão do solo, com as patas penetrando na parte mais profunda.

Devido a esta característica, a compactação é realizada de baixo para cima, possibilitando um grau de compactação uniforme em toda a espessura.

A camada solta pode ter uma espessura até 25% maior do que a altura da pata, que é da ordem de 20 cm. À medida que o solo é compactado, a profundidade em que a pata penetra vai diminuindo, até o ponto em que o rolo praticamente passeia.

A eficiência do rolo termina nos últimos 5,0 cm sendo, daí em diante, improdutiva a sua utilização; o número de passadas necessárias deve ser verificado no campo.

Feita a determinação do número médio de passagens necessário, o acompanhamento da compactação torna-se mais fácil. Em todo caso, é muito importante que seja sempre verificado o teor de umidade do solo, para evitar horas e mais horas perdidas, na ilusão de que isto virá aumentar o grau de compactação. A solução recomendável para compactar solos com umidade abaixo da ótima é a utilização de rolos mais pesados, para aumentar a energia de compactação.

Os rolos pé de carneiro não devem ser utilizados na compactação de solos granulares ou de pouca coesão, pois seu efeito é praticamente nulo.

b) Rolos de pneus - Podem ser classificados em leves (9 – 12 t), médios (13 – 25 t) e pesados (26 – 56 t). O número de pneus e a área de contato são de grande importância no valor da pressão efetiva de compactação.

Este tipo de rolo é o mais versátil e pode ser utilizado desde a compactação de solos coesivos até massas asfálticas, pelas vantagens do efeito de amassamento produzido pelos pneus.

Tanto os rolos rebocados como os de tração própria possuem sistema de rodas oscilantes, o que possibilita aos pneus acompanhar as deformações da superfície, aumentando a eficiência da compactação.

Devido à ação resultante da distribuição de pressões pelos pneus e o efeito do amassamento, a compactação se dá em toda a espessura da camada, com a particularidade de deixar a superfície totalmente fechada (selada).

O uso do rolo de pneus deve ser farto ante a eminência de chuvas, para possibilitar a selagem da superfície e, em consequência, o rápido escoamento da água superficial.

c) Rolos vibratórios - São rolos metálicos dotados de um sistema vibratório, que permite aplicar ao solo determinado número de golpes por minuto (frequência).

Este tipo de rolo é de alta eficiência na compactação de todo tipo de solos. Para solos pedregulhosos não há nada melhor, e sua eficiência se traduz numa rápida arrumação dos grãos, atingindo em pouco tempo a densidade máxima. O seu emprego, porém, está condicionado à correta utilização das vibrações transmitidas ao solo. Inicialmente, estando o solo solto, a energia vibratória é totalmente absorvida pelo deslocamento das partículas sólidas vencendo o atrito e pela coesão provocada na parte fina. Com o aumento gradativo da densidade, uma parte da energia vibratória começa a ser “devolvida”. Por isso, é importante o controle do número de passadas, a fim de se evitar que após certo tempo de compactação o equipamento venha a receber de volta toda a vibração aplicada, com sérios prejuízos para sua estrutura e para o sistema vibratório especificamente. Deve-se evitar a vibração do rolo quando parado, para não provocar o efeito de devolução e esgotamento do solo. Especial atenção deve ser dispensada para o controle de umidade, evitando utilização desnecessária do equipamento.

Os rolos lisos estáticos são de pouca aplicação em terraplenagem. O efeito de compactação destes rolos é dado de cima para baixo, provocando, em certos casos, o aparecimento de uma camada superficial compactada deixando a parte mais profunda parcialmente solta.

6.4.4.4. O processo de compactação no campo

O processo de compactação no campo não se vincula a nenhuma sistemática mais rígida, em termos de prescrições para respectiva execução. Ao contrário, a experimentação e o método de tentativas são os processos mais indicados para se chegar à execução rápida e econômica do adensamento mecânico dos solos, excluindo-se definitivamente a fixação arbitrária dos parâmetros, como o número de passadas, a espessura da camada, a velocidade do equipamento etc.

A maneira correta de enfrentar-se o problema consiste na seleção do material a ser empregado no aterro e na escolha dos equipamentos supostos como os mais apropriados para o caso.

Em seguida, passa-se à fase de ajustagem, já no campo, executando a compactação em “pistas experimentais”, concluindo-se, por tentativa, qual o número de passadas, espessura, velocidade e teor de umidade mais favoráveis, para obter-se o grau de compactação desejável, dentro das condições vigentes naquela obra.

A sequência construtiva da compactação de aterros é, resumidamente:

- a) Lançamento e espalhamento do material com os “motoscrapers” ou unidades de transporte procurando-se obter, aproximadamente, a espessura solta adotada.
- b) Regularização da camada, utilizando-se a motoniveladora para o acerto da altura da camada solta, dentro dos limites impostos pelas especificações. Admite-se que a espessura da camada solta seja de 20 a 25% maior do que a altura final de camada, após a compactação.

Mais rigorosamente, ela pode ser calculada pela expressão:

$$e_s = e_c \frac{\gamma_c}{\gamma_s}$$

e_s = espessura da camada solta

e_c = espessura da camada compactada

γ_c = massa específica do material compactado

γ_s = massa específica do material solto

- c) Homogeneização da camada (pulverização) pela remoção ou fragmentação de torrões secos, material conglomerado, blocos ou matacões de rocha alterada etc., obtendo-se a pulverização do solo de forma homogênea.
- d) Determinação da umidade natural do solo (h_n), através de um método expedito, como o aparelho “speedy”, por exemplo.

Três hipóteses podem ocorrer:

$$h_n > h_{ot}$$

$$h_n = h_{ot}$$

$$h_n < h_{ot}$$

No primeiro caso, é necessário proceder ao abaixamento do teor de umidade do solo, através da aeração, empregando-se arados de disco, grades ou motoniveladora.

No terceiro caso devemos umedecer o material, utilizando caminhões-pipa.

- e) Estando o material dentro da faixa da umidade ótima prevista nas Especificações de Serviço, passa-se à fase da rolagem, usando-se o equipamento mais indicado, com o número de passadas suficiente para se atingir, em toda a camada, o grau de compactação desejado.

A rolagem deve ser feita em passadas longitudinais, das bordas para o eixo da pista, com superposição de, no mínimo, 20 cm entre duas passadas consecutivas.

No caso de aclives, a compactação deve ser efetivada sempre no sentido longitudinal e de crescimento da rampa.

Torna-se imprescindível que os serviços sejam objetos de rigoroso acompanhamento e controle, estando este tópico específico previsto na Especificação de Serviço pertinente e focado na seção 10 – Controle da Qualidade, deste Manual.

6.4.4.5. Execução de aterros com materiais rochosos

A execução deste serviço deve observar as diretrizes a seguir:

- O corpo dos aterros de rocha deve ser construído em camadas sucessivas, para toda a largura da seção transversal, com espessura máxima de 0,75 m. A maior dimensão de qualquer pedra utilizada deve ser, no máximo, igual a 0,60 m;
- A primeira camada deve ser executada mediante descarga da rocha no ponto mais baixo do trecho em execução e com utilização de trator de esteiras com lâmina para espalhamento do material na espessura indicada;
- Cada camada subsequente deve ser construída a partir de uma extremidade, lançando-se a rocha no topo da camada em construção e, após, empurrando-se o material para frente com trator de lâmina, de tal modo que as pedras sejam acomodadas sobre a camada precedente;
- Os interstícios entre as pedras maiores devem ser preenchidos com pedras de menor tamanho e com fragmentos produzidos por essa operação e pela colocação de carregamentos sucessivos de material;
- Os últimos 2,0 m do aterro devem ser executados em camada, cuja espessura não pode ser superior a 0,30 m nem conter pedras com dimensão superior a 2/3 da espessura da camada, devendo ser usados rolos vibratórios apropriados;
- A camada final deve ser constituída com granulometria tal que assegure uniformidade à superfície;
- Os materiais de dimensões maiores que as especificadas devem ser reduzidos por marroagem ou outros métodos.

6.5. TALUDES

6.5.1. Considerações iniciais

Denomina-se talude a superfície inclinada ou vertical, proveniente dos trabalhos de terraplenagem e que limita o terreno natural com o corpo da estrada. É também chamado de saia de corte ou de aterro.

Nos cortes, o talude é resultante da escavação do terreno natural. Sua inclinação é determinada antes do início dos serviços. Nos cortes em solos finos e expansivos, a inclinação é maior do que nos solos estáveis, chegando a vertical nos cortes em rocha sã.

Nos aterros, o talude é resultado da colocação dos materiais, provenientes dos cortes e/ou empréstimos, em camadas sucessivas compactadas. Tanto nos cortes como nos aterros, a inclinação do talude é função da natureza do solo e das alturas destes.

A prática rodoviária aconselha, para os cortes, um talude máximo de 1:1 (V:H) e, para os aterros compactados, a inclinação máxima de 2:3 (V:H), tendo-se sempre presente que cada tipo de solo merece um estudo específico, devendo o assunto ser definido, de forma precisa, no Projeto de Engenharia.

Uma maneira prática de determinar os valores da inclinação consiste em verificar nas imediações do local, aterros ou cortes já existentes e que estejam estáveis, tomando cuidado na observação das alterações que possam ter havido até atingir o estado de equilíbrio, assim como a vegetação e a drenagem existentes.

6.5.2. Estabilidade dos taludes

Entende-se por estabilidade de um talude a capacidade que esse possui de permanecer inalterado após a sua execução, resistindo à ação do intemperismo.

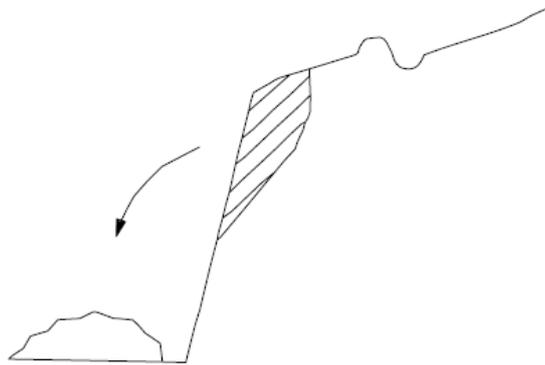
A inclinação do talude é definida com base em considerações técnico-econômicas.

Para tanto, o parâmetro técnico mais significativo é a resistência ao cisalhamento do solo, que é função do atrito e coesão interna do material. Influem, ainda, os seguintes aspectos, inerentes à rodovia/trecho: natureza do solo; regime de chuvas; altura do corte; finalidade; tipo de estrada etc.

Assim, determinado o tipo do talude a ser utilizado, existem outros fatores, imprevisíveis, que põem em risco sua estabilidade. Nem sempre a instabilidade dos taludes terrosos e rochosos causa os mesmos tipos de movimento, sendo, porém, os mais frequentes os seguintes:

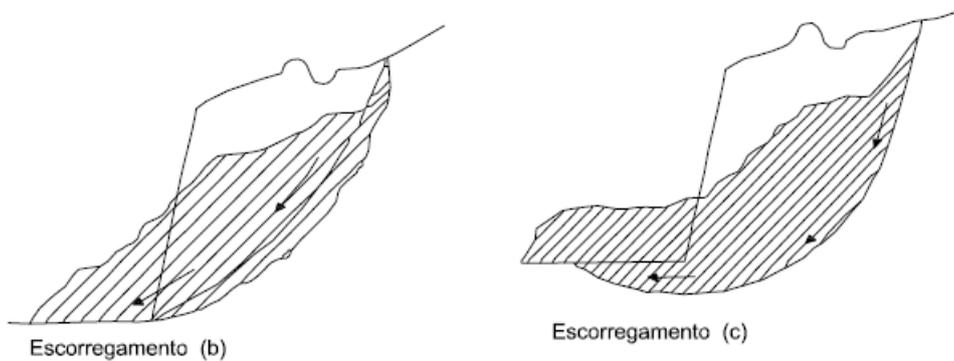
- a) Desprendimento** – É a separação de um fragmento terroso ou rochoso, caindo livremente. Trata-se de um fenômeno localizado, que pode ser evitado após a constatação do mesmo; a sua correção, porém, é em geral relativamente cara e só se justifica em casos muito especiais.

Figura 62 – Estabilidade de taludes - Desprendimento



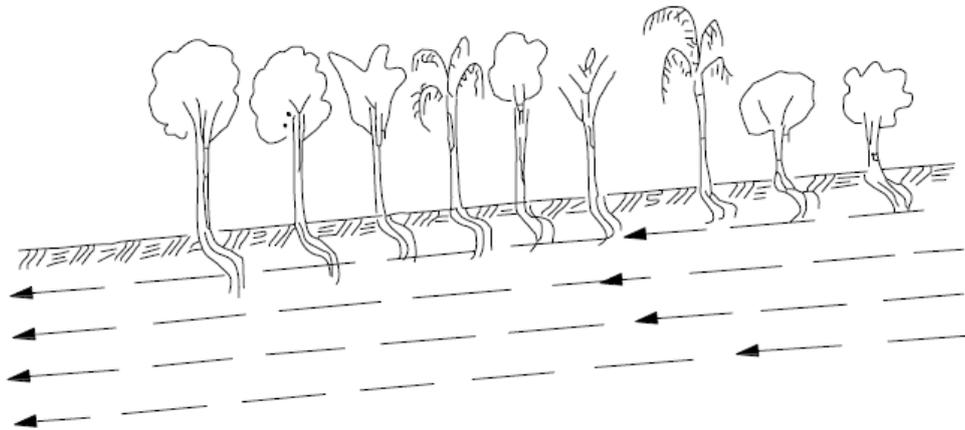
- b) Escorregamento** – É o deslocamento rápido de uma massa de solo ou rocha, que, rompendo-se do maciço, desliza para baixo e para o lado, ao longo de uma superfície de deslizamento. No caso de solos coesivos homogêneos (argila), o movimento predominante é a rotação. Nos maciços rochosos estratificados o movimento predominante é o de translação. As rupturas do maciço podem ser superficiais ou profundas.

Figura 63 – Estabilidade de taludes - Escorregamento



- c) Rastejo** – É o deslocamento lento e contínuo de camadas superficiais sobre camadas mais profundas. São movimentos lentos, facilmente observados, ao longo do tempo, pela inclinação das árvores, quando existentes no local.

Figura 64 - Estabilidade de taludes – Rastejo



d) Causas de deslocamentos

Entre as causas frequentes que dão origem aos deslocamentos, podemos citar as seguintes:

- Inclinação do talude não compatível com a natureza do terreno;
- Sobrecarga excessiva, ocasionada por “bota-foras” ou construções posteriores à execução do talude;
- Excesso de umidade no solo, após longos períodos de chuvas;
- Fendas, fraturas ou planos de estratificação do maciço que se torna instável, pela presença de água de infiltração;
- Escavação profunda no pé do talude para implantação de obras;
- Altura excessiva dos taludes de corte e de aterro;
- Baixo suporte dos solos de fundação.

Nota: O processo corretivo que, em muitos casos, demanda a elaboração de projetos específicos, está tratado no Manual de Conservação Rodoviária, do DNIT.

6.5.3. Execução e controle dos taludes

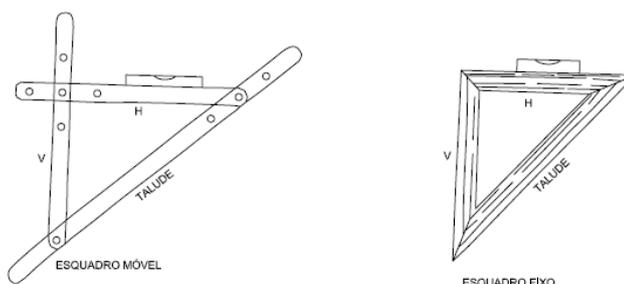
6.5.3.1. Taludes de cortes

Cuidados especiais devem ser tomados durante a marcação dos “off-sets”, para evitar o empeno dos taludes, cuja retificação é sempre onerosa, seja mecânica ou manualmente executada.

À medida que o corte é rebaixado, a inclinação deve ser acompanhada com o uso de gabarito apropriado (ver figuras 65 e 66), sendo o seu acabamento realizado com o uso de motoniveladoras.

A frequência das verificações é função da rapidez da execução dos cortes. Entretanto, a altura de verificação não deve ultrapassar 2 m, para facilitar a sua correção, se necessária, pela própria motoniveladora ou outro equipamento.

Figura 65 – Controle de taludes de cortes - Esquadro

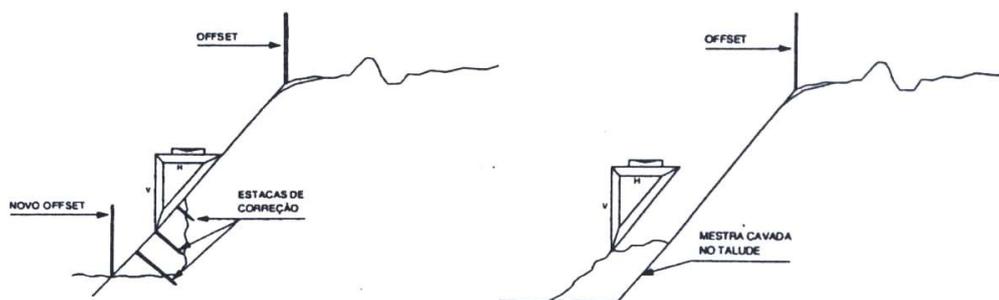


O lado maior do esquadro (hipotenusa) é colocado sobre a superfície do talude. No lado horizontal, utiliza-se um nível de pedreiro. Com o esquadro em nível, a relação entre os comprimentos dos lados indica a inclinação do talude.

O afastamento na extremidade inferior indica que o talude está com inclinação maior que a prevista; no caso contrário, é necessário aumentar a inclinação.

Verificada a correção a ser feita, deve-se proceder a uma marcação no trecho defeituoso, com a colocação de estacas, ou com escavação manual de “mestras”, indicando a nova posição.

Figura 66 – Marcação de taludes de cortes com esquadros



A verificação é feita normalmente a cada 20 m de distância, nos trechos em tangente, e a cada 10 m, nos trechos em curva; estes intervalos podem ser reduzidos, dependendo da precisão do acabamento que se queira dar aos taludes.

O processo de acabamento/regularização pertinente pode ser efetivado de forma manual ou com a utilização de equipamento, observado o seguinte:

- Regularização manual – É utilizada quando a espessura a ser cortada é pequena e a altura do corte é superior a 3 m. Para facilitar a execução, devem ser abertas “mestras”, a intervalos reduzidos, com a ajuda do esquadro.
- Regularização com máquinas – Só se justifica quando o volume a cortar é grande ou a altura do corte permite o uso da lâmina do trator ou da motoniveladora. Neste caso, faz-se necessária a complementação manual dos serviços.

6.5.3.2. Taludes de aterro

São as faces laterais, provenientes da construção dos aterros. Sua estabilidade é muito importante para garantir a segurança da estrada.

Sendo o aterro resultado da colocação de solo em camadas sucessivas, é possível, pela seleção de materiais e compactação cuidadosa, tanto das bordas como do corpo principal, obter-se maciços estáveis.

Pelo próprio processo de construção, as bordas são os locais onde o solo solto vai sendo depositado, resultando daí uma camada sem resistência, facilmente carregada pela água das chuvas.

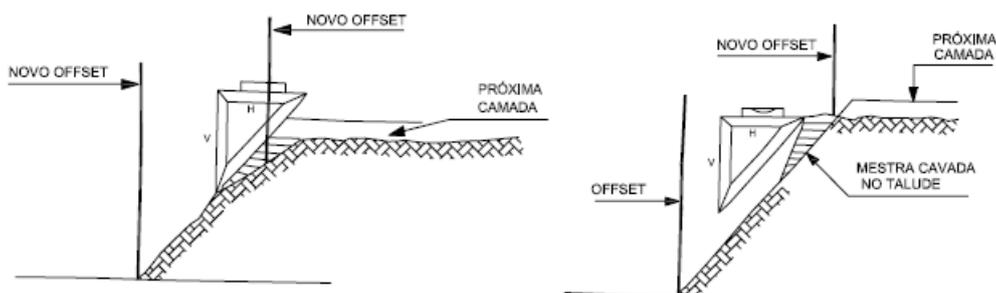
Para contornar este problema, podem ser tomadas as seguintes providências:

- Compactação manual ou mecânica (é muito onerosa e pouco eficiente, se não for executada convenientemente);
- Regularização do talude com remoção do solo solto (é a solução mais recomendável).
- Igualmente aos cortes, o seu desempenho fica bastante comprometido, se não for feita uma correta marcação e verificação dos “off-sets”.

A sua inclinação deve ser controlada, tanto com o uso de esquadros, como pelas referências laterais que devem ser colocadas ao longo dos aterros.

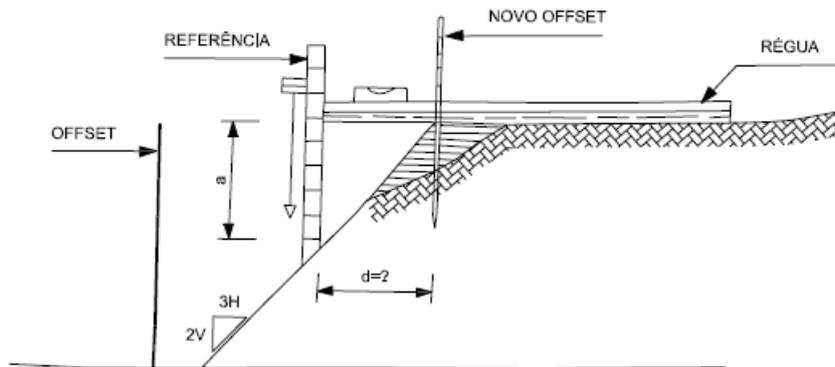
O esquadro é utilizado de maneira análoga à indicada para o corte, devendo-se tomar cuidado na posição, conforme ilustra a figura 67.

Figura 67 – Marcação de taludes de aterros com esquadros



Além dos “off-sets”, devem ser colocadas referências laterais, com marcas que permitam o controle da espessura das camadas, assim como a inclinação dos taludes. A posição vertical, para efeito de controle de talude, deve ser verificada com “prumo de pedreiro” e a régua para a medida horizontal deve ser utilizada com “nível de pedreiro”. A medição direta da altura até o nível da plataforma permite calcular a posição correta do talude. A figura 68 ilustra o procedimento.

Figura 68 – Marcação de taludes de aterros - Régua



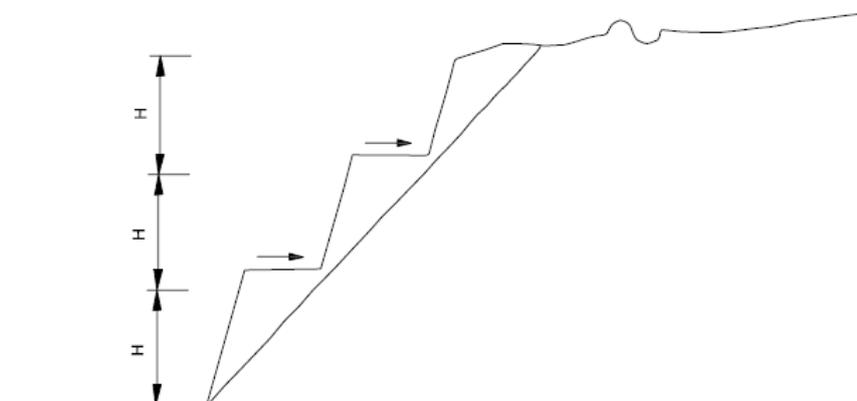
6.5.4. Escalonamento dos taludes

Após os estudos pertinentes à verificação da estabilidade dos cortes e dos aterros, devem ser definidas as suas inclinações. A depender da altura máxima, projetam-se patamares em intervalos de altura constantes, dando ao corte um aspecto escalonado.

Os argumentos técnicos que justificam este procedimento são os seguintes:

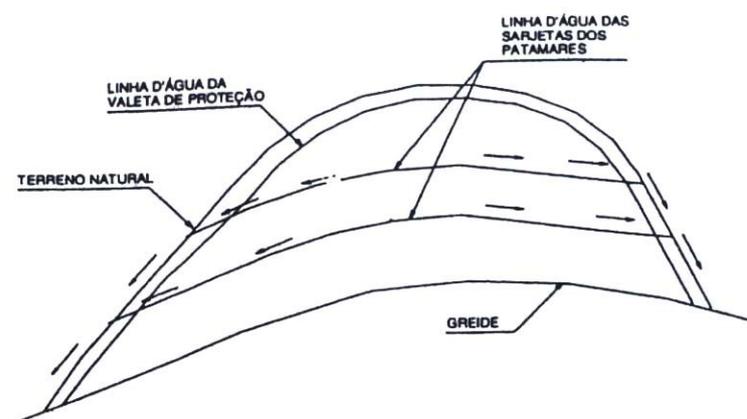
- Nos cortes e aterros chamados altos, com altura superior a 10 m, a superfície do talude exposta é bastante grande, o que ocasiona, durante as chuvas, erosões devido às altas velocidades de escoamento da água, a ponto de erodir fortemente a mesma. O escalonamento reduz esta superfície, devendo a água ser canalizada através de valetas construídas nos patamares.
- O emprego dos cortes e aterros escalonados permite melhorar a estabilidade do talude, visto que a parte inferior da “berma” contrabalançará o peso de escorregamento do maciço.

Figura 69 – Seção transversal de um corte escalonado



Nos escalonamentos, para maior eficiência no funcionamento da drenagem, os patamares devem ter sua declividade transversal orientada no sentido do pé, onde deve ser construída uma valeta, de preferência, revestida. A declividade longitudinal acompanha, paralelamente, o greide da estrada (vide figura 70).

Figura 70 – Vista longitudinal de um corte escalonado



6.6. ACABAMENTO FINAL

O acabamento final dos cortes e dos aterros demanda um controle contínuo e sistemático, devendo ser atendido o exposto nos itens anteriores, inclusive o disposto na subseção 6.5.4 – Escalonamento dos taludes.

No caso dos aterros, cumpre observar que a intitulada “camada final” compreende espessura de 60 cm (espalhamento, preparo e compactação em três camadas de 20 cm). Os serviços pertinentes

devem ser objetos de devido controle e atendimento a requisitos de cunho geométrico e geotécnico, definidos nas Especificações de Serviços do DNIT.

Em especial, no caso da imediata execução do pavimento, deve ser dedicado um tratamento específico.

Assim é que, sendo as camadas finais do aterro as que irão receber, durante a vida útil da estrada, todas as cargas provenientes do pavimento e do tráfego, torna-se recomendável que, por injunções técnico-econômicas, estas camadas venham a ser dotadas de características tecnológicas e geométricas adequadas para cumprir tais finalidades.

Para tanto, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- Utilização de solos melhor selecionados nos últimos 60 cm do aterro (3 camadas);
- Compactação mais rigorosa nestas camadas;
- Acabamento e controle geométrico mais apurado (plataforma e taludes).

No tocante aos cortes, as providências envolvem o controle geométrico adequado e, com frequência, o rebaixamento e/ou a substituição de solo da última camada (60 cm), conforme definido no Projeto de Engenharia e/ou nas Especificações de Serviços, bem como o atendimento à drenagem e à execução das obras complementares, em especial, às referentes à proteção vegetal dos taludes - conforme referenciado nas subseções 6.8 e 6.9.

6.7. EXECUÇÃO DE ATERROS SOBRE SOLOS MOLES

6.7.1. Considerações iniciais

Muitas vezes, na construção de uma estrada, nos deparamos com problemas de construção de um aterro sobre um terreno de baixa resistência e com umidade bastante alta. A construção do aterro diretamente sobre esse tipo de terreno pode ocasionar problemas de recalques e prejudicar a qualidade do serviço.

Quando o terreno é pantanoso ou turfoso, o melhor é, primeiramente, saber da extensão do problema, antes de iniciar qualquer trabalho. Isto pode ser feito com um bom plano de sondagens, que tem a finalidade de mostrar a espessura da camada de baixa resistência e a natureza dos solos existentes. Quando a espessura da camada mole é menor do que 5,0 m, a melhor solução geralmente é remover

todo esse material com o uso de escavadeiras dotadas de “retro” ou “drag-line”, colocando o material do lado ou transportando-o em caminhões basculantes para locais de bota-fora.

Entretanto, quando a espessura da camada mole é superior a 5 m, exceto quando a extensão for pequena, várias soluções podem ser estudadas para o caso, as quais demandam a elaboração de projeto específico. Dentre essas soluções as mais usuais são: estacas de areia, estivas de madeira, uso de geotêxteis e até uso de explosivos.

6.7.2. Estabilidade dos aterros e consolidação das fundações

Sabidamente, a execução dos aterros implica em dois problemas principais, quanto à sua estabilidade: fundação e compactação.

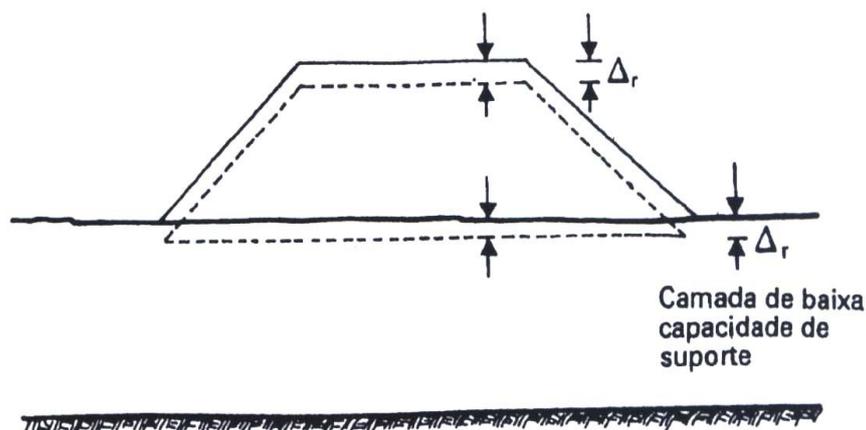
Ainda que a compactação da massa do aterro seja feita com todos os cuidados técnicos, a sua estabilidade pode ficar prejudicada irremediavelmente, se o mesmo não tiver como fundação uma camada de bom suporte, resultando daí em recalques excessivos ou, eventualmente, em escorregamentos laterais, que comprometem totalmente a sua utilização.

Algumas camadas têm capacidade de suporte tão baixa, além de possuírem alta compressibilidade, que qualquer aterro executado sobre elas apresentaria um comportamento indesejável, no que se refere aos recalques ou escorregamentos. Três são os principais tipos de ocorrências:

a) Recalque por adensamento

Resulta da pressão proveniente do peso próprio e das cargas móveis que trafegam sobre o aterro, nas camadas compressíveis, ocasionando a diminuição lenta do volume de vazios pela expulsão da fase líquida, devido ao aumento da pressão neutra, resultando no adensamento da camada e, em consequência, na ocorrência de recalques.

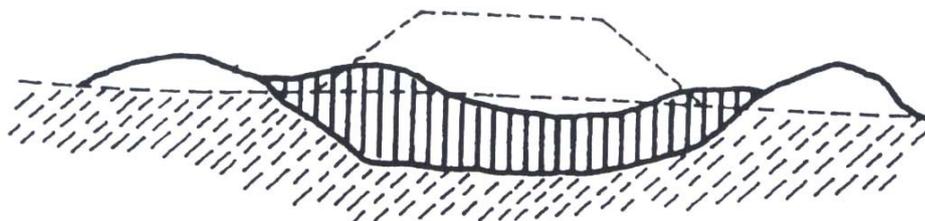
Figura 71 – Estabilidade de aterros – Recalque por adensamento



b) Ruptura por afundamento

Pode ocorrer quando a camada portante for de muito baixa capacidade de suporte e atingir grande profundidade. Nesse caso, o corpo do aterro sofre um deslocamento vertical e afunda por igual no terreno mole, havendo a expulsão lateral do material de má qualidade, com água.

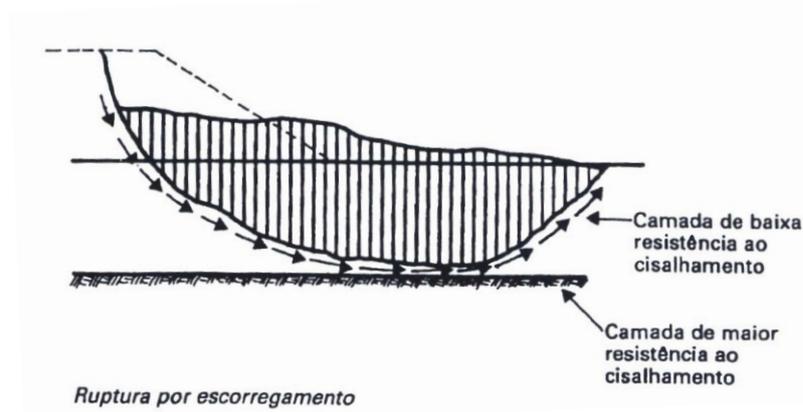
Figura 72 – Estabilidade de aterros – Ruptura por afundamento



c) Ruptura por escorregamento

A ruptura por escorregamento acontece quando o aterro é construído sobre uma camada muito mole, com baixa resistência ao cisalhamento e que se apóia sobre uma mais resistente. Na ocasião de chuvas intensas, o aumento da pressão hidrostática, devido à elevação do lençol freático, se traduz pelo aumento da pressão neutra, reduzindo sensivelmente a resistência ao cisalhamento, formando uma superfície de escorregamento que afeta o aterro, levando-o à ruptura.

Figura 73 – Estabilidade de aterros - Ruptura por escorregamento



Torna-se evidente que, existindo solos muito moles, materiais com grandes porcentagens de matéria orgânica, solos brejosos ou turfosos, impõe-se, antes da execução do aterro, a adoção de medidas, visando à consolidação e estabilização do terreno de fundação.

A solução a ser adotada deve ser definida em Projeto de Engenharia específico e com base em considerações técnico-econômicas. Com frequência, a solução ideal ditada estritamente pelo critério técnico conduz a custos de execução bastante elevados e, em razão disto, são adotadas soluções outras, menos onerosas que, obviamente, envolvem algum risco.

O IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias tem desenvolvido um Manual de Projeto e Execução de Aterros sobre Solos Moles, estando transcrito, na forma da subseção 6.7.3, a seguir, o tópico intitulado “Aspectos construtivos”.

6.7.3 Aterros sobre solos moles – Aspectos construtivos

6.7.3.1 Considerações iniciais

O tratamento a ser dado ao depósito depende do tipo de estrada que se deseja construir. Estradas vicinais, com aterros de baixa altura e especificações pouco rígidas quanto a ondulações na pista de rolamento, podem muitas vezes ser construídas diretamente sobre a camada turfosa, tirando partido da alta permeabilidade desse material e da rapidez com que ele adensa sob sobrecargas pouco elevadas.

6.7.3.2 O processo executivo

a) Preparo do terreno de fundação

Antes da execução do aterro o terreno deve ser desmatado e destocado pelos processos convencionais. Se a solução de projeto for a de lançamento do aterro sem a remoção da argila mole, deve ser mantida a trama de raízes existentes na crosta superficial, pois a resistência desta camada colabora para estabilidade geral do aterro, e sua remoção, especialmente no caso de argilas muito moles, pode trazer problemas de execução, como a impossibilidade de se manter uma espessura reduzida da camada de trabalho devido à ocorrência de rupturas localizadas.

b) Lançamento da camada de trabalho

Se o aterro for construído sem a remoção da camada de argila mole, deve ser lançada inicialmente uma camada de trabalho constituída de um dos seguintes materiais:

- Areia limpa, satisfazendo os critérios de material drenante e com espessura mínima de 0,50 m, para permitir a drenagem da água expulsa do subsolo pela ação do adensamento deste sob o peso do aterro;
- Material arenoso, com no máximo 5% passando na peneira 200 e espessura mínima de 0,50 m, se não for essencial à função drenante dessa camada;
- Geotêxtil, se as condições de trabalho forem muito difíceis e/ou a areia limpa for escassa na região.

c) Alçamento e compactação

O aterro deve ser compactado em camadas de 0,20 a 0,30 m de espessura, dependendo das características dos rolos empregados. O material do aterro deve satisfazer às exigências usuais, como estar isento de raízes e material orgânico, sem excesso de mica e livre de pedregulhos ou pedras com dimensão superior à metade da espessura da camada espalhada.

O material de empréstimo deve satisfazer às exigências de projeto quanto à umidade e, se esta estiver muito acima da umidade ótima e o clima da região tornar impraticável a secagem do material pelos métodos convencionais (ao ar, destorroando-se com grade de discos), podem ser empregadas após aprovação da Fiscalização, camadas alternadas de argila e areia pura, de modo a permitir redução da

umidade das primeiras através da drenagem de seu excesso de água pelas camadas de areia, sob o peso do aterro sobrejacente.

6.7.3.3 Soluções especiais

A remoção da camada superficial de solos moles pode ser feita por escavação completa ou parcial, por deslocamento provocado pelo peso do aterro com altura normal ou com sobrecarga, e por expulsão mediante o uso de explosivos. Para aterros de grande altura, a remoção pode ser a melhor solução técnica, pois elimina a camada causadora de problemas de estabilidade e recalque.

a) Escavação completa

A remoção por escavação completa, adequada a trechos onde a espessura de material compressível é pequena, sendo certamente econômico quando ela é de no máximo 4 a 5 m. Em certos casos, como o de encontro de pontes, têm sido removidas camadas de espessuras maiores. O processo é especialmente indicado quando se deseja atingir rapidamente condições ideais de estabilidade e de eliminação dos recalques após a construção. Em geral, a remoção é feita com escavadeiras do tipo drag-line ou clamshell, e o enchimento da cava, abaixo do nível da água, com clamshell ou mediante o descarregamento direto de caminhão.

b) Escavação parcial

Quando a camada de argila mole for muito espessa (superior a 5 m), sua remoção pode ser parcial. Esta opção pode ser especialmente interessante, quando a zona superior de argila apresentar compressibilidade maior e resistência menor que a camada inferior, caso em que os recalques finais são menores e as bermas, desnecessárias ou de pequena dimensão. Usualmente, a escavação parcial é feita com drag-line, podendo também ser utilizadas dragas, quando o local a ser escavado estiver situado em regiões de mangues navegáveis.

c) Deslocamento pelo peso do próprio aterro com sobrecarga

Camadas de argila muito mole (SPT nulo, com haste de sondagem penetrando vários metros, por força de seu próprio peso) podem ser removidas por meio de deslocamento provocado por rupturas da fundação, induzidas mediante alteamento da ponta do aterro com sobrecarga que exceda a resistência da fundação. Durante a execução, é essencial um controle cuidadoso, para evitar a permanência de bolsões moles sob o aterro que, ao escorregar, pode aprisionar a argila. Muitas vezes,

é necessário remover parte da argila superficial por meio de draga (ou escavadeira com drag-line) para acelerar a descida do material de aterro.

d) Expulsão com o uso de explosivos

O uso de explosivos, com a finalidade de expulsar a argila mole, é restrito a locais onde a propagação das ondas de choque não cause danos a construções vizinhas. O raio de influência da onda pode atingir centenas de metros e deve ser avaliado em cada local, pelo estudo dos perfis geotécnicos e geológicos.

Embora haja notícias de que tem sido bem sucedido no exterior, esse método exige um investimento muito grande em investigações, para evitar o risco de permanência de bolsões de argila mole sob o aterro remanescente. No Brasil, há um caso de insucesso no Estado do Rio de Janeiro, no qual bolsões não expulsos completamente continuaram a recalcar provocando ondulações na pista que perduram por mais de 25 anos.

Além de caro, especialmente para estradas com plataformas muito largas, que exigem um número elevado de cargas de dinamite, esse método está em desuso, razão pela qual não é detalhado neste Manual.

e) Construção em etapas

Conforme abordado na Seção 5, obtém-se um ganho de resistência de argila mole, se o aterro for construído em etapas. Portanto, é necessário especificar no projeto como se deve controlar e acompanhar esse ganho, que em geral é feito com emprego de instrumentação, assunto tratado na Seção 7.

f) Uso de pré- carregamento para eliminação de recalques

Também neste caso, é preciso especificar uma instrumentação que forneça os recalques de pontos estratégicos do aterro ao longo do tempo. O controle dos recalques é feito pelo método de Asaoka (subseção 6.5), que permite prever o recalque final por adensamento primário e, se o tempo de observação for suficientemente longo, a parcela de recalque secundário. O projeto deve especificar ainda o critério para o tempo de permanência do pré-carregamento e os locais de deposição do material removido.

g) Execução de drenos verticais

Os drenos verticais podem ser de areia ou fibro-químicos; os primeiros instalados por um dos seguintes processos:

- Tubo de ponta aberta – consiste na execução de um furo no terreno, mediante a cravação de um tubo de aço (revestimento) com ponta aberta; após a limpeza do material que penetra no tubo, este é preenchido com areia inundada e removido simultaneamente;
- Tubo de ponta fechada – neste caso o tubo tem um tampão na ponta, de modo que, ao ser cravado, a argila é deslocada; após seu preenchimento com areia o tubo é retirado, perdendo-se o tampão; no processo tipo Franki, o tampão é uma bucha de brita, que é expulsa com pancadas do martelo e arrasta consigo o revestimento.
- Jateamento – neste processo não há revestimento, sendo o furo formado pela desagregação provocada por um jato rotativo de água sob alta pressão, que sai de uma haste vertical; as paredes do furo se mantêm abertas, graças ao empuxo da água em seu interior e ao pequeno tempo (minutos) necessário para preenchê-lo com areia.

Desses três processos, o terceiro é o mais rápido e, teoricamente, o mais eficiente, pois é o que produz menos amolgamento na argila. Sabe-se que a cravação de estacas ou tubos de revestimento amolga a argila, tornando-se mais impermeável e diminuindo, assim, a eficiência do dreno.

6.7.3.4 – Execução de aterros junto a encontros com obras-de-arte

Os aterros junto a encontros com obras-de-arte devem ser compactados antes da execução da infra ou da superestrutura, especialmente se o encontro for estaqueado ou apoiado em tubulões. Essa providência tem por finalidade minimizar os empuxos horizontais sobre os elementos enterrados, devidos aos movimentos do subsolo provocados pela sobrecarga do aterro e resultantes tanto da deformação imediata quanto das deformações oriundas do adensamento das camadas argilosas.

Segundo Tschebotarioff (1973), esse efeito deve ser desprezível quando o fator de segurança do aterro for igual ou superior a 1,5. Nesses casos, o projeto deve especificar uma instrumentação mínima que permita acompanhar os recalques sob o aterro do encontro.

Entretanto, se o fator de segurança calculado para o encontro, através de análises de estabilidade utilizando métodos correntes de cálculo, for inferior a 1,5, é necessário avaliar o valor dos esforços

atuando sobre os elementos de fundação, o que pode ser feito, aproximadamente, seguindo as recomendações de Tschebotarioff e de De Beer (1973), ou utilizando métodos mais sofisticados. As instrumentações, nesses casos, devem ser mais completas, incluindo a medição, não só dos recalques do aterro, mas também dos movimentos horizontais próximo às estacas, por meio inclinômetro.

No caso de aterros junto a muros de arrimo, a compactação junto ao paramento interno deve ser feita com equipamento tipo sapo ou placa vibratória, especialmente quando o material de aterro for granular e servir como dreno. O emprego de equipamento pesado de terraplanagem (rolos vibratórios ou pneumáticos) pode induzir esforços horizontais de magnitude maior que a prevista nos cálculos do muro. Nesses aterros deve ser dada atenção especial aos detalhes da drenagem, no projeto.

No caso de bueiros, passagens de gado etc., que tenham de manter um greide de fundo, deve ser dado ao subsolo um tratamento que minimize ou evite recalques pós-construtivos. Os métodos abordados na subseção 6.7.3.3 podem ser empregados para esse fim.

Se for permitida a deformação do aterro e do bueiro, deve ser prevista a magnitude dos recalques que ocorrerão ao longo de seu eixo. Nesse caso, o bueiro deve ser projetado para suportar os recalques sem quebrar, prevendo-se para tais, detalhes construtivos de juntas que permitam o movimento relativo entre seções distintas.

O uso de juntas tipo Fugenband é aconselhado, bem como o envolvimento do bueiro ao longo de todo o perímetro das juntas com geotêxtil e/ou material granular com função de filtro, para evitar carregamento de solo para seu interior, caso ocorram rachaduras provocadas por recalques. Devido aos recalques diferenciais do subsolo adjacente ao bueiro, não é aconselhável o estaqueamento deste, exceto se justificado.

6.8 SERVIÇOS DE DRENAGEM E OBRAS-DE-ARTE CORRENTES

6.8.1 Considerações iniciais

A execução destes serviços compreende a implantação do Sistema de Drenagem da Rodovia, abordados na Seção 2 deste Manual. Conforme exposto, em função de suas finalidades específicas, o sistema comporta três modalidades distintas, a saber: a drenagem de transposição de talvegues, a drenagem superficial e a drenagem profunda (subterrânea). Os dispositivos/componentes relativos a cada uma destas modalidades são definidos no Projeto de Engenharia, conforme focado na

subseção 4.8 deste Manual, e se fundamentam nas metodologias preconizadas no Manual de Drenagem de Rodovias, do DNIT.

Em especial, no caso dos cortes, cabe considerar o seguinte:

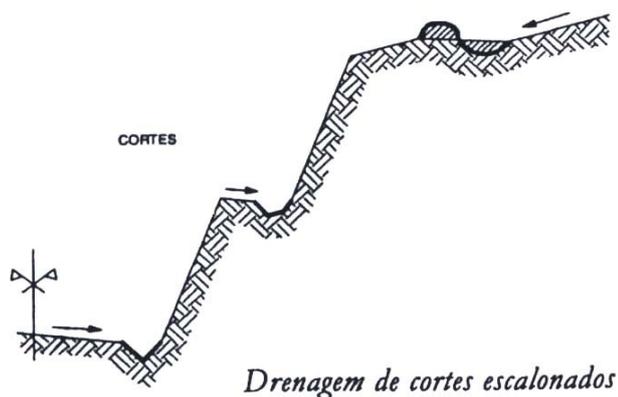
- Nos cortes em rocha é aconselhável:

A execução de drenos cegos e/ou de uma camada drenante, para evitar acúmulo de água nos pontos baixos criados pela escavação;

A execução de drenagem profunda.

- No caso de taludes escalonados, dependendo da extensão do corte e da declividade longitudinal dos patamares, podem ser construídas descidas de água, ligando as valetas dos diferentes patamares.

Figura 74 – Drenagem de cortes escalonados



6.8.2. Aspectos construtivos

Os respectivos processos construtivos estão enfocados nas Especificações de Serviços correspondentes, listadas no Anexo deste Manual.

Em sequência, na forma das subseções 6.8.2.1, 6.8.2.2 e 6.8.2.3, são transcritos os processos executivos referentes aos componentes que, com maior frequência, são ordinariamente executados, quando da implantação da rodovia, a saber, as sarjetas e valetas, os bueiros e os drenos profundos.

6.8.2.1 Execução de sarjetas e valetas

a) Sarjetas e valetas revestidas de concreto

As sarjetas e valetas revestidas de concreto podem ser moldadas “in loco” ou pré-moldadas, atendendo ao disposto no projeto ou em consequência de imposições construtivas.

A execução das sarjetas de corte deve ser iniciada após a conclusão de todas as operações de pavimentação, que envolvam atividades na faixa anexa à plataforma, cujos trabalhos de regularização ou acerto possam danificá-las.

No caso de banquetas de escalonamentos e valetas de proteção, quando revestidas, as sarjetas devem ser executadas logo após a conclusão das operações de terraplanagem, precedendo a operação de plantio ou colocação de revestimento dos taludes.

O preparo e a regularização da superfície de assentamento devem ser executados com operação manual, envolvendo cortes, aterros ou acertos, de forma a atingir a geometria projetada para cada dispositivo.

No caso de valetas de proteção de aterros ou cortes, admite-se, opcionalmente, a associação de operações manual e mecânica, mediante emprego de lâmina de motoniveladora, pá carregadeira equipada com retroescavadeira ou valetadeira adequadamente dimensionada para o trabalho.

Os materiais empregados para camadas preparatórias para o assentamento das sarjetas devem ser os próprios solos existentes no local, ou mesmo, material excedente da pavimentação, no caso de sarjetas de corte.

Em qualquer condição, a superfície de assentamento deve ser compactada, de modo a resultar uma base firme e bem desempenada.

Os materiais escavados e não utilizados nas operações de escavação e regularização da superfície de assentamento devem ser destinados a bota-fora, cuja localização deve ser definida de modo a não prejudicar o escoamento das águas superficiais.

Para as valetas, os materiais escavados devem ser aproveitados na execução de uma banqueta de material energicamente compactado junto à borda de jusante da valeta de proteção do corte, ou de

modo a conformar o terreno do aterro, na região situada entre a borda de jusante da valeta de proteção e o “off-set” do aterro.

Para marcação da localização das valetas devem ser implantados gabaritos constituídos de guias de madeira, servindo de referência para concretagem, cuja seção transversal corresponda às dimensões e forma de cada dispositivo, e com a evolução geométrica estabelecida no projeto, espaçando-se estes gabaritos em 3,0 m, no máximo.

A concretagem deve envolver um plano executivo, prevendo o lançamento do concreto em lances alternados.

O espalhamento e acabamento do concreto devem ser feitos mediante o emprego de ferramentas manuais, em especial, de uma régua que, apoiada nas duas guias adjacentes, permite a conformação da sarjeta ou valeta à seção pretendida.

A retirada das guias dos segmentos concretados deve ser feita logo após constatar-se o início do processo de cura do concreto.

O espalhamento e acabamento do concreto dos segmentos intermediários devem ser feitos com apoio da régua de desempenho, no próprio concreto dos trechos adjacentes.

A cada segmento, com extensão máxima de 12,0 m, deve ser executada uma junta de dilatação, preenchida com argamassa asfáltica.

Quando especificado no projeto, deve ser aplicado revestimento vegetal, de forma a complementar o acabamento do material apiloado contíguo ao dispositivo.

As saídas d'água das sarjetas devem ser executadas de forma idêntica às próprias sarjetas, sendo prolongadas por cerca de 10 m, a partir do final do corte, com deflexão que propicie o seu afastamento da borda da plataforma (bigodes).

Esta extensão deve ser ajustada às condições locais, de modo a evitar os efeitos destrutivos de erosão.

O concreto utilizado, no caso de dispositivos revestidos, deve ser preparado em betoneira, com fator água/cimento apenas suficiente para alcançar trabalhabilidade, e em quantidade suficiente para o uso imediato, não sendo permitida a sua redosagem.

b) Sarjetas e valetas com revestimento vegetal

A execução de sarjetas e valetas com revestimento vegetal deve ser iniciada com o preparo e a regularização da superfície de assentamento, seguindo-se as mesmas prescrições apresentadas para os dispositivos com revestimento de concreto.

A disposição do material escavado deve atender, igualmente, ao disposto para sarjetas e valetas revestidas de concreto.

Concluída a regularização da superfície de assentamento e verificadas as condições de escoamento, deve ser aplicada camada de terra vegetal, previamente selecionada e adubada, de modo a facilitar a germinação da grama.

As leivas selecionadas devem ser então, colocadas sobre a camada de terra vegetal e compactadas com soquetes de madeira, recomendando-se o emprego de gramíneas de porte baixo, de sistema radicular profundo e abundante, nativas da região, e podadas rentes, antes de sua extração.

O revestimento vegetal aplicado deve ser periodicamente irrigado, até constatar-se a sua efetiva fixação nas superfícies recobertas.

Durante o período remanescente da obra, deve ficar a cargo da executora a recomposição de eventuais falhas em que não tenha sido bem sucedido o plantio, ou em locais onde se tenha constatado a danificação do revestimento vegetal aplicado.

c) Sarjetas e valetas não revestidas

As sarjetas e valetas não providas de revestimento devem ser utilizadas somente em locais em que se assegure a sua eficiência e durabilidade, ou em caso de obras provisórias ou desvios temporários de tráfego. Por esta razão, o seu uso restringe-se às áreas onde se associam moderadas precipitações e materiais resistentes à erosão ou segmentos com moderadas declividades.

Sua execução compreende as operações descritas nos casos das sarjetas e valetas revestidas de concreto, acrescentando-se a obrigatoriedade da avaliação das suas características construtivas com a aplicação de gabaritos, de modo a se constatar que foram atendidas as dimensões, forma da seção transversal e a declividade longitudinal.

6.8.2.2. Execução de bueiros

a) Bueiros de grotas

Para execução de bueiros tubulares de concreto, instalados no fundo de grotas, devem ser atendidas as etapas executivas recomendadas nesta alínea “a”.

- Locação da obra, atendendo às Notas de Serviço para implantação de obras-de-arte correntes, de acordo com o projeto executivo de cada obra;
- A locação deve ser feita por instrumentação topográfica, após desmatamento e regularização do fundo do talvegue;
- Precedendo a locação, recomenda-se, no caso de deslocamento do eixo do bueiro do leito natural, executar o preenchimento da vala com pedra de mão ou “rachão”, para proporcionar o fluxo das águas de infiltração ou remanescentes da canalização do talvegue;
- Após a regularização do fundo da grotas, antes da concretagem do berço, locar a obra com a instalação de réguas e gabaritos, que permitirão materializar no local, as indicações de alinhamento, profundidade e declividade do bueiro;
- O espaçamento máximo entre réguas deve ser de 5 m, permissíveis pequenos ajustamentos das obras, definidos pelas Notas de Serviço, garantindo adequação ao terreno;
- A declividade longitudinal do bueiro deve ser contínua e, somente em condições excepcionais, permitir descontinuidades no perfil dos bueiros;
- No caso de interrupção da sarjeta ou da canalização coletora, junto ao acesso, instalar dispositivo de transferência para o bueiro, como: caixa coletora, caixa de passagem ou outro indicado;
- A escavação das cavas deve ser feita em profundidade que comporte a execução do berço, adequada ao bueiro selecionado, por processo mecânico ou manual;
- A largura da cava deve ser superior à do berço em, pelo menos, 30 cm para cada lado, de modo a garantir a implantação de fôrmas nas dimensões exigidas;

- Havendo necessidade de aterro para alcançar a cota de assentamento, o lançamento, sem queda, do material deve ser feito em camadas, com espessura máxima de 15 cm;
- Deve ser exigida a compactação mecânica por compactadores manuais, placa vibratória ou compactador de impacto para garantir o grau de compactação satisfatório e a uniformidade de apoio para a execução do berço;
- Após atingir o grau de compactação adequado, instalar fôrmas laterais para o berço de concreto e executar a porção inferior do berço com concreto de resistência $f_{ck_{min}} > 15$ MPa, com a espessura de 10 cm;
- Somente após a concretagem, acabamento e cura do berço, devem ser feitos a colocação, assentamento e rejuntamento dos tubos, com argamassa cimento-areia, traço 1:4, em massa;
- A complementação do berço compreende o envolvimento do tubo com o mesmo tipo de concreto, obedecendo à geometria prevista no projeto-tipo e posterior reaterro, com recobrimento mínimo de 1,5 vezes o diâmetro da tubulação, acima da geratriz superior da canalização.

b) Bueiros de greide

Para a execução de bueiros de greide com tubos de concreto, deve ser adotada a seguinte sistemática:

- Interrupção da sarjeta ou da canalização coletora junto ao acesso do bueiro e execução do dispositivo de transferência para o bueiro, como: caixa coletora, caixa de passagem ou outro indicado;
- Escavação em profundidade que comporte o bueiro selecionado, garantindo inclusive o recobrimento da canalização;
- Compactação do berço do bueiro, de forma a garantir a estabilidade da fundação e a declividade longitudinal indicada;
- Execução da porção inferior do berço com concreto de resistência $f_{ck_{min}} > 15$ MPa, com a espessura de 10 cm;

- Colocação, assentamento e rejuntamento dos tubos, com argamassa cimento-areia, traço 1:4, em massa;
- Complementação do envolvimento do tubo com o mesmo tipo de concreto, obedecendo à geometria prevista no projeto, e posterior reaterro com recobrimento mínimo de 1,5 vezes o diâmetro da tubulação acima da geratriz superior da canalização.

c) Execução de bueiros com tubos metálicos

Para a execução de bueiros metálicos, devem ser adotados procedimentos semelhantes aos recomendados, não aplicados no que diz respeito a rejuntamento, quando devem ser adotadas as recomendações dos fabricantes, atendidas as prescrições da Norma DNIT 024/2004 – ES ou outra que vier a sucedê-la.

6.8.2.3. Execução de drenos profundos

As valas devem ser escavadas de acordo com a largura, o alinhamento e as cotas indicados no projeto.

Os tubos de tipo e dimensões requeridas devem ser assentados em berços, adequadamente compactados e acabados, de modo a serem preservadas as cotas de projeto, perfeitamente estáveis para o carregamento previsto.

O material de envolvimento dos drenos deve ser firmemente adensado, adotando-se compactador vibratório, de modo a garantir a imobilidade dos tubos, as espessuras das camadas e a perfeita graduação granulométrica dos materiais drenante e filtrante.

As juntas da ponta e da bolsa devem ser colocadas, de modo que as bolsas fiquem voltadas para o lado ascendente da declividade.

A parte superior da vala deve então ser preenchida com material argiloso, caso indicado no projeto, cuidando-se, quando da utilização de bases granulares, para que haja a continuidade de permeabilidade, de modo a favorecer o esgotamento das águas que, por infiltração, possam ficar retidas na camada.

Todos os materiais de enchimento devem ser compactados com equipamentos vibratórios e na umidade adequada para o perfeito adensamento das camadas.

Nas extremidades de saída das valas, devem ser instalados tubos ou terminais, em conformidade com as indicações do projeto.

6.9 SERVIÇOS COMPLEMENTARES

6.9.1. Considerações iniciais

Constituem-se em elementos complementares, mas indispensáveis por suas finalidades específicas, em termos de promover a preservação da via e a segurança e conforto do tráfego usuário, vários outros componentes, tais como: a proteção/revestimento vegetal dos taludes, a construção de defensas e de cercas de vedação da faixa de domínio e a sinalização rodoviária (no caso, a sinalização vertical).

Estes tópicos, que de forma sumária estão enfocados na Seção 2 deste Manual, são devidamente tratados e definidos no Projeto de Engenharia, observando-se, para tanto, as metodologias preconizadas nas Instruções de Serviço correspondentes, integrantes das “Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários” do DNIT.

6.9.2. Proteção vegetal dos taludes

Sendo os taludes de corte e de aterro as áreas mais desprotegidas e expostas diretamente à ação das intempéries, torna-se indispensável adotar medidas preventivas de proteção, que podem ir desde simples compactação até a utilização de produtos químicos.

Como solução prática e econômica, utiliza-se o revestimento vegetal feito com espécies apropriadas de gramíneas e/ou leguminosas.

Entre as principais funções que esta proteção desempenha, podemos citar as seguintes:

- Fixação da camada de solo superficial pelo enraizamento;
- Amortecimento da velocidade de escoamento da água superficial, evitando a erosão;
- Aspecto estético agradável.

O tema está devidamente tratado em documentação técnica pertinente do DNIT, referente ao tratamento ambiental e à proteção dos taludes, compreendendo manuais, especificações e instruções de serviços pertinentes.

6.9.3. Outras complementações

Outros componentes estão, de forma genérica, enfocados nas subseções 2.2.4.2 – Sinalização rodoviária, 2.2.4.3 – Cercas delimitadoras de faixa de domínio e 2.2.4.4 – Defensas, deste Manual. Os respectivos processos construtivos estão abordados nas Especificações de Serviços pertinentes.

7. CANTEIRO DE SERVIÇOS E INSTALAÇÕES

7 CANTEIRO DE SERVIÇOS E INSTALAÇÕES

7.1 CANTEIRO DE SERVIÇOS

7.1.1 Considerações iniciais

O canteiro de serviços, centralizando todo o apoio técnico e administrativo necessário à execução das obras, compreende a disposição física das fontes de materiais, edificações e construções necessárias para concentrar a estrutura e o apoio logístico indispensáveis ao gerenciamento e à execução da obra.

No apoio logístico, há que se considerar as condições socioeconômicas das comunidades que devem ser influenciadas pela obra e as cidades mais próximas, como bancos, hospitais, aeródromos e hotéis.

Em termos de sua constituição e dimensão, o canteiro, em função do vulto das obras e das condições socioeconômicas da microrregião onde se localizam as obras, pode variar desde um simples depósito de materiais até a construção de uma comunidade inteira, com equipamentos para uma população apreciável, desde escolas, armazéns, centros de recreação etc.

A escolha do local para a implantação do canteiro deve levar em consideração a topografia da região e do local, as condições de acesso, a infraestrutura de energia e telecomunicações, a ocorrência de água e o tipo das instalações industriais necessárias à produção ou beneficiamento dos materiais que devem ser utilizados, nos volumes previstos no cronograma da obra. A concepção do canteiro deve ter como principal objetivo a minimização dos custos de produção, a racionalidade do gerenciamento, a integração do homem à obra e, conseqüentemente, a redução do "turnover".

Assim, para a instalação do canteiro, deve ser efetivado um estudo preliminar, para a avaliação do vulto, natureza e local das obras, objetivando caracterizarem-se as disponibilidades existentes, em termos de serviços públicos (suprimento de água, esgoto, eletricidade, gás, telefone etc.), áreas suficientes com condições topográficas, acesso e sistema viário etc., bem como atender a uma série de preceitos de condicionamentos de cunho ambiental.

No que respeita à localização do canteiro em relação às instalações próprias dos serviços, há que ponderar-se, em conjunto com os aspectos anteriormente mencionados, a posição das jazidas em geral em relação ao trecho das obras, dentro do enfoque de se minimizar o custo dos transportes, assumindo maior complexidade quando, conforme ocorre com frequência, da execução conjugada de obras de implantação e de drenagem e de pavimentação.

Com frequência, define-se um canteiro central, para atender, de forma geral, ao apoio técnico administrativo das obras e canteiros auxiliares, correspondentes às ditas instalações, bem como para atender a frentes específicas de serviços.

Cabe observar que as instalações de usinagem requerem, por exemplo, locais apropriados para instalações de depósitos de asfalto, combustíveis necessários à operação da usina, agregados, cimento etc.

7.1.2 - Canteiro central

O canteiro central concentra as edificações dos setores administrativos, técnico, recreativo, ambulatoriais, alimentar, almoxarifados, oficinas, posto de abastecimento e alojamentos. Como se vê, pelo número de edificações, a racionalidade do aproveitamento da área disponível implica na redução de custos para as implantações das redes de esgoto, água potável, rede elétrica e viária, as quais constituirão a infraestrutura básica do canteiro. Por outro lado, todo o apoio obtido nas cidades ou comunidades vizinhas acarreta grande economia de recursos e de tempo na construção do canteiro. Nas obras com prazo menor que um ano, esse aproveitamento é vital.

A área utilizada por setor, nos canteiros, deve ser função do organograma da empresa para obra e o seu vulto, conseqüentemente, das quantidades de mão-de-obra empregada e equipamentos mobilizados. Por outro lado, a oferta de mão-de-obra local, inclusive especializada, promove grande redução no número de edificações relativas ao alojamento de funcionários.

As edificações devem ser pré-moldadas, que garantem o reaproveitamento em outras obras com perdas reduzidas, ou em madeira compensada com perda de até 30%, quando parafusadas, ou em tábuas comuns, cujo aproveitamento é praticamente nulo.

Todos os canteiros devem ter, por motivo de segurança e controle, uma única entrada, com uma guarita em forma de portaria, para evitar a entrada de pessoas estranhas aos serviços, e de onde se controla a movimentação de veículos, pessoas ou materiais que entrem ou saem do canteiro.

A edificação do setor administrativo deve agrupar a superintendência da obra, o gerente administrativo, com os setores de pessoal, financeiro, bem-estar, transportes gerais e vigilância. O setor técnico, com as seções de controle de custos, serviços de terceiros, medições, de projetos e topografia e computação.

Mais especificamente, de uma maneira geral, o canteiro compreende os seguintes compartimentos: guarita, recrutamento, segurança, transporte, ambulatório, escritório, laboratório, almoxarifado, oficina mecânica, abastecimento de combustíveis, borracheiro, lavagem, lubrificação, alojamento e centro de recreação.

Sobre estes compartimentos que, em geral, são edificados através de módulos confeccionados em madeira, cabe fazer-se menção aos seguintes:

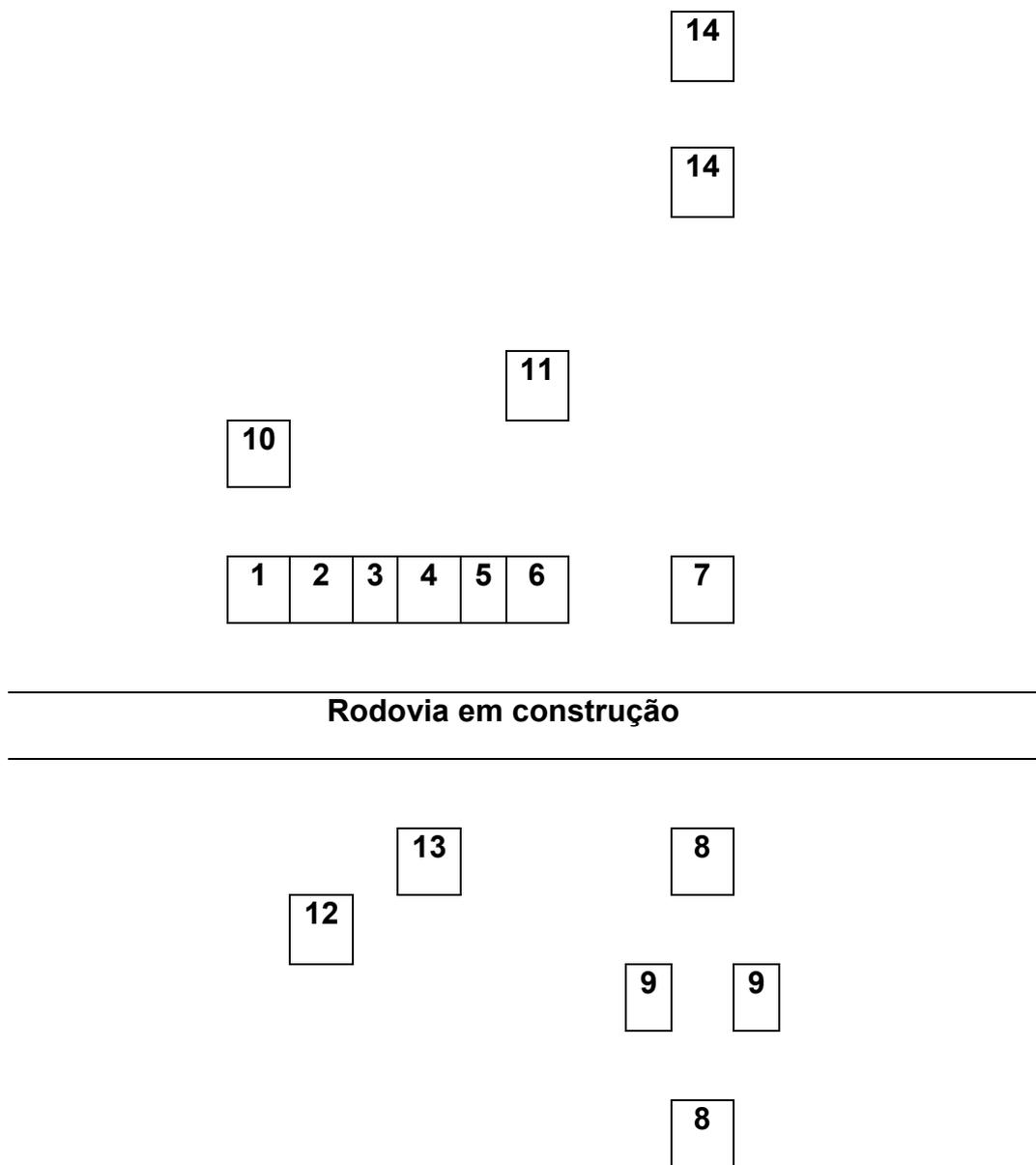
- Guarita – Deve localizar-se no acesso ao canteiro e tem por finalidade abrigar o pessoal de vigilância, que controla o fluxo de entrada e saída de pessoas, veículos e materiais.
- Ambulatório – Deve abrigar as seguintes dependências: recepção, enfermaria, repouso, consultório e pronto-socorro.
- Escritório – Neste, deve se instalar a administração geral da obra, comportando, por exemplo, as seguintes divisões: gerência, divisão administrativa financeira, divisão de engenharia e divisão de produção.
- Laboratório – Deve ter como finalidade sediar a realização de todos os estudos e ensaios de controle tecnológico de execução de obra. Compreende setores para ensaios de solos, materiais betuminosos e concreto estrutural, sendo dotado de todo o instrumental, equipamentos e acessórios necessários.
- Almoxarifado – Deve ter por finalidade receber, armazenar, distribuir e controlar os materiais, mercadorias e ferramentas que devem ser utilizados nas obras. Comporta as seguintes dependências: recepção de materiais, balcão de atendimento e setor de suprimentos e patrimônio.
- Oficina mecânica – Deve ter por finalidade atender às solicitações de caráter preventivo e corretivo dos equipamentos e veículos em operação na obra. As instalações, basicamente, devem constar de:

Um galpão em estrutura metálica, destinado aos serviços de mecânica pesada e leve;

Um galpão em estruturas metálicas, abrigando em seu interior as dependências para serviços de usinagem, manutenção elétrica, solda, lanternagem e pintura.

Para ilustrar, apresenta-se um esquema alternativo de um canteiro de serviços.

Figura 75 – Esquema de canteiro de serviços



- | | |
|---|---|
| 1 – Escritório | 8 – Alojamento |
| 2 – Laboratório | 9 – Cozinha e refeitório |
| 3 – Almoxarifado | 10 – Bombas de abastecimento de combustível |
| 4 – Oficina mecânica | 11 – Lavagem e lubrificação |
| 5 – Máquinas operatrizes, torno, freza etc. | 12 – Captação de água |
| 6 – Casa de força | 13 – Caixa d'água |
| 7 – Ambulatório | 14 – Áreas de lazer |

Considerações adicionais sobre compartimentos específicos

– Laboratório

O laboratório deve ser instalado em outra construção e, de preferência, afastado da via de passagem de máquinas e veículos. Deve ter todo o equipamento e instrumental para a realização dos ensaios especificados para solos, betumes e concreto-cimento. No projeto de construção, é conveniente ter-se em conta local para recebimento e estocagem das amostras, secagem, quarteamento e execução do ensaio de compactação. Dentro do canteiro, este local deve ter acesso independente e, externamente, uma meia-água com varanda, onde se pode construir o tanque para imersão dos corpos-de-prova. O laboratório de betume deve ter alguns instrumentais junto à usina de asfalto, para acompanhamento direto e imediato das misturas produzidas.

– Almojarifado

A maior demanda no almojarifado é por peças, daí procura-se construí-lo perto da oficina. O seu dimensionamento é função da localização da obra em relação a cidades de comércio desenvolvido, da marca e quantidade dos equipamentos alocados à obra e da existência de "dealers" dos veículos e equipamentos. O almojarifado deve ter boas condições de recepção e atendimento dos materiais e peças, e prateleiras para estoque, que permitam controle e fácil manuseio das peças. Os depósitos de pneus, de óleos lubrificantes e graxas integram o complexo do almojarifado e devem ser estocados na mesma edificação, ou em outra, próxima a ela.

– Oficina mecânica

A oficina mecânica deve ter uma quantidade de boxes compatível com o número de máquinas alocadas à obra. Em obras de grande porte, devem ser construídos dois blocos, tipo galpões, um para as máquinas, outro para os veículos. Nas oficinas devem ser feitas as manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos. No galpão principal, devem ser construídos boxes para as ferramentas, o torno, a prensa, o setor elétrico, ajustagem de motor, a soldagem, e boxes externos para lanternagem e pintura. Normalmente, os galpões têm estrutura metálica e, na sua localização, deve-se levar em conta o nascer e por do sol e a direção dos ventos dominantes. A manutenção, nas frentes de serviço, habitualmente é feita com apoio de um caminhão oficina, onde se instalam todos os equipamentos, ferramentas e peças indispensáveis às correções de pequeno e médio portes.

– Ambulatório

O ambulatório concentra o atendimento médico para seleção dos candidatos ao emprego, como também a prestação dos primeiros socorros, nos casos emergenciais e de acidentes. Deve ter dependências para recepção, consultório, enfermaria, salão de repouso e pronto socorro. Havendo convênio com o INSS, essas instalações podem ser ampliadas, com seções para internamento.

– Alojamentos

Muitos funcionários da obra são transferidos e, portanto, residem no canteiro. Normalmente são alojados em construções alongadas, com quartos para duas ou quatro pessoas, circundados por alpendres, e com sanitários e banheiros coletivos em construções apropriadas e separadas.

– Cozinha e refeitório

A boa alimentação está diretamente ligada à produtividade do operário. Para garantia de uma alimentação de boa qualidade e racional, quanto à nutrição, devem ser construídas instalações para a cozinha e o refeitório. Há no mercado grandes variedades de cozinhas industriais, que asseguram economicidade no preparo da alimentação, aliada a uma perfeita higiene. Câmaras de refrigeração para carnes e verduras, quando construídas, garantem a conservação dos alimentos "in natura" e evitam grandes desperdícios, assegurando, pois, economia no custo da unidade alimentar fornecida. Não custa afirmar, que qualquer investimento feito para preparar-se uma refeição variada e de bom padrão tem como retorno o bom relacionamento e a satisfação das pessoas envolvidas no gerenciamento e na construção da obra. A auto-estima da equipe é um fator primordial para o bom andamento dos trabalhos e ela passa pela qualidade da alimentação fornecida.

– Áreas de lazer

Para o pessoal que reside no canteiro, há necessidade da construção de áreas de lazer, que vão de um simples campo de futebol de salão, com iluminação noturna, até um salão com televisão e vídeo, e outro para jogos em grupo. Estes salões podem ser utilizados, também, para aulas de treinamento, em determinados horários.

7.1.3 - Canteiros auxiliares

Nos canteiros auxiliares devem estar as edificações de apoio às instalações industriais ou de frentes de serviços. Neles, devem estar situadas a pedreira, a britagem e a usina de asfalto, quando a solução

do revestimento é o concreto asfáltico, a usina de solos, e centrais de concreto e cimento, se for o caso. Na maioria das vezes há condições de montarem-se as usinas junto à britagem. Com esse procedimento, centraliza-se o controle, a central de geração de energia e os procedimentos que controlam a poluição ambiental. É imprescindível construir-se uma instalação para que os ensaios de granulometria dos agregados, penetração do asfalto e moldagens do Marshall possam ser realizados. Uma balança para pesagem das carretas de asfalto recebidas deve ser instalada e aferida.

7.2 – INSTALAÇÕES DE PEDREIRAS E ESQUEMAS DE BRITAGEM

7.2.1. Considerações iniciais

Para produção de agregados graúdos e miúdos, visando atender às especificações e às normas técnicas de projeto, o processo de redução de diâmetro dos agregados se faz por:

- Fase 1 – Britagem Primária - Britadores de mandíbula
- Fase 2 – Britagem Secundária - Rebritadores de mandíbula/girosféricos (rebritadores de cone)
- Fase 3 – Britagem Terciária - Giroféricos (rebritadores de cone)
- Fase 4 – Britagem Quartenária - Hidrocônicos, giroféricos rocha/rocha, ou moinhos de barra ou de bola.

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

- Dimensionamento

Em função dos tempos, da demanda mensal, em consonância com as especificações e normas técnicas exigidas pelo projeto, calculam-se as produções efetiva e nominal da instalação, as quais definem, por consequência, o porte dos equipamentos, bem como as fases da britagem necessárias à instalação.

- Produção Horária Efetiva

$$PHE = \frac{PEAK}{J \times M}$$

Onde:

PHE = Produção Horária Efetiva

PEAK = Necessidade máxima de produção no mês (m³)

J = Horas / Dia

M = Dias / Mês

Para este cálculo, devem-se considerar os dois períodos distintos na região (seco e chuvoso); sendo assim, teremos duas produções horárias efetivas.

– Produção Horária Nominal

$$PHN = \frac{PHE}{C}$$

PHN = Produção Horária Nominal

PHE = Produção Horária Efetiva

– Eficiência do Sistema

Em razão de se estar considerando duas produções horárias, em função dos períodos (seco e chuvoso), a eficiência do sistema também é assim considerada.

Eficiência do Sistema = C

$$C = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6$$

K₁ = 0,85 - avarias mecânicas

K₂ = 0,97 - lubrificação e limpeza

K₃ = 0,752 - utilização do equipamento

K₄ = X - dias chuvosos (período seco), valor variável, dependendo da região

K₄ = Y - dias chuvosos (período chuvoso), valor variável, dependendo da região

$K_5 = 0,90$ - rocha basalto

$K_5 = 1,00$ - rocha granito

$K_5 = 1,20$ - rocha calcário

$K_6 = 0,95$ - alimentador com pré-silo

- Balanço de massas

Para o dimensionamento de todos os equipamentos de britagem, para cada fase do processo, devem-se levar em consideração as seguintes características do material, bem como as faixas e a curva granulométrica a serem obtidas:

Material - tipo da rocha

Densidade aparente;

Peso específico;

Umidade aparente;

Contaminação da rocha;

Compatibilidade do tamanho máximo da pedra da alimentação com a boca de admissão de agregados do equipamento;

Curva final a ser obtida.

7.2.2 – Fases da britagem e equipamentos específicos

a) Britagem primária

Compõe-se dos seguintes equipamentos:

- Alimentador vibratório com Grizzly;
- Britador de mandíbulas primário.

Uma vez que a britagem primária depende fundamentalmente do material alimentado, os cálculos são baseados nas considerações a seguir expostas.

Considerando-se que o desmonte nas jazidas é efetuado por métodos convencionais, a curva tem a composição granulométrica semelhante à britagem primária.

Utilizando os trilhos do Grizzly, espaçados entre si de uma distância igual à metade do diâmetro máximo de admissão do equipamento da britagem secundária, deve-se acrescentar, na produção do conjunto primário, 20% do valor da produção nominal do britador primário.

O transporte dos agregados, que passam pelo Grizzly do alimentador e do britador primário à britagem secundária, é realizado por correias transportadoras.

É de todo conveniente, em britagens de grande porte, separar o fluxo do material resultante da britagem no primário, da britagem secundária. A ruptura desse fluxo é feita através da criação de um pulmão. A pedra que passa no Grizzly e a resultante da britagem no primário são elevadas através de uma correia, que é lançada no terreno natural, formando um cone (pilha). Daí chamar-se de pilha pulmão. Embaixo da base do cone, e encravado no solo, é construído um caixão de concreto ou de chapa metálica pré-montada, onde, através de uma calha vibratória, se alimenta uma correia transportadora, protegida por um túnel de chapa metálica ondulada, a qual promove a alimentação do circuito secundário.

Assim, os circuitos primário e secundário tornam-se independentes, aumentando conseqüentemente a produção. Em alguns projetos, o material da pilha pulmão é utilizado como camada do pavimento.

b) Britagem Secundária

Compõe-se dos seguintes equipamentos:

- Grizzly intermediário;
- Rebritador de Mandíbulas ou Giroférico Cônico.

A peneira vibratória pode ter um ou dois decks, sendo que a malha define o diâmetro máximo, bem como o volume dos agregados que devem ser encaminhados à britagem secundária.

Vale salientar que se deve evitar o envio do agregado dentro das especificações finais, nesta fase do processo, pois a passagem do mesmo pelo rebritador é considerada perda.

Em função do volume, bem como da curva granulométrica final requerida, dimensiona-se o equipamento, optando-se pela:

Capacidade produtiva;

Abertura máxima de saída - posição aberta e fechada;

Diâmetro máximo de admissão de agregado;

Perda final no processo (agregado sem aplicação no projeto).

O transporte dos agregados, que passaram pela peneira vibratória intermediária e rebitador secundário, à britagem terciária/quaternária, ou simplesmente para a classificação final, é realizado por correias transportadoras.

c) Britagem Terciária / Quaternária e Classificação Final

Compõe-se dos seguintes equipamentos:

- Peneira vibratória classificadora;
- Rebitador girosférico cônico – Terciário;
- Rebitador ou moinhos – Quaternário.

Os critérios de dimensionamento, para os equipamentos anteriores, estão ligados diretamente à curva granulométrica final requerida, à faixa granulométrica, ao material circulante e às perdas no processo, levando-se em consideração a capacidade produtiva, a qual é função do seguinte:

Abertura máxima de saída - posições aberta e fechada;

Diâmetro máximo de admissão dos agregados;

Volume de agregado dentro da faixa granulométrica.

Salienta-se que toda a flexibilidade de uma instalação de britagem está na capacidade de poder-se retornar, para as britagens secundárias, ou terciárias e/ou quaternária, e obter o volume necessário dentro da faixa granulométrica requerida, o agregado retido de qualquer deck da peneira vibratória classificadora final.

Portanto, no dimensionamento da peneira vibratória classificadora, devemos considerar como fundamental o material circulante no processo, o qual irá somar-se aos agregados e classificar, e que são os produtos acabados.

Adiante, são apresentadas as funções específicas das britagens terciárias e quaternárias, no processo (fluxo) de uma instalação da britagem:

– Britagem terciária

Composição de curva granulométrica final;

Redução total do diâmetro do agregado ao máximo da faixa requerida;

Balanco de massas, diminuindo o material circulante do processo, bem como as perdas.

– Britagem quaternária

Produção de areia artificial;

Correção de finos do agregado miúdo.

Todo o fluxo de material de uma fase a outra, bem como na classificação final, deve ser realizado por correias transportadoras.

A fim de proteger o meio ambiente, bem como obter agregados quase isentos de finos, costuma-se instalar nas correias transportadoras e nas bicas de desvio das peneiras e transportadoras, sistema de irrigação de água.

Em termos de capacidade de produção as instalações de britagem comportam quatro configurações de corte, a saber:

Pequeno porte - Capacidade nominal: 25 m³/h (móvel);

Médio porte - Capacidade nominal: 50 m³/h (móvel);

Grande porte - Capacidade nominal: 100 m³/h;

Grande porte com britagem quaternária - Capacidade nominal 100 m³/h.

7.2.3 – Exploração de pedreiras

As rochas normalmente utilizadas para fins rodoviários são de origem ígnea ou metamórfica.

Na escolha de uma pedreira, devem-se levar em consideração os seguintes fatores:

- Qualidade da rocha;
- Volume aproveitável;
- Espessura do material inerte;
- Facilidade do desmonte;
- Distância até a aplicação;
- Impedimentos legais e técnicos.

7.2.3.1 – Investigação

Inicialmente as indicações devem ser feitas através de mapas e fotografias aéreas. No campo, na fase de projeto, devem ser coletadas as amostras, através de poços e sondagens rotativas e de pequenas detonações, já que a coleta se faz indispensável para a realização dos ensaios necessários à aprovação da ocorrência.

7.2.3.2 – Plano de ataque

Dependendo do volume a ser explorado, prazo, produções e altura do maciço, as praças de trabalho devem ser projetadas, estabelecendo-se a altura das bancadas, acessos, declividade, drenagem e locais para bota-fora. É importante a elaboração de um planejamento que minimize a agressão ao meio ambiente e a sua recomposição, parcial ou total, se for o caso, após a exploração. Às vezes, a autorização para a exploração da pedreira exige a elaboração e aprovação de instrumento ambiental.

7.2.3.3 – Exploração

A exploração propriamente dita compõe-se das seguintes atividades:

a) Limpeza da camada estéril

A limpeza pode ser executada com trator de esteira, quando a espessura for pequena e o transporte até 50 metros. As decapagens maiores devem ser feitas com trator de esteira, carregadeira e

caminhões basculantes. Sempre que possível, deve aproveitar-se o bota-fora para melhorar os acessos.

A limpeza fina do maciço deve ser executada com utilização de serviço braçal, deixando-se a rocha em condições de ser perfurada sem o perigo de contaminação do material rochoso, pelo estéril, após a detonação.

b) Perfuração da rocha

Não se pode falar em perfuração sem antes definir algumas palavras e conceitos relacionados com o item, ora em análise.

- Malha - Conjunto de furos que integram a mesma detonação. A malha é função de duas medidas, que são o afastamento e o espaçamento; numa malha, o afastamento e o espaçamento são constantes. A malha deve ser marcada topograficamente.
- Afastamento - A distância entre o eixo do furo e a face livre da bancada.

O afastamento é função do diâmetro do furo, que, por sua vez, é função da capacidade da caçamba do equipamento de carregamento, em jardas cúbicas.

Sendo D o diâmetro do furo em polegadas, C a capacidade da caçamba, em jardas cúbicas, e A o afastamento em metros, tem-se:

$$A = C$$

$$A = 45 D$$

- Espaçamento – E - distância entre dois furos de uma mesma linha, que determina uma seção paralela à face livre da bancada. A prática recomenda que, em bancadas altas, deve-se evitar detonações com mais de três linhas.

As malhas podem ser simples ou alongadas.

Na malha simples, tem-se:

$$E = 1,30 A$$

Na malha alongada, quando a altura da bancada é igual ou maior que duas vezes o afastamento, tem-se:

$$3 < E/A < 5$$

Segundo a disposição dos furos, as malhas podem ser: quadrada, retangular e estagiada ou pé de galinha.

Subfuração - perfuração abaixo da cota do pé da bancada, representado por X.

$$X = 0,30 A$$

Dependendo da produção requerida e da altura da bancada, pode-se usar marteletes manuais pneumáticos, ou perfuratrizes de carreta e ar comprimido, ou hidráulicas.

Os marteletes estão limitados a um comprimento efetivo de 6,40 m, limite da série 12, a última da série. Na prática, a partir de 4,80 m, perde-se o rendimento na perfuração e a limpeza do furo é difícil. O diâmetro da coroa varia de 40 mm a 33 mm e o comprimento das hastes é um múltiplo de 0,80 m. Para esse tipo de perfuração, o explosivo mais adequado é a gelatina 60%, 1"x 8".

As perfuratrizes de carreta podem perfurar bancadas de grandes alturas. O limite prático de utilização é de até 20 m; as bancadas de 14 metros de altura têm maior rendimento. As coroas [bits] mais utilizadas são as que têm os diâmetros de 2 1/2" ou de 3", e os explosivos, 2" e 2 1/4", respectivamente. As coroas mais comuns são as do tipo de pastilha ou de botões.

Os materiais de extensão utilizados são: punho, luvas e hastes, que podem ter seção cilíndrica ou sextavada e comprimento de 3,050 m.

O furo, preferencialmente, deve ser feito com inclinação de 15 a 20 graus em relação à vertical. Esse procedimento oferece algumas vantagens, como:

Aumento da área de superfície livre de reflexão da onda de choque;

Diminuição do sopé;

Fragmentação melhor;

Lançamento melhor do material;

Menos quebra na parte de trás (no maciço);

Menor razão de carga.

Como desvantagens podem-se citar:

A furação tem que ser cuidadosa e a inclinação exata;

Maior desgaste das hastes e dos bits.

c) Carregamento e detonação

– Explosivos

Para a carga de fundo, são usadas as gelatinas, as lamas e as emulsões puras.

Para a carga de coluna, são usadas as lamas menos densas, as gelatinas, os nitrocarbonitratos, os semigelatinosos e as emulsões misturadas com ANFO.

– Carga de fundo

A altura da carga de fundo, onde se usa explosivo de alta densidade, pode ser definida como sendo função do afastamento; sendo h a altura de carga de fundo, tem-se:

$$h = 1,30 \times A$$

– Tampão

Parte superior do furo preenchida com material inerte, de preferência material argiloso. Sendo T a altura do tampão, tem-se:

$$T = 0,70 \text{ a } 1,0 A$$

– Carga de coluna

A carga de coluna é a altura do furo com a subfuração menos a carga de fundo e a altura do tampão. Usa-se explosivo de baixa densidade. Sendo L a carga de coluna, tem-se:

$$L = H - [1,30 A + 0,7 \text{ a } 1,0 A]$$

– Razão de carregamento

Chama-se razão de carregamento a quantidade de explosivo necessário ao desmonte de um metro cúbico de rocha no maciço. Depende do tipo de rocha (granito, basalto etc.), da malha adotada, do diaclasamento do maciço, da qualidade do explosivo e do lançamento do material.

– Acessórios

Os principais acessórios de detonação empregados são: estopim, espoletas comuns, espoletas elétricas, cordel detonante, dispositivos de retardo com intervalos de 5, 10, 20 30, 50 milisegundos.

É comum atualmente a substituição do fogo por meio do circuito elétrico pelo cordel detonante. O circuito elétrico tem sido a causa de inúmeros acidentes provocados pela detonação imprevista das espoletas elétricas, provocada por fontes elétricas estranhas ao circuito, como relâmpagos, eletricidade estática da atmosfera etc. Assim, o cordel detonante é a forma mais segura para a detonação do fogo a céu aberto. Ele consiste de um núcleo explosivo, constituído do tetranitrato pentaeritritol de alta velocidade, 7000 m/s, coberto por um múltiplo revestimento de fibras têxteis e PVC, que lhe oferecem alta resistência à tração e segurança contra as intempéries. A iniciação do cordel detonante é feita através de uma espoleta simples.

d) Carga e transporte

O dimensionamento da carga e do transporte depende da instalação de britagem instalada. A carga é usualmente feita com carregadeiras de pneus com correntes de proteção ou escavadeiras. Se usada carregadeira, é conveniente que a rocha seja bem lançada na praça; se escavadeira, a rocha deve ficar mais amontoada. O transporte pode ser executado com caminhões com caçamba minério, desde 8 toneladas até os fora-de-estrada.

7.2.4 – Produção de agregados

A exploração de pedreiras é assunto do mais alto interesse para os engenheiros rodoviários, devido ao grande volume representado pelas necessidades das obras de pavimentação e, também, das obras-de-arte.

A diversificação das granulometrias exigidas nos serviços rodoviários, dada a diversificação dos tipos de pavimentos, exigem sistemas próprios e adequados de britagem, devendo as peneiras selecionarem

nos silos ou nos depósitos, desde materiais de graduação fina, como os agregados destinados à lama asfáltica, como agregados graúdos para as camadas de macadame hidráulico.

Em muitos casos, as alterações limitam-se a pequenas variações nas inclinações das peneiras, ou pequenas variações nas paredes dos silos, possibilitando a correção de pequenos desvios das curvas granulométricas dos agregados em relação às faixas das especificações.

Para serviços mais nobres, no entanto, como o concreto asfáltico, as pedreiras sofreram e sofrem alterações profundas nos seus esquemas de trabalho e em suas instalações, tendo em vista as pequenas faixas de tolerância e o número maior de peneiras exigidas nas especificações.

Para grandes quantidades, as pedreiras sofrem um processo de adaptação, visando fornecer os materiais já com a graduação constante das especificações, providenciando as misturas dos agregados nas proporções exigidas.

A exploração mecanizada de pedreiras segue o processo seguinte:

- Extração da rocha, por meio de minas verticais de pequeno diâmetro, dispostas paralelamente à frente da pedreira, usando-se perfuratrizes manuais ou mecânicas de percussão ou rotativas, com brocas de metal duro, em pastilhas substituíveis;
- Explosão simultânea das minas, usando-se espoletas elétricas instantâneas ou, eventualmente, espoletas de tempo;
- Fragmentação secundária, isto é, a redução dos blocos resultantes da extração da rocha e que, devido às suas dimensões, não podem ser admitidos no britador primário. Essa fragmentação é executada por um dos seguintes processos: fogachos, mina inglesa ou choque, drop balt;
- Limpeza da praça da pedreira com equipamento mecânico, de modo a permitir maior rendimento das máquinas carregadoras e dos veículos transportadores;
- Carga, por meio de um escavador, ou outro tipo de máquina carregadora, devendo as dimensões da caçamba servirem de calibre para as pedras que devem alimentar o britador primário;

- Transporte da pedra, por meio de veículos transportadores especiais para esse tipo de serviço, e que são, geralmente, caminhões basculantes de carroceria metálica reforçada e de cabine protegida;
- Lançamento das pedras no alimentador do britador primário, que assegura uma regularização perfeita da alimentação e um aumento da produção efetiva de 20% a 30%;
- Emprego de um britador primário, escolhido com critério, tendo em vista o tipo de rocha a britar, o custo da fragmentação secundária, as dimensões da caçamba do carregador e do fator de redução;
- Transportador principal, geralmente do tipo de correia, destinado a conduzir a pedra britada do primário para a peneira separadora;
- Peneira vibratória separadora, cuja malha é função do diâmetro máximo da pedra britada a ser produzida, e que tem por finalidade retirar da circulação o material produzido pelo britador primário, que é retido nessa peneira, a qual pode ser ou não aproveitada;
- Britador secundário, destinado a rebritar o material retido na peneira separadora, escolhido com critério, tendo em vista as mesmas considerações do item referente ao emprego do britador primário, considerando-se, entretanto, o diâmetro da pedra de alimentação;
- Transportador de retorno, que leva o material produzido pelo britador secundário para o transportador principal;
- Transportador de correia, que conduz a pedra que passa na peneira separadora para a peneira classificadora;
- Peneira vibratória classificadora, geralmente de quatro planos de peneiramento, destinada a classificar as diferentes bitolas da pedra britada a ser produzida;
- Silos para armazenamento da pedra britada, com capacidade correspondente a 2 horas de produção da instalação de britagem;
- Equipamento para esvaziar e empilhar a pedra britada, quando não houver transporte regular até a obra, da pedra britada produzida;

- Equipamento para a carga da pedra empilhada;
- Equipamento para lavagem da pedra produzida, seja simplesmente para retirada do material pulverulento, seja para maior eficiência do peneiramento, de uso eventual.

Uma constatação do mercado de pavimentação nacional é que os agregados utilizados nesses serviços resultam da britagem de rochas. Isso evidencia a importância dos sistemas de britagem e de sua adaptação às necessidades desse mercado.

De uma forma geral, Rittinger relacionou o trabalho de fragmentação de uma rocha com as novas superfícies produzidas: estão numa relação direta, ou seja, a maior fragmentação exige mais trabalho dos britadores.

- Britadores

Na britagem primária, são utilizados, geralmente, britadores de movimentos alternativos, que são os de mandíbulas.

Esses britadores esmagam os matacões de pedra, fazendo com que estes sejam comprimidos por uma superfície triturante fixa. Distinguimos dois tipos de britadores de mandíbulas:

- De simples efeito. A parte inferior é praticamente fixa, enquanto a parte superior é ligada a um excêntrico dotado de movimentos circulares. Existem britadores de simples efeito, aplicáveis a serviços dos mais pesados aos mais leves;
- De duplo efeito. São os mais utilizados em mineração, indústrias de cimento e outras instalações de grande porte. A parte superior da mandíbula inferior é fixa; a parte móvel da mandíbula é ligada a um excêntrico com duas articulações.

Os britadores contínuos são destinados a outras fases da britagem e a determinados materiais. Distinguem-se: britadores giratórios e britadores de rolos.

- Britadores giratórios. Têm duas partes distintas: a superfície triturante é fixa e corresponde a uma cavidade cônica; um pinhão, de movimento contínuo, aproxima-se e se afasta dessa concavidade, devido a um eixo excêntrico, provocando continuamente a compressão e fragmentação das pedras. Produzem mais de 500 m³/h;

- Britadores de Rolo. São de movimento contínuo, e a britagem se processa, devido a dois rolos que giram em sentidos contrários, próximos um do outro.

As faces dos dois rolos, ou mesmo de um apenas, podem ser lisas, dentadas ou corrugadas. Sua utilização é especialmente recomendada, quando se pretende a produção de grande quantidade de agregados finos, como pedrisco e pó de pedra.

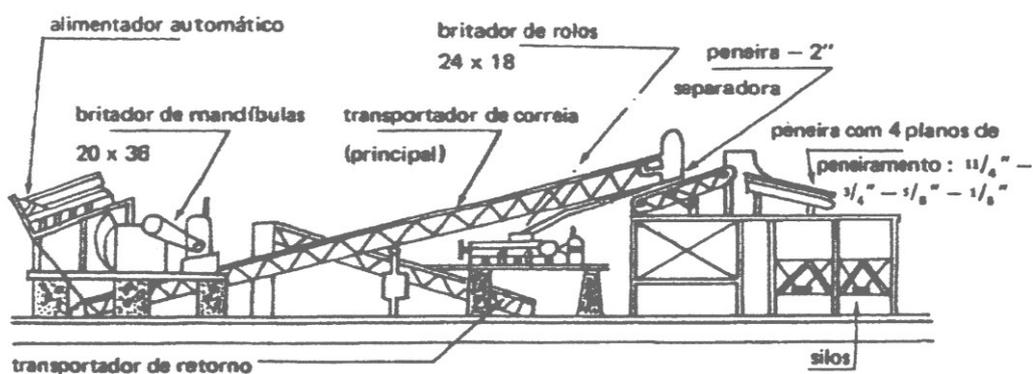
Outros tipos de britadores são utilizados para serviços, objetivando a produção de agregados de forma mais cúbica ou para moagem de materiais.

Os britadores de martelo, por exemplo, constam de pés móveis que arremessam os materiais contra a superfície interna do britador, causando, nos choques, a fragmentação. Materiais como diabásio e basalto podem produzir fragmentos mais cúbicos por esse sistema de britagem.

São indicados para moagem de calcário, cerâmica, cal e outros.

Os britadores de bola consistem num depósito de britagem, onde bolas de aço especial atiram os materiais contra as paredes, fragmentando-se.

Figura 76 – Instalação de britagem



- Peneiras cilíndrico-rotativas

São constituídas de chapas de aço perfuradas, enroladas em forma de cilindro. O cilindro tem início com as perfurações correspondentes às frações mais finas; o deslocamento do material, à medida que o cilindro ou cilindros giram, é feito devido à inclinação da peneira, da ordem de 4 a 6 graus.

Essa inclinação pode ser regulada dentro de limites estreitos, fazendo com que o material passe mais rápido ou mais lentamente pelas peneiras, na medida em que se quer reduzir, ou aumentar a produção de materiais mais finos, respectivamente.

As peneiras cilíndrico-rotativas são relativamente lentas, com velocidade de 10 a 25 rotações por minuto, pois, para velocidades maiores, a ação da força centrífuga pode afetar a classificação. Velocidades menores podem prejudicar o deslocamento dos materiais ao longo das peneiras. Além disso, o peso do material pode afetar as chapas com maior número de furos, que são menos resistentes e, também, deve-se considerar como fator negativo, que as aberturas correspondem a pouco mais de 10% da área total das chapas.

- Peneiras plano-vibratórias

São dotadas de vibração e inclinação da ordem de 15° graus. São montadas em forma de telas, em caixilhos metálicos; cada painel, correspondente a uma abertura, é colocado sob o imediatamente superior, na ordem decrescente de aberturas, como na montagem de um jogo de peneiras em laboratório. A distância vertical entre painéis consecutivos deve ser no mínimo, a necessária para a livre movimentação dos materiais.

Várias vantagens têm feito as pedreiras optarem pelas peneiras planas. Entre elas, pode-se citar maior rigor na classificação dos materiais, melhor conservação das peneiras, pois as pedras maiores não atingem as peneiras mais fracas, que estão nas partes inferiores, como telas substituíveis, em função do desgaste de cada uma e ocupando menor espaço. Finalmente, citam-se o maior aproveitamento das superfícies de peneiração e a menor potência exigida dos motores.

- Estimativa de produção

De uma forma sumária, pode-se estimar a produção de uma instalação de britagem pela fórmula:

$$B = \beta_1 \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot J$$

Sendo:

B = produção em m³/h;

J = produção teórica, dada como capacidade nominal nos catálogos em m³/h;

β_1 = coeficiente-função do material a ser britado, Tabela 20;

β_2 = coeficiente-função do método de alimentação, Tabela 21;

β_3 = coeficiente-função do aproveitamento de horas trabalhadas, Tabela 22.

Tabela 20 - Valores de β_1 : Tipo do material britado

Material	β_1
Calcário	1,2
Granito	1,0
Basalto	0,9
Minério de ferro	0,8

Tabela 21 - Valores de β_2 : Método de alimentação

β_2		
Alimentador	Instalação pequena	Instalação grande
Com pré-silo	0,95	0,95
Com tremonha	0,90	0,85
Manual	0,80	0,60

Tabela 22 - Valores de β_3 : Aproveitamento de horas trabalhadas

Instalação	β_3		
	Horas trabalhadas por dia		
	8-10	11-15	16-24
Pequena	0,90	0,80	0,75
Grande, sem pilha intermediária	0,90	0,80	0,75
Grande, com pilha intermediária	0,90	0,80	0,75
Grande, com pilha intermediária e rebitadores giratórios	0,95	0,85	0,80

Obs.: A pilha intermediária é indicada para britadores primários com produção maior que 80 m³/h. Geralmente, varia de 2.000 a 10.000 toneladas.

8. EQUIPAMENTOS

8 EQUIPAMENTOS

8.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os serviços de terraplenagem, por sua natureza, diversificação e magnitude dos quantitativos envolvidos requerem processo executivo mecânico, envolvendo a utilização de um conjunto complexo e bastante diversificado de equipamentos pesados.

De fato, a execução de uma obra de implantação viária, compreendendo, via de regra, vários itens-serviços, demanda, então, a utilização conjugada de equipamentos vários, cujo conjunto constitui a patrulha de equipamentos, dimensionada de modo a atender à produção compatível com o cronograma de obras.

Assim, é que, para cada um dos itens-serviços, dispõe-se de uma série de equipamentos específicos, conforme exemplificado a seguir.

Tabela 23 – Equipamentos de Terraplenagem

Itens - Serviços	Equipamentos utilizados
Escavação de solos	Tratores de lâmina / Moto-scrapers / Escavadeiras
Escavação de rochas	Perfuratriz / Compressor / Trator de lâmina / Escavadeiras
Extração de areia	Drag-line / Retroescavadeiras
Extração de rocha	Perfuratriz / Compressor de ar
Carga de materiais	Carregadeiras / Escavadeiras
Produção de brita	Instalação de britagem
Transporte de materiais	Caminhões fora da estrada Caminhões basculantes Caminhões carroceria fixa
Espalhamento de materiais terrosos	Motoniveladoras Tratores de Lâmina
Umedecimento de solos na pista	Caminhão tanque
Mistura de solos; homogeneização de umidade na pista	Grade de disco Motoniveladora
Compactação propriamente dita	Trator compactador Rolo de pneu (pressão variável) Rolo liso vibratório Rolo pé de carneiro
Serviços auxiliares	Tratores de pneus / Retroescavadeiras

8.2 MODALIDADES E FINALIDADE DOS EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM

De conformidade com o exposto, os equipamentos de terraplenagem, em função de suas finalidades dentro do processo construtivo, podem ser considerados como integrantes de conjuntos de unidades específicas, observada a seguinte classificação:

- Unidades de tração (tratores);
- Unidades escavo-empurradoras;
- Unidades escavotransportadoras;
- Unidades escavocarregadoras;
- Unidades aplainadoras;
- Unidades de transporte;
- Unidades compactadoras.

Tais unidades estão enfocadas a seguir, na forma das subseções 8.2.1 a 8.2.7.

8.2.1 Unidades de tração

A unidade de tração (trator) é a máquina básica da terraplenagem, pois todos os equipamentos disponibilizados para executá-la, são tratores devidamente modificados ou complementados/adaptados para a realizar as operações básicas da terraplenagem.

Chama-se trator a uma unidade autônoma, que executa a tração ou empurra outras máquinas e pode receber diversos implementos destinados a diferentes tarefas.

Essa unidade básica pode ser montada sobre esteiras ou sobre pneumáticos, recebendo as denominações genéricas de trator de esteiras ou trator de rodas (ou de pneus), respectivamente.

Estas máquinas possuem certas características comuns, que devem ser definidas:

- Esforço trator: é a força que o trator possui na barra de tração (no caso de esteiras) ou nas rodas motrizes (no caso de tratores de rodas), para executar as funções de rebocar, ou de empurrar outros equipamentos ou implementos;
- Velocidade: é a velocidade de deslocamento da máquina, que depende, sobretudo, do dispositivo de montagem, sobre esteiras ou sobre rodas;

- Aderência: é a maior ou menor capacidade do trator de deslocar-se sobre os diversos terrenos ou superfícies revestidas, sem haver a patinação da esteira (ou dos pneus) sobre o solo (ou revestimento) que o suporta;
- Flutuação: é a característica que permite ao trator deslocar-se sobre terrenos de baixa capacidade de suporte, sem o afundamento excessivo da esteira, ou dos pneus, na superfície que o sustém;
- Balanceamento: é a qualidade que deve possuir o trator, proveniente de uma boa distribuição de massa e de um centro de gravidade a pequena altura do chão, dando-lhe boas condições de equilíbrio, sob as mais variadas condições de trabalho.

Em relação aos tratores de esteira, cumpre registrar o seguinte:

A esteira do trator é constituída por placas de aço rígidas, de vários tipos e tamanhos, ligadas umas às outras, de maneira que haja articulação entre elas, permitindo sua adaptação ou acomodação às irregularidades do terreno.

Essas placas possuem na superfície em contato com o terreno uma saliência chamada garra, que nele penetra, aumentando a aderência entre a esteira e a superfície de suporte. De acordo com o tamanho dessas garras há maior ou menor aderência entre as superfícies, mas com maior dificuldade de manobra da máquina.

A largura da esteira é bastante variável, dependendo do tipo, porte e utilização da máquina. O uso de esteiras largas permite a diminuição da pressão exercida sobre o terreno e o deslocamento da máquina sobre solos de baixa capacidade de suporte, melhorando as características de flutuação.

A diminuição da largura da esteira implica aumento da pressão de contato, de maneira que nos terrenos fracos haverá a tendência ao afundamento. Nos terrenos de maior suporte, a maior pressão exerce certo adensamento sobre o solo, resultando maior resistência ao cisalhamento, especialmente nos casos dos solos argilosos.

Entretanto, nos solos não-coesivos (areias, silto-arenosos etc.), isso não ocorre e, ao contrário, procura-se aumentar a área de contato, evitando a patinação pela falta de aderência.

Tabela 24 - Características das unidades de tração

Atributo	Trator de esteiras	Trator de rodas
Esforço trator	Elevado	Elevado, limitado pela aderência
Aderência	Boa	Sofrível
Flutuação	Boa	Regular a má
Balanceamento	Bom	Bom
Velocidade	Baixa (< 10 km/h)	Alta (< 70 km/h)

Os tratores de pneus são equipamentos normalmente agrícolas, mas também usados em terraplenagem. Montados sobre quatro pneus, sua finalidade é a de puxar pequenas carretas, grades de discos, desatolar caminhões etc. Quando rebocando grades de discos ou outros equipamentos mais pesados, podem usar, nos pneus traseiros, os rodados duplos, o que permite uma melhor aderência e tração. Visando melhorar a aderência, pode-se colocar água dentro das câmaras de ar até $\frac{3}{4}$ de sua capacidade, completando-se o restante com ar comprimido.

Os tratores de esteiras e de rodas têm os seus campos de aplicação bem distintos, em razão de suas características diferentes.

Os trabalhos que requerem esforços tratores elevados, com rampas de grande declividade, resultante da topografia acidentada, ou quando executados em terrenos de baixa capacidade de suporte, não importando o fator velocidade, constituem-se no campo de aplicação ideal para os tratores de esteiras.

Quando a topografia é favorável, isto é, as declividades das rampas não são fortes e as condições de suporte e aderência do solo são boas, as máquinas de pneus são insuperáveis, porquanto se pode utilizar a sua maior vantagem, que é a velocidade elevada, significando, em última análise, maior produção.

Contudo, ultimamente, os fabricantes e projetistas de equipamentos têm introduzido certas modificações na parte mecânica, que resultam na melhoria do desempenho dos tratores de pneus quanto à aderência e flutuação. Assim, podemos citar a utilização de tração nas quatro rodas, aumento da potência dos motores, diferenciais travantes e pneumáticos revestidos com esteiras ou correntes metálicas, fatores esses que têm contribuído para sanar as deficiências das máquinas de pneus, no tocante à aderência e flutuação, permitindo, inclusive, a execução de trabalhos anteriormente considerados como apropriados aos tratores de esteiras.

8.2.2 Unidades escavo-empurradoras

O trator de lâmina ou de pneus, que é a máquina básica da terraplenagem, pode receber a adaptação de um implemento, que o transforma numa unidade capaz de escavar e empurrar a terra chamando-se, por isso, unidade escavo-empurradora.

Esse implemento é denominado lâmina e o equipamento passa a chamar-se trator de lâmina ou “bulldozer”.

Os tratores de esteiras são equipamentos destinados à escavação de solos, sendo equipados com lâminas para operação de escavação, ou com placas de empuxo, para operação de “pusher” em moto-scrapers. Alguns são equipados, também, com escarificadores, que visam facilitar o trabalho de escavação quando o solo é duro.

A lâmina tem sua seção transversal curva, para facilitar a operação de desmorte, e na parte inferior recebe a ferramenta de corte, constituída de peça cortante, denominada faca da lâmina, nela parafusada. Nas extremidades, temos duas peças menores, que são os cantos da lâmina. As facas e os cantos são facilmente removíveis para substituição, quando desgastados pela abrasão resultante da operação de corte, ou quando sofrerem fraturas pelo choque com obstáculos diversos: blocos de rocha, matacões, restos de concreto etc.

As lâminas são suportadas por braços laterais, fixados no “chassi” da esteira, um de cada lado.

O acionamento da lâmina, ou seja, a sua movimentação no sentido vertical, era feito, nos modelos antigos, por um sistema de guincho, polias e cabos de aço.

Nos modelos modernos, esse acionamento foi modificado para o tipo hidráulico, que apresenta diversas vantagens em relação ao anterior.

Figura 77 – Trator de esteiras



O acionamento hidráulico é feito por dois pistões de duplo efeito, que sustentam a lâmina e são movidos pela pressão fornecida por uma bomba hidráulica de alta pressão.

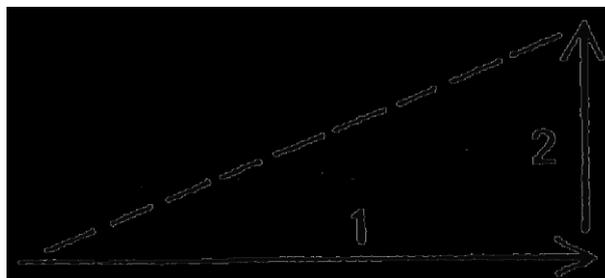
Uma das principais vantagens consiste no fato de que os dois pistões podem exercer um empuxo sobre o solo, forçando a lâmina, ou mais especificamente, a faca sobre a superfície a ser cortada, facilitando a operação.

Além disso, nos materiais mais compactos e, portanto, mais difíceis de serem escavados, o empuxo aumenta bastante a eficiência da operação de corte, resultando em aumento de produção.

A lâmina reta ou fixa é perpendicular ao eixo longitudinal do trator e não pode ser angulada.

Esta montagem só permite a escavação e o transporte para frente. Assim, no caso de transporte lateral, são necessárias as duas operações (1) e (2) apresentadas na Figura 78.

Figura 78 – Escavação e transporte com trator de lâmina fixa (esquema)



Para evitar esse inconveniente, foram criadas as lâminas anguláveis ou “angledozer”, que podem formar ângulos diferentes de 90°, com o eixo principal longitudinal do trator.

Figura 79 – Trator com lâmina angulável



A principal vantagem da lâmina “angledozer” está no fato de que o trator, ao se deslocar, leva a terra lateralmente, o que facilita a escavação e o seu transporte, especialmente no caso de corte em meia-encosta, formando-se uma leira contínua, paralela à direção seguida pelo trator. Em alguns equipamentos modernos, a angulação é feita através de dois pistões hidráulicos de duplo efeito.

Figura 80 – Escavação e transporte com trator de lâmina angulável



8.2.3 Unidades escavo-transportadoras

As unidades escavo-transportadoras são as que escavam, carregam e transportam materiais de consistência média a distâncias médias.

São representadas por dois tipos básicos: “scraper rebocado” e “motoscraper” ou “scraper automotriz”.

a) “Scraper” rebocado

É uma caçamba montada sobre dois eixos com pneumáticos, normalmente tracionado por trator de esteiras.

Os scrapers têm a mesma função dos moto-scrapers, com a única diferença de serem rebocados ou por tratores de esteiras ou por tratores de pneus (é o caso de equipamentos menores, como os da marca Madal). Esses tipos de equipamentos estão cada vez mais em desuso.

Figura 81 – Scraper rebocado



b) “Scraper automotriz” ou “motoscraper”

É um “scraper” com um único eixo e que se apoia sobre um rebocador de um ou dois eixos, através do pescoço.

O moto-scraper é um equipamento destinado à execução do corte, transporte e descarga de solos, realizando ainda, quando passam carregados sobre o material já descarregado, uma compactação inicial. Basicamente constam de duas partes: a caçamba (scraper) e o trator ou cavalo. São equipamentos de grande produção em distâncias pequenas, que vão de cem a mil metros, apresentando melhores desempenhos em distâncias entre 200 e 500 metros. Existem três tipos de moto-scrapers: o convencional, o auto-carregável e o “push-pull”.

Figura 82 – Moto-scraper



O tipo convencional, apesar de ter motor próprio para a tração, na ocasião do carregamento necessita de uma força adicional que lhe é dada por um “pusher”, que tanto pode ser um trator de esteiras como um trator de pneus pesado.

8.2.4 Unidades escavo-carregadoras

São as que escavam e carregam o material sobre outro equipamento, que o transporta até o local da descarga, de modo que o ciclo completo da terraplenagem, compreendendo as quatro operações básicas, é executado por duas máquinas distintas.

As máquinas assim denominadas são representadas pelas carregadeiras, escavadeiras e retroescavadeiras, que, embora de construção bastante diversa, executam as mesmas operações de escavação e carga.

Carregadeiras – São, também, denominadas pás-carregadeiras e podem ser montadas sobre esteiras ou rodas com pneumáticos.

Na terraplenagem, normalmente utilizam-se as carregadeiras com caçamba frontal, isto é, instalada na parte dianteira da unidade.

Pás-carregadeiras – São equipamentos que tanto podem ser montados sobre esteiras como sobre pneus. As máquinas montadas sobre esteiras têm um deslocamento mais lento do que as montadas sobre pneus. As pás-carregadeiras são utilizadas na operação de carregamento de material solto ou em pequenas escavações em materiais de pouca resistência. Sua ferramenta de trabalho é uma caçamba, que apresenta um movimento basculante para frente, a fim de atacar o material, encher-se

do mesmo e depois descarregá-lo sobre o caminhão basculante. Existem pás-carregadeiras equipadas com caçambas de descarga lateral.

Figura 83 – Pá carregadeira



Escavadeiras hidráulicas – São equipamentos destinados a realizar escavações, assim como carga de materiais nos caminhões basculantes. Tanto podem ser montadas sobre esteiras como sobre pneus. As de esteiras são mais lentas, na sua locomoção, do que as sobre pneus. São utilizadas, também, na abertura de valas; na regularização de rios e canais; no carregamento de materiais soltos; como guindastes; e outras aplicações. Fundamentalmente, constam das esteiras ou pneus, montados em um chassi, sobre o qual vai uma mesa giratória, que apoia a cabine e a lança, com os acessórios de escavação, além do motor e partes mecânicas. Na cabine, são instalados os controles, e é onde o operador trabalha.

As escavadeiras podem ser equipadas com “shovel” (colher), com “drag-line”, com “clamshell” (concha), com equipamento retro, com guindaste, além de outros implementos. Equipadas com “shovel” atacam os cortes altos, sendo este seu emprego específico em terraplenagem. Equipadas com “drag-line” dragam cursos d’água, lagos e atoleiros, fazendo raspagem em terras pouco consistentes e escavação em nível inferior ao da máquina. Equipadas com “clamshell” fazem o carregamento de materiais soltos. Equipadas com guindaste levantam pesos, apiloam o solo, fracionam blocos de pedra, cravam estacas etc. A maioria das escavadeiras permite a substituição do acessório de escavação, mediante a troca da lança e alguns acessórios. Praticamente podem trabalhar sobre qualquer terreno, sendo que, para trabalhar em terrenos fracos, se torna necessária uma preparação nos meios de suporte.

Figura 84 – Escavadeira hidráulica



8.2.5 Unidades aplainadoras

As unidades aplainadoras são especialmente indicadas ao acabamento da terraplenagem, isto é, as operações para conformar o terreno aos greides finais de projeto. Como principais características, estes equipamentos apresentam grande mobilidade da lâmina de corte e precisão de movimentos, o que possibilita seu posicionamento nas situações mais diversas.

Motoniveladoras – São equipamentos destinados ao espalhamento de solos e regularização do subleito. Trabalham sobre seis rodas, sendo duas dianteiras e quatro traseiras montadas em tandem. As rodas dianteiras, além do movimento normal, formam ângulos com a vertical, para ambos os lados, o que facilita a operação. A lâmina, que na maioria das operações trabalha em posição horizontal ou próxima desta, possui facilidade de movimentação muito grande e pode ficar em qualquer posição, inclusive a vertical, do lado de fora da máquina. Isso permite uma série de operações especiais, inclusive a regularização de taludes. São equipados, também, com escarificadores, que podem facilitar o trabalho quando trabalhando em solos mais duros.

Figura 85 - Motoniveladora



8.2.6 Unidades de transporte

As unidades transportadoras são utilizadas na terraplenagem quando as distâncias são de tal grandeza que o emprego de “motoscaper” ou “scaper” rebocado se torna antieconômico.

Assim, para as grandes distâncias, devemos optar pelo uso de equipamentos mais rápidos, de baixo custo, que tenham maior produção, ainda que com emprego de número elevado de unidades.

São unidades de transporte: Caminhão basculante comum, vagões, “dumpers” e caminhões “fora-de-estrada”.

Caminhões basculantes – São equipamentos destinados ao transporte de solos e pedras. A caçamba basculante é feita de chapas de aço. Existem caçambas próprias para transportes comuns e caçambas para o transporte de pedras, mais reforçadas. Quando não se dispuser de caçambas de pedras, e for necessário transportá-las, as caçambas comuns devem ser reforçadas internamente com cantoneira de aço em posições apropriadas, para evitar o contato direto das pedras com a chapa do fundo. Os caminhões basculantes são usados com maior eficiência quando as distâncias de transporte são grandes, isto é, quando são superiores a 1000 m, preferencialmente superiores a 5 km. Geralmente são carregados por carregadeiras mecânicas ou escavadeiras. Podem, ainda, ser carregados manualmente, porém com pouca eficiência. A descarga verifica-se automaticamente pelo fundo, mediante a elevação da parte dianteira de caçamba, efetuada por macacos hidráulicos.

Figura 86 – Caminhão basculante



Caminhões fora-de-estrada – São caminhões de construção reforçada, que se destinam a trabalhos muito pesados e em condições muito severas. São utilizados, principalmente, para o transporte de pedras. Têm suspensão muito dura.

Figura 87 – Caminhão fora-de-estrada



Caminhões de carroceria fixa – São destinados a transportar materiais diversos, como cimento, madeira, peças de máquinas, arame farpado, ferro para construção etc. Sua carroceria é normalmente de madeira e montada sobre chassis. Existem carrocerias metálicas também. A característica principal é que as cargas e as descargas são feitas normalmente por empilhadeiras, por guindastes, ou, eventualmente, de forma manual.

Figura 88 – Caminhão de carroceria fixa



Caminhões pipa – São usados no umedecimento dos solos, visando sua compactação. A liberação da água é feita através de um registro colocado na parte traseira para abrir e fechar a sua passagem.

Figura 89 – Caminhão pipa



Caminhões betoneira – São caminhões equipados com betoneira, utilizados na mistura e transporte de concreto de Cimento Portland.

Figura 90 – Caminhão Betoneira



Cavalo mecânico – São caminhões de potência elevada equipados com a “5ª roda”. Essa 5ª roda é simplesmente um dispositivo de apoio da prancha destinada ao transporte dos demais equipamentos. O cavalo mecânico também serve para transportar conjuntos móveis de britagem, usinas de asfalto móveis e outros.

Figura 91 – Cavalo mecânico



Caminhões comboios de lubrificação – São caminhões onde é adaptada uma carroceria especialmente construída para os serviços de abastecimento de combustível e lubrificação, onde são instalados: reservatório para óleo diesel; compressor de ar; mangueiras; tambores de lubrificantes; e tambores de graxa. Destinam-se ao abastecimento de combustível e à troca de lubrificantes e filtros das máquinas no campo. Evita-se, assim, que máquinas pesadas e lentas realizem grandes deslocamentos para o abastecimento e manutenção.

Figura 92 – Caminhão comboio de lubrificação



8.2.7 Unidades compactadoras

Estas unidades destinam-se a efetuar a operação denominada compactação, isto é, o processo mecânico de adensamento dos solos, resultando num volume de vazios menor.

Como esses materiais variam nas suas características, os compactadores apresentam diferenças entre si, para melhor atender às exigências da compactação de cada tipo de material. Existem os rolos pé de carneiro, os rolos de pneus e os rolos lisos. Os primeiros e os últimos podem ser estáticos ou vibratórios. Os rolos de pneus podem ser de pressão constante ou de pressão variável.

Rolo pé-de-carneiro

É um dos mais antigos equipamentos empregados na compactação dos aterros, porque a sua concepção é das mais simples e, por outro lado, obtém-se boa compactação em grande parte dos solos em que é empregado.

Consta de um tambor oco, no qual se inserem saliências de comprimentos de 20 a 25 cm (ou mais), denominadas “patas”, e que ficam em fileiras desencontradas.

Estas patas, penetrando na camada solta do solo, executam a compactação do fundo para o topo da camada, isto é, de baixo para cima, até que, completado o adensamento, praticamente não há mais penetração das patas.

A energia de compactação é obtida pela pressão de contato de uma fileira de patas, pois na condição acima descrita, ao fim da compactação, o peso total do equipamento se distribui sobre essa fileira. Há, pois, o efeito de punção das patas ao penetrar na camada de solo.

Figura 93 – Rolo pé de carneiro



Rolo vibratório

Nos solos não coesivos, isto é, que disponham de baixas porcentagens de argila (solos arenosos), os rolos pé-de-carneiro mostram-se totalmente inadequados para efetuar a compactação, pois apenas conseguem revolver o terreno, sem nenhum adensamento.

O princípio de funcionamento de um rolo vibratório consiste no acionamento de uma massa móvel colocada com excentricidade em relação a um eixo, provocando vibrações de certa frequência e amplitude, que se propagam pelo tambor até o terreno.

Mesmo nos rolos vibratórios modernos, autopropelidos, o motor de acionamento da massa excêntrica é independente do que impulsiona o rolo, pois há necessidade de ajustar-se frequentemente o número de rotações do excêntrico, para que as vibrações produzidas entrem em ressonância com as partículas do solo, de modo a obter-se aumento da intensidade do efeito vibratório, com maior rapidez e rendimento de operação.

As frequências empregadas oscilam entre 1000 a 4800 ciclos por minuto, sendo mais utilizadas, em geral, as mais baixas.

Verificou-se, também, experimentalmente, que os rolos vibratórios têm maior rendimento a baixas velocidades de deslocamento, pois a compactação depende do tempo total em que as oscilações são aplicadas sobre a superfície.

Figura 94 – Rolo vibratório



Em termos práticos, isto significa que usando-se velocidades maiores, necessitamos de maior número de passadas para obter o adensamento desejado.

Rolo pneumático – Os rolos pneumáticos são constituídos por uma plataforma metálica, apoiada em dois eixos com pneumáticos. O número de pneumáticos em cada eixo é variável, com um mínimo de três, até seis ou mais.

Para melhor cobertura do terreno a ser compactado, as rodas dos eixos são desencontradas em seu alinhamento, de maneira que as do eixo traseiro correm nos espaços deixados pelas dianteiras. Isto significa o emprego de um número ímpar de pneus num eixo e par no outro.

Para melhorar o efeito de compactação, as rodas podem ser montadas duas a duas, num eixo oscilante articulado em relação à plataforma.

Essa montagem permite o contato permanente das rodas com o terreno, ainda que haja irregularidades, depressões ou saliências, evitando-se o efeito de “ponte”, que ocorreria se o eixo fosse rígido.

Outras vezes, os pneumáticos são montados ligeiramente excêntricos em relação ao eixo, produzindo-se o efeito da compactação por amassamento do solo.

O adensamento dos solos, no caso dos rolos pneumáticos, depende da pressão de contato entre os pneus e o terreno.

De modo geral, quanto maior for a pressão, maior facilidade há na obtenção de densidades elevadas. Todavia, há uma limitação imposta pela própria resistência oferecida pela camada.

Figura 95 – Rolo pneumático



8.2.8 Equipamentos auxiliares

Nos serviços de terraplenagem existe, ainda, um grande número de equipamentos secundários, que são normalmente usados com a finalidade de auxiliar nas obras-de-arte correntes, nas obras de drenagem e na própria terraplenagem. Apresentam-se, a seguir, alguns desses equipamentos.

8.2.8.1 Betoneiras

São equipamentos destinados ao amassamento mecânico do concreto. Constam de reservatório feito de chapa de aço, de formato cilíndrico e, às vezes, cilindros combinados com troncos de cone. No reservatório há palhetas de chapa de aço, colocadas em posições adequadas para facilitar a mistura dos componentes do concreto, quando em rotação. Podem ser acionadas por motores elétricos ou por motores de combustão interna. Existem dois tipos: com o eixo de rotação do cilindro na posição vertical e com o eixo horizontal. O primeiro destina-se à preparação de pequenas quantidades de concreto, no máximo 350 litros. Tem uma única abertura, que serve para a carga dos materiais e para a descarga do concreto já amassado. Tanto para a carga, quanto para a descarga, é necessário inclinar a betoneira, tirando o eixo da posição vertical. O segundo tipo apresenta duas bocas, uma em cada base do cilindro. Uma das bocas é equipada com uma concha, para a carga material; a outra é equipada com uma calha, para a descarga do concreto já amassado. Este tipo tem o reservatório sempre em posição horizontal, e destina-se ao amassamento de maiores quantidades de concreto, além de propiciar uma melhor mistura.

Figura 96 - Betoneira



8.2.8.2 Bombas d'água

São equipamentos destinados a bombear água dos mananciais para os caminhões pipa. Geralmente, são bombas rotativas acionadas por pequenos motores de gasolina ou diesel, variando de 6 a 22 HP de potência. Possuem duas mangueiras, uma de sucção e a outra de recalque. Na extremidade da mangueira de sucção, existe uma válvula que mantém a mangueira sempre cheia de água, além de uma tela, a fim de evitar a penetração de substâncias sólidas (pedras e paus) na bomba. Este terminal é introduzido numa lagoa, num rio, num açude etc., a fim de sugar a água. A outra mangueira é

adaptada de outro lado, na saída da carcaça da moto-bomba, e destina-se a levar a água até os caminhões pipa.

Figura 97 – Bomba d'água



8.2.8.3 Grupos geradores

São equipamentos destinados a produzir energia elétrica. Constam de um rotor para produzir energia elétrica. Constam de um motor diesel de grande potência, montado sobre um chassi, ao qual se acopla um gerador que, recebendo energia mecânica através da rotação de um eixo, a transforma em energia elétrica, através do seu rotor, escovas etc. Esta energia elétrica serve para: iluminação do escritório, acionamento das máquinas da oficina, acionamento de conjuntos como: britadores, usinas de solos, usinas de asfalto etc.

Figura 98 – Grupo gerador



8.2.8.4 Vibradores para concreto

Os vibradores servem para fazer o adensamento mecânico do concreto. Quando se lança o concreto nas fôrmas, faz-se necessário promover o seu adensamento, a fim de obter uma melhor arrumação entre as partículas que o constituem, evitando que se formem ninhos ou vazios no seu interior. Para vibrar-se o concreto precisa, em primeiro lugar, criar um movimento vibratório e depois transmitir este movimento vibratório. Temos assim, em qualquer vibrador, um elemento criador do movimento vibratório e um elemento transmissor.

Existem três tipos de vibradores: vibradores externos, vibradores superficiais e vibradores internos ou de imersão. Os vibradores externos são aplicados presos rigidamente às fôrmas, provocando a vibração de todo o conjunto. Geralmente são utilizados na confecção de peças pequenas, como: blocos, meios fios, estacas para cerca, manilhas, calhas etc.

Da colocação de um ou mais vibradores em placas ou régua metálicas resultam os vibradores superficiais, que são aplicados diretamente sobre a superfície livre do concreto.

Os vibradores internos ou de imersão penetram na massa do concreto a adensar, transmitindo-lhe diretamente os impulsos, e podem ser deslocados com facilidade, de maneira a distribuir uniformemente a vibração por toda a massa. São de fácil e seguro manuseio, daí a preferência que se dá, sempre que possível, aos vibradores internos. Constam de um cilindro de aço (geralmente com o diâmetro em torno de 6 centímetros) e comprimento de aproximadamente 30 centímetros. Internamente, tem um eixo excêntrico, que se apóia sobre dois rolamentos. Este eixo é acionado por uma das extremidades, através de um “chicote”, que lhe transmite um movimento de rotação.

Figura 99 – Vibradores para concreto



Efeitos da vibração no concreto:

- Diminuição do volume;
- Liquefação do concreto;
- Desprendimento de bolhas de ar (desaeração);
- Ascensão da água e da pasta de cimento à superfície.

Vantagens do emprego da vibração:

- Aumento da capacidade;
- Aumento da resistência;
- Melhoria da homogeneidade do concreto;
- Economia de cimento e de mão de obra;
- Diminuição da retração;
- Redução da permeabilidade;
- Aumento da aderência entre o concreto e aço;
- Aumento da durabilidade.

8.2.8.5 Compactadores manuais

São equipamentos munidos de motores de combustão interna ou ar comprimido e dotados de uma placa vibratória ou um soquete, através dos quais se realiza a compactação.

São empregados em áreas restritas, onde não é possível o uso do equipamento convencional de maior porte, como é o caso de reaterro de valas e compactação de material nas vizinhanças de dispositivos facilmente danificáveis pelo equipamento (poços de visita, caixas etc.).

Figura 100 – Compactador manual



8.3 MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

É sumamente importante que todos os equipamentos alocados à obra sejam mantidos sempre em boas condições de trabalho, já que eventuais paralisações de qualquer equipamento podem acarretar a paralisação de toda uma patrulha, com prejuízos para toda a programação físico-financeira da obra.

Assim, evidencia-se a importância da adoção de uma manutenção adequada, que contemple todos os equipamentos com intervenções de caráter preventivo e corretivo, em especial em que se refere a:

- Reparos, de pequena ou grande monta, incluindo materiais, peças e acessórios de reposição, gastos de oficina e mão-de-obra necessária;
- Reaperto, regulagem, limpeza, pintura e lavagem;
- Disponibilidade adequada de pneus, câmara de ar, lâminas, cantos, parafusos, correias, esteiras, rodas motrizes e demais peças de efetivo desgaste durante a operação.

8.4 LOCOMOÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM

8.4.1 Considerações iniciais

O conhecimento dos princípios que regem a locomoção das máquinas e equipamentos de movimentação de terras é de fundamental importância para o entendimento do processo de estimativa de produção dos equipamentos de terraplenagem.

Sabendo-se que a produção da máquina depende em última análise, do tempo de ciclo gasto na execução do trabalho, conclui-se que a pré-determinação correta deste tempo é o primeiro passo a ser dado no cálculo da estimativa de produção.

Sendo o tempo de ciclo a somatória dos tempos elementares gastos nas diversas operações que o compõe, o cálculo desses tempos elementares depende do conhecimento dos espaços percorridos e das velocidades de deslocamento das máquinas em cada segmento (pano) em que o ciclo completo possa ser decomposto. Compreende-se, por conseguinte, que o objetivo básico na determinação da produção é, de início, a estimativa, tanto quanto possível exata, das velocidades dos equipamentos.

Para tanto, é indispensável o conhecimento e a análise dos fatores que influem na locomoção das máquinas, tais como as forças resistentes, as forças que as impulsionam, e as condições de aderência, tópicos que são abordados em sequência.

É este estudo preliminar que é apresentado na subseção 8.4.

8.4.2 Mecânica do movimento das máquinas

O movimento de um equipamento que se desloca para frente, em trajetória retilínea, sobre terreno plano, não necessariamente horizontal, obedece à segunda lei de Newton.

Tem-se, então:

$$E_r - \Sigma R = m \cdot Y$$

Onde:

E_r = esforço trator na roda motriz

ΣR = somatória das resistências opostas ao movimento

m = massa da máquina

Y = aceleração

Três hipóteses podem ocorrer:

$$1) E_r - \Sigma R = my > 0 \quad y = \frac{dv}{dt} > 0 \quad \rightarrow \text{aceleração}$$

$$2) E_r - \Sigma R = my = 0 \quad y = \frac{dv}{dt} = 0 \quad \rightarrow \text{velocidade uniforme e máxima}$$

$$3) E_r - \Sigma R = my < 0 \quad y = \frac{dv}{dt} < 0 \quad \rightarrow \text{desaceleração}$$

Na hipótese 1: $y = \frac{dv}{dt} > 0$, temos a aceleração da máquina com aumento da velocidade.

Na hipótese 2: $y = \frac{dv}{dt} = 0$, a velocidade é constante (movimento uniforme) e atinge o valor

máximo ($V_{\text{máx}}$) e temos:

$$E_r - \Sigma R = 0$$

$$E_r = \sum R$$

Concluindo-se que o movimento uniforme ocorre quando os esforços resistentes igualam as forças motrizes, isto é, o conjugado motor é igual ao conjugado resistente ($C_r = C_m$).

Na hipótese 3, as forças resistentes superam as forças motrizes e teremos a desaceleração da máquina (ou frenagem).

Para o cálculo dos valores de produção dos equipamentos de terraplenagem é necessária a pré-determinação dos tempos de ciclos despendidos na execução dos trabalhos. Como o tempo de ciclo é o resultado do somatório dos tempos elementares gastos nas diversas tarefas que compõem o trabalho, é necessário, para a sua determinação, o conhecimento das distâncias percorridas e das velocidades de operação, em cada segmento do percurso total.

A velocidade de operação, abstraída a habilidade do operador, é uma variável dependente da potência do equipamento empregado e das solicitações das resistências opostas ao seu movimento.

A potência desenvolvida pelo motor, e transmitida pelos diversos sistemas mecânicos ao eixo de acionamento, é que determina o desempenho do equipamento em serviço. A avaliação de tal potência desenvolvida é efetivada em laboratório ou em pistas experimentais com aplicação de métodos padronizados. Os vários parâmetros mecânicos interferentes estão convenientemente tratados em manuais e instruções técnicas, concernentes aos ditos equipamentos.

8.4.3 Considerações sobre as resistências atuantes

As resistências, no caso geral, podem ser resumidas em: resistência de rampa, resistência de rolamento, resistência de inércia e resistência do ar, a seguir abordadas.

8.4.3.1 - Resistência de rampa

É a componente do peso total da máquina, na direção e sentido contrário ao movimento, quando o veículo sobe uma rampa. (Figura 100).

A resistência ou assistência de rampa é calculada como se segue:

$R_g = P \sin \alpha$ (Resistência de rampa ou greide). Como α é de pequeno valor ($\leq 20^\circ$), pode-se adotar:

$$R_g = P \sin \alpha \cong P \operatorname{tg} \alpha = P \frac{i}{100}$$

Por experiência, a resistência ou assistência à rampa é considerada de 10 kg / ton /1% de rampa.

Então, para:

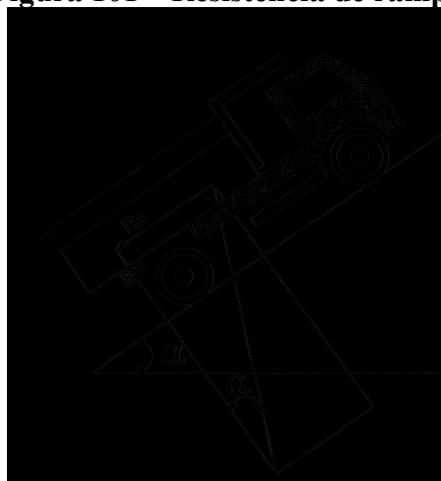
Rg = Resistência ou assistência de greide, em kg;

P = Peso do "equipamento + carga", em tonelada;

i = greide, em %;

$Rg = \pm 10P.i \text{ kg}$

Figura 101 – Resistência de rampa



8.4.3.2 - Resistência de rolamento

O atrito gerado nos mancais, rolamentos e engrenagens, e na superfície de contato entre o solo e o pneu (no caso de equipamentos sobre rodas) é chamado atrito de rolamento. Neste último caso, o valor do atrito dependerá da deformação na superfície da área de contato do pneu/solo, e deve ser tanto menor quanto menor for a deformação.

Para vencer o atrito de rolamento, e assim deslocar-se sobre uma superfície dura e horizontal, um equipamento sobre pneus necessita de uma força horizontal de 2% de seu peso total.

Todavia, quando a superfície sobre a qual o equipamento se desloca é deformável, o pneu afunda no solo, aumentando, então, o esforço necessário para vencer o atrito de rolamento.

Experimentalmente, foi determinado o valor do esforço devido ao afundamento, obtendo-se o percentual de 0,6% do peso total do equipamento, por centímetro de afundamento.

Tem-se:

$$R_r = 0,02 P + 0,006 Pa$$

$$R_r = 20(\text{kg/t}) \times P + 6 (\text{kg/t}) \times P \times a$$

Ou

$$R_r = (20 + 6a) P$$

Em que:

R_r = Resistência ao rolamento, em kg;

a = Afundamento, em cm;

P = Peso total do equipamento, em tonelada.

8.4.3.3. - Resistência de inércia

A resistência de inércia é a força que deve ser aplicada para modificar o estado de velocidade da máquina.

$$R_i = \pm mg = \pm \frac{P}{g} \frac{\Delta V}{\tau}$$

$$R_i = \pm 28,31 P \frac{\Delta V}{\tau}$$

R_i = Resistência de inércia, em kg;

P = Peso total do equipamento, em tonelada;

ΔV = Variação de velocidade, km/h;

t = Tempo, em segundos.

8.4.3.4 Resistência do ar

A resistência oferecida pelo ar é dada pela expressão:

$$R_{ar} = \frac{K'}{13} \cdot S \cdot V^2$$

Na qual:

K' = coeficiente de forma, sensivelmente constante entre 0 e 150 km/h;

S = área da seção normal à direção do movimento (m^2);

V = velocidade de deslocamento (km/h).

A soma de todas as resistências (ΣR) que afetam um veículo, em qualquer momento, deve ser expressa por:

$$\sum R = KP \pm 10 \cdot P \cdot i \pm 28,3 \cdot P \cdot \frac{A_v}{t} + \frac{K'}{13} SV^2$$

Nas unidades já mencionadas.

8.4.4 Força de aderência

A força de aderência, correspondente à reação tangencial no ponto de contato com o solo é dada pela expressão:

$$F_a = f \cdot P_m$$

Sendo:

f = coeficiente de aderência, determinado experimentalmente;

P_m = peso sobre a roda motriz.

8.4.5 Condições de movimento

8.4.5.1 Primeira condição de movimento

Para que o movimento da máquina seja possível, conforme se expôs na subseção 8.4.2, a condição necessária deve ser:

$$E_r \geq \Sigma R$$

(1ª condição de movimento)

Sendo:

E_r = esforço trator na roda motriz;

ΣR = somatória das resistências.

Se o veículo estiver parado, para iniciar-se o movimento devemos ter:

$$E_r > \Sigma R$$

Se o veículo estiver em movimento, a condição: $E_r = \Sigma R$

Assegura o deslocamento com o movimento uniforme.

A patinagem se inicia quando a reação tangencial F_a atinge o valor $F_a = f \cdot P_m$.

Sendo P_m o peso sobre a roda motriz (ou peso aderente) e “ f ” o coeficiente de aderência entre o pneumático e o solo.

Desse modo, sempre que o esforço trator superar a força de aderência, há a patinagem da roda sobre si mesma ($E_r > F_a$).

Inversamente, sempre que o esforço trator não superar a dita força de aderência, não subsistirá a patinagem e o pneu rola sobre a superfície ($E_r < F_a$).

8.4.5.2 Segunda condição de movimento

Para que haja aderência, é necessário e suficiente que $E_r < F_a = f \cdot P_m$, que exprime a segunda condição de movimento.

8.4.5.3 Consolidação das condições

Se subsistirem, simultaneamente, as duas condições de movimento citadas, há a locomoção do equipamento, ou seja, o movimento de translação sobre o terreno.

Há a considerar duas situações do veículo:

Veículo estacionado	$\left. \begin{array}{l} E_r > \Sigma R \\ E_r < f \cdot P_m \end{array} \right\}$	O movimento se inicia
	$\left. \begin{array}{l} E_r = \Sigma R \\ E_r < f \cdot P_m \end{array} \right\}$	O movimento não se inicia
	$\left. \begin{array}{l} E_r > \Sigma R \\ E_r \geq f \cdot P_m \end{array} \right\}$	O movimento não se inicia

Veículo em movimento	$\left. \begin{array}{l} E_r > \sum R \\ E_r < f \cdot P_m \end{array} \right\}$	Movimento acelerado
		Movimento uniforme
	$\left. \begin{array}{l} E_r > \sum R \\ E_r \geq f \cdot P_m \end{array} \right\}$	As rodas patinam com o veículo em movimento
		Frenagem do veículo
	$\left. \begin{array}{l} E_r < \sum R \\ E_r < f \cdot P_m \end{array} \right\}$	
		Veículo em movimento patina com as rodas frenadas

Resumindo:

A locomoção não se inicia, se não é satisfeita a relação $\sum R < E_r < f \cdot P_m$;

A locomoção não se mantém, se não é satisfeita a relação $\sum R \leq E_r \leq f \cdot P_m$.

As duas condições de movimento podem ser representadas pela expressão:

$$KP \pm 10 \cdot P \cdot i \pm 28,3 \cdot P \cdot \frac{\Delta v}{t} + \frac{K'}{13} SV^2 = \sum R \leq E_r < f \cdot P_m$$

Nota: Informações sumárias pertinentes ao tema, e com ênfase para os tópicos relacionados com os respectivos custos estão registradas na Seção 12 deste Manual.

8.5 – AS PATRULHAS DE EQUIPAMENTOS

8.5.1 – Considerações iniciais

Um processo construtivo da rodovia, obviamente, deve levar em conta um conjunto de atributos que caracteriza a obra pretendida, atributos esses, entre os quais não podem ser omitidos: as especificações e as quantidades dos serviços a realizar contidos no Projeto de Engenharia, as características dos materiais naturais a serem trabalhados, as distâncias de transporte previstas, o cronograma da obra, o elenco qualitativo e quantitativo de mão-de-obra e de equipamentos de que se deverá dispor, as condições climáticas da região onde se localiza a obra e a logística do empreendimento. O procedimento técnico deve-se sujeitar às condicionantes anteriores e ter sempre em vista a conciliação de dois objetivos: eleger a melhor técnica de execução, com maior

economicidade. É necessário esclarecer que nem sempre tais objetivos são convergentes, impondo-se, na maior parte dos casos, uma solução de compromisso, ditada pelo bom senso.

Na maior parte dos casos, os serviços de construção são realizados por grupos de equipamentos de diferentes tipos, que trabalham em conjunto, constituindo o que usualmente se denomina equipe mecânica ou patrulha. Do fato de ter cada um desses equipamentos, nas condições em que trabalha uma determinada produção efetiva, resulta a necessidade de dimensionar-se a quantidade dos diferentes tipos de equipamentos, de forma a maximizar a produção da patrulha.

8.5.2 – O ciclo dos equipamentos

Os equipamentos, em geral, realizam operações repetitivas, ou seja, trabalham em ciclos.

Entende-se por ciclo o conjunto de ações ou movimentos que o equipamento realiza, desde sua partida, de uma determinada situação, até seu retorno a uma situação semelhante, que marca o início de um novo ciclo. O tempo decorrido entre as duas situações é denominado “duração do ciclo” ou “tempo total do ciclo”, que determina um intervalo, durante o qual o equipamento em questão realiza certa quantidade de serviço. A quantificação do serviço realizado durante um ciclo e seu tempo total de duração são elementos fundamentais para a determinação da produção horária do equipamento, para dimensionar e equilibrar o restante dos equipamentos que com ele formam patrulha, bem como para calcular a produção da própria patrulha.

8.5.3 – A constituição das patrulhas

Constituir uma patrulha de equipamentos é a atividade que consiste em selecionar seus componentes e dimensionar a quantidade de cada um deles, de tal forma que a harmonia do conjunto resulte numa produção otimizada, ou seja, que tire o melhor partido das capacidades individuais. Em primeiro lugar, é preciso saber que tipos de equipamentos devem ser reunidos para realizar determinada tarefa. Note-se que nem sempre este problema oferece uma única solução; o mais comum é que se disponha de várias opções, remetendo a questão à escolha da tecnologia mais adequada. Em termos práticos, o equilíbrio se dá sempre em torno do equipamento eleito como principal ou que comandará o ritmo da patrulha, figurando os demais como seus coadjuvantes. Em vista disso, se obterá sempre maior economicidade no trabalho da patrulha, quando o equipamento escolhido para comandar seu ritmo for aquele de maior custo horário.

Selecionado o equipamento principal e conhecidos a produção que este realiza durante um ciclo, bem como o tempo total do ciclo, deve ser calculada sua produção horária. O mesmo procedimento deve ser adotado para o cálculo da produção horária dos demais componentes da patrulha. Fazendo-se as relações entre a produção horária do equipamento principal e a dos demais, a quantidade destes é estabelecida como resultado destes quocientes, arredondados sempre a maior, para valores inteiros.

8.5.4 – O tempo operativo e o tempo improdutivo

Os conceitos e o modelo matemático adotados no cálculo dos preços unitários consideram dois períodos de tempo diferentes na atuação dos equipamentos: a hora operativa e a hora improdutiva. Durante a hora operativa, o equipamento está operando normalmente, sujeito às restrições que são levadas em conta quando se aplica o fator eficiência. Na hora improdutiva, o equipamento está parado, com o motor desligado, aguardando que o equipamento que comanda a equipe o permita-lhe operar.

Matematicamente, a improdutividade aparece quando se compara a produção horária da equipe com a dos equipamentos individuais. O coeficiente de utilização produtivo é o quociente de divisão da produção da equipe pela produção de cada tipo de equipamento, e é sempre menor ou igual a 1. O coeficiente de utilização improdutivo é obtido por diferença.

Pelo que foi exposto até aqui, com relação aos tempos improdutivos dos equipamentos, pode-se depreender que sua quantificação só é possível quando se estuda caso a caso, pois ela é inteiramente condicionada pela maneira como se pretende conduzir cada frente de serviço.

8.5.5 – A produção das equipes mecânicas

Para determinação da produção de uma equipe mecânica, parte-se do princípio de que esta é sempre igual à produção do seu equipamento principal. A própria forma como a patrulha é dimensionada responde por essa afirmação. Desta forma, conhecendo-se a produção horária do equipamento principal, estará determinada a produção da patrulha. A produção do equipamento principal, por sua vez, é calculada através de fórmulas específicas para cada tipo de equipamento. O conjunto de fórmulas utilizadas para esse fim está apresentado nas respectivas planilhas de cálculo. Estas levam em conta uma série de variáveis intervenientes, que são função das características do equipamento e do serviço que este realiza, bem como alguns fatores de correção, cuja finalidade é de adaptar os resultados às condições reais em que os serviços devem ser realizados. Usualmente, são empregados os seguintes fatores de correção: fator de eficiência, fator de conversão e fator de carga.

Referidos fatores comportam as seguintes considerações:

a) Fator de eficiência

O fator de eficiência de um equipamento é a relação entre o tempo de produção efetiva e o tempo de produção nominal.

Para calcular o fator de eficiência, devem ser observados os seguintes critérios:

Para cada hora do seu tempo total de trabalho, deve ser estimada a produção efetiva de 50 minutos, para que sejam levados em consideração os tempos gastos em alterações de serviço ou deslocamentos, preparação da máquina para o trabalho e sua manutenção.

Fator de eficiência = $(50 \text{ min}/60 \text{ min}) = 0,83$.

Para determinadas atividades que dependem de conjugação com outras, para a efetivação do ciclo de produção, ou para alguns serviços, como extração de areia com draga, foram feitas adequações neste valor.

Para as obras de restauração, o fator de eficiência adotado é de $45 \text{ min} / 60 \text{ min} = 0,75$.

b) Fator de conversão

O fator de conversão é a relação entre o volume do material pertinente ao produto final pretendido e o volume do mesmo material que está sendo manuseado. Na terraplenagem, representa a relação entre o volume do corte e o volume do material solto.

São adotados os seguintes valores:

Material de 1ª categoria: $FC = 1,0 / 1,30 = 0,77$

Material de 2ª categoria: $FC = 1,0 / 1,39 = 0,72$

Material de 3ª categoria: $FC = 1 / 1,75 = 0,57$

c) Fator de carga

O fator de carga é a relação entre a capacidade efetiva do equipamento e sua capacidade nominal. Os valores adotados encontram-se nas faixas recomendadas pelos fabricantes e são os seguintes:

Material de 1ª categoria: 0,90

Material de 2ª categoria: 0,80

Material de 3ª categoria: 0,70

Uma vez dispondo de todos os elementos necessários ao cálculo, este deve ser feito com o auxílio da planilha de Produção das Equipes Mecânicas, cujo modelo é apresentado a seguir na Planilha 7.

Em seguida, na Planilha 8 são apresentados exemplos de patrulhas e respectivas produções.

Planilha 7 - Produção das equipes mecânicas

Código:		Serviço:					Unidade
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		EQUIPAMENTOS					
	Unid.						
a	Afastamento						
b	Capacidade	m ³					
c	Consumo (quantidade)						
d	Distância	m					
e	Espaçamento						
f	Espessura	m					
g	Fator de Carga						
h	Fator de Conversão						
i	Fator de Eficiência						
j	Largura de Operação	m					
l	Largura de Superposição	m					
m	Largura útil	m					
n	Número de Passadas						
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo (carga, descarga e manobra)	min					
q	Tempo de percurso (ida)	min					
r	Tempo de retorno	min					
s	Tempo total de ciclo	min					
t	Velocidade (ida) média	m/min					
u	Velocidade retorno	m/min					
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
Produção Horária							
Número de Unidades							
Utilização Operativa							
Utilização Improdutiva							
Produção da Equipe							
MT/DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes SISTEMA DE CUSTOS RODOVIÁRIOS - SICRO2		PRODUÇÃO DE EQUIPES MECÂNICAS					

Fonte: Sistema de Custos Rodoviários – SICRO 2, do DNIT.

Nota: As fórmulas a serem adotadas, referentes às produções dos diferentes equipamentos a serem considerados em cada caso, constam da documentação integrante do SICRO.

Planilha 8 - Patrulhas e respectivas produções

	Trator de Esteira com Lâmina 228 kw	Motoscraper 246 kw	Motoniveladora 93 kw	Carregadeira de pneus 127 kw	Basculante 279 kw	Escavadeira hidráulica 166 kw	Rolo Compactador 85kw	Caminhão Tanque 170 kw	Grade de Disco GA 24 x 24	Unidade de Medida	Produção Horária
Desmatamento, Destocamento e Limpeza. (0 < 0,15 m)	1									1m ²	1444
Desmatamento, Destocamento e Limpeza. (0,15 m ≤ 0 ≤ 0,30 m) e 0 > 30	1									lund	15/6
Escavação, Carga e Transporte 1ª Cat. DMT ≤ 50 m	1									m ³	275
Escavação, Carga e Transporte 1ª Cat. 50 < DMT ≤ 1400 m	1	1/8	1							m ³	320
Escavação, Carga e Transporte 1ª Cat. 50 < DMT ≤ 5000 m	1		1	1	3/10					m ³	214
Escavação, Carga e Transporte 1ª Cat. 50 < DMT ≤ 5000 m			1		3/9	1				m ³	192
Escavação, Carga e Transporte 2ª Cat. DMT ≤ 50 m	2 *									m ³	208
Escavação, Carga e Transporte 2ª Cat. 50 m < DMT ≤ 1400 m	2 *	3/7	1							m ³	252
Escavação, Carga e Transporte 2ª Cat. 50 < DMT ≤ 5000 m	2 *		1	1	3/9					m ³	162
Escavação, Carga e Transporte 2ª Cat. 50 < DMT ≤ 5000 m			1		3/7	1				m ³	127
Compactação do Corpo de aterro 63 m ³			1				1	2	1**	m ³	224
Compactação da Camada Final de Aterro			1				1	2	1**	m ³	168

Notas:

Os números constantes em cada campo indicam respectivos números de unidades do equipamento correspondente.

Um asterisco indica que um dos tratores deve estar equipado com escarificador.

Dois asteriscos indicam que a grade de disco é rebocada por trator de pneus.

As indicações constantes nas colunas referentes a motoscraper e basculante correspondem ao número de unidades do equipamento que, em cada caso, deve ser sucessivamente considerado, à medida que o DMT evolua de 30 m a 1400 m.

9 A SEGURANÇA OPERACIONAL

9. A SEGURANÇA OPERACIONAL

9.1. ATENDIMENTO À SEGURANÇA

O atendimento à segurança, durante a execução dos serviços de implantação rodoviária, se reveste da maior relevância e se constitui em responsabilidade de todos que participam ou interferem com esta problemática: os construtores, os supervisores, os trabalhadores das obras, os usuários da rodovia e as comunidades lindeiras.

De fato, nas tarefas da implantação rodoviária trabalha-se em áreas onde há tráfego de veículos e pessoal, máquinas em movimento, blocos de pedra e entulhos que podem cair, onde existem cobras e onde materiais a temperaturas elevadas e perigosas são utilizados. Assim, há sempre a possibilidade de acidentes, cujos respectivos riscos evidentemente podem ser reduzidos, desde que os supervisores e os trabalhadores mantenham uma vigilância constante, para que as condições de trabalho sejam as mais seguras possíveis.

Neste sentido, são da maior importância que sejam rigorosamente observados os preceitos preconizados no Manual de Sinalização de Obras e Emergência em Rodovias, do DNIT, bem como os relacionados com a segurança operacional dos trabalhadores de obras.

Tais preceitos, em seus aspectos mais relevantes, estão registrados a seguir.

9.2. SINALIZAÇÃO DE OBRAS E EMERGÊNCIAS

9.2.1. Funções da sinalização de obras e emergências

A execução dos serviços de implantação rodoviária, em especial os relacionados com a introdução de melhoramentos em rodovias existentes, assim como a ocorrência de situações de emergência, são fatores que determinam o surgimento de problemas de fluidez e segurança na circulação de veículos.

Situações deste tipo constituem-se em fatos imprevistos para quem está dirigindo ao longo da rodovia, em condições de velocidade relativamente constantes.

Junto a trechos em obras, acidentes podem ocorrer devido à implantação de sinalização que venha a transmitir informações confusas ou contraditórias.

Essa situação pode ser agravada pela implantação de sinais a distâncias incorretas ou pela escolha e implantação de dispositivos de canalização e controle inadequados, ou em número insuficiente.

Dessa forma, além de um adequado planejamento para a execução desses tipos de obras e do desenvolvimento de projetos de desvio de trânsito, cuidado especial deve ser dado à sinalização, para que se obtenha um controle seguro de fluxo de tráfego.

Seguindo esse pressuposto, uma sinalização para obras em rodovias deve:

- Advertir, com a necessária antecedência, a existência de obras ou situações de emergência adiante, e a situação que se verificará na pista de rolamento;
- Regular a velocidade e outras condições para a circulação segura;
- Canalizar e ordenar o fluxo de veículos junto à obra, de modo a evitar movimentos conflitantes, reduzir o risco de acidentes e minimizar congestionamentos;
- Fornecer informações corretas, claras e padronizadas aos usuários da via.

9.2.2. Condições determinantes

A sinalização deve estar sempre adaptada às características da obra e da rodovia onde deve ser implantada. Deve apresentar boa legibilidade, visibilidade e credibilidade.

Dessa forma, as condições básicas que determinam a escolha do tipo e quantidade de sinais e dispositivos e suas características são as seguintes:

a) Duração da obra

A sinalização provisória deve ter características próprias, conforme o tempo necessário à execução das obras, que podem ser de curta ou longa duração.

O fato pode, também, ocorrer de formas não previstas (casos emergenciais), tais como desmoronamentos, acidentes ou erosão da pista.

Nos casos de emergências, recomenda-se a utilização de dispositivos portáteis, possibilitando uma rápida implantação ou desativação da sinalização.

Para as obras de curta duração os dispositivos de sinalização devem, também, ser os mais portáteis possíveis, admitindo-se, porém, dispositivos fixos e de maior porte. Para as de longa duração, a portabilidade perde importância como fator determinante na escolha do dispositivo.

b) Mobilidade da obra

A sinalização de obras também se caracteriza por uma maior ou menor necessidade de adoção de dispositivos portáteis, conforme o evento determine a implantação de canteiros móveis ou fixos.

c) Interferência no tráfego

A localização da obra na pista de rolamento determina a alteração da circulação de forma específica, conforme a situação bloqueie o acostamento, as faixas à direita, esquerda, no centro ou em toda a pista.

As várias localizações determinam variações na forma de canalizar e, também, de sinalizar o trecho da rodovia em obras.

d) Características da rodovia

Além da variação na localização da obra na pista, a característica do trecho da rodovia em obras também determina a variação da sinalização, particularmente nas seguintes condições:

- Rodovia de pista única, com uma ou duas faixas de circulação por sentido;
- Rodovia de pista dupla (com canteiro central), com duas ou mais faixas de circulação por sentido;
- Trecho de rodovia apresentando boas ou más condições de visibilidade.

e) Legibilidade e visibilidade

Tendo em vista a condição de imprevisibilidade da situação provocada pela ocorrência de obras ou emergências, a sinalização a ser implantada deve apresentar legibilidade e visibilidade.

Para tanto, a sinalização provisória deve:

- Apresentar dimensões e características padronizadas;
- Ser implantada com critérios uniformes;
- Apresentar bom estado de conservação;
- Estar adaptada às condições atmosféricas, devendo ser sempre refletíveis ou acompanhadas de dispositivos luminosos, quando os canteiros de obras permanecerem ativados durante o período noturno ou estiverem implantados em locais sujeitos à neblina.

f) Credibilidade

Como toda sinalização de trânsito, a relativa a obras deve informar ao usuário da exata situação decorrente da implantação do canteiro de obras. Também, o conjunto de sinais deve ser implantado em sequência, de forma a transmitir com clareza e precisão as condições que devem ser encontradas adiante: a localização da obra e as consequências na circulação.

A tradução, através da sinalização, da real situação verificada é fundamental para credibilidade das mensagens transmitidas e, como consequência, para a predisposição de obediência às determinações e orientações. Assim sendo, são de fundamental importância providências, tais como sua imediata retirada, quando a condição normal da pista voltar a ocorrer.

Os dispositivos de sinalização de obras e emergências em rodovias podem ser subdivididos nos grupos de sinalização vertical, horizontal e dispositivos de canalização e segurança.

Os dispositivos apresentados neste Manual representam aqueles utilizados, exclusivamente, em obras e também, em outras situações, mas de uso constante, quando da ocorrência de obras, manutenção ou situações de emergência em rodovias.

9.2.3. Características da sinalização vertical

A sinalização vertical temporária, utilizada quando da execução de obras, é composta principalmente de sinais de advertência e regulamentação. Sinais de indicação são necessários, quando a interrupção da rodovia determina a necessidade de desvios por rotas alternativas.

Esses sinais têm a finalidade de advertir as condições do tráfego da via, regulamentar o comportamento no trânsito e fornecer indicações necessárias ao seu deslocamento.

As placas de sinalização de obras, quando fixas, devem ser implantadas na via, conforme especificado na seção relativa à sinalização vertical, do Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT.

No caso de obras móveis, de reparos de curta duração ou emergências, podem ser colocadas sobre cavaletes ou suportes móveis a uma distância mínima de 0,80 m até a borda da pista de rolamento.

As placas de sinalização de obras podem ser confeccionadas em chapas de aço ou de alumínio, conforme especificado no Manual do DNIT, sempre recobertas por película refletiva, mantendo, no mínimo, o mesmo padrão de sinalização da rodovia em causa.

a) Sinalização vertical de advertência

Os sinais de advertência utilizados em obras apresentam, em sua maioria, a forma quadrada com uma diagonal na horizontal. São exceções os sinais de desvio, que se apresentam na forma retangular.

Têm fundo na cor laranja, letras, símbolos e orla interna na cor preta, obedecendo à diagramação e ao dimensionamento constantes do Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias, do DNIT.

Figuras 102 – Placas de sinalização vertical de advertência de obras

	<p>Parada Obrigatória à Frente – A-15</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de uma parada obrigatória. Deve vir acompanhada de placa complementar, com indicação da distância da condição da circulação.</p>
	<p>Pista Irregular – A-17</p> <p>Adverte o condutor do veículo, da existência, adiante, de um trecho de via perigosa pela irregularidade de sua superfície. Pode vir acompanhada por placa complementar, com indicação da distância ou extensão da condição da pista.</p>

	<p>Saliência ou Lombada – A-18</p> <p>Adverte o condutor do veículo, da existência, adiante, de saliência ou lombada na superfície de rolamento.</p> <p>Pode vir acompanhada por placa complementar, com indicação de distância ou extensão da condição de pista.</p>
	<p>Depressão – A-19</p> <p>Adverte o condutor de veículos da existência, adiante, de uma depressão na superfície de rolamento.</p> <p>Pode vir acompanhada por placa complementar, com indicação de distância ou extensão da condição da pista.</p>
	<p>Estreitamento de Pista ao Centro – A-21a</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de estreitamento da pista em ambos os lados.</p> <p>Pode vir acompanhada de placa complementar, com indicação da distância da condição da pista.</p>
	<p>Estreitamento de Pista à Esquerda – A-21b</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de estreitamento de pista à esquerda.</p> <p>Pode vir acompanhada por placa complementar, com indicação da distância da condição da pista.</p>
	<p>Estreitamento de Pista à Direita – A-21c</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de estreitamento de pista à direita.</p> <p>Pode vir acompanhada por placa complementar, com indicação da distância da condição da pista.</p>
	<p>Obras – A-24</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de obras no leito ou junto à rodovia.</p> <p>Deve vir acompanhada de placa complementar do tipo “A m”, quando a obra for executada na pista ou acostamento e “Obras no Canteiro Central a m”, quando for este caso.</p>

	<p>Mão Dupla Adiante – A-25</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de alteração de sentido único para sentido duplo de circulação.</p> <p>Deve sempre preceder o sinal de regulamentação R.28- Duplo sentido de circulação. Pode vir acompanhada, por placa complementar, com indicação de distância da condição da circulação.</p>
	<p>Área com Desmoronamento – A-27</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de área sujeita a desmoronamento.</p> <p>Pode vir acompanhada por placa complementar, com indicação de distância ou extensão de tal condição da pista.</p>
	<p>Pista Escorregadia – A-28</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de trecho ao longo do qual a pista torna escorregadia.</p> <p>Pode ainda vir acompanhada por placa complementar, com indicação de distância ou extensão da condição da pista.</p>
	<p>Projeção de Cascalho – A-29</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, do trecho ao longo do qual pode ocorrer projeção de cascalho.</p> <p>Pode ainda vir acompanhada por placa complementar, com indicação de distância ou extensão da condição na pista.</p>
	<p>Altura Limitada – A-37</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de local onde existe restrição à altura dos veículos em circulação.</p> <p>Deve ser utilizada quando, devido à execução da obra sobre a pista, houver restrição de altura à circulação de veículos.</p> <p>Deve vir acompanhada por informação complementar, com dizeres ÚLTIMA SAÍDA, e seta. Sempre que possível, é recomendável ser precedida por outra placa A-37 com a informação complementar “ÚLTIMA SAÍDA A.....m”.</p>

	<p>Última Saída</p> <p>Deve ser colocada em trecho anterior à última saída, de forma a possibilitar a tomada de percurso alternativo, por parte do condutor do veículo que tiver a circulação restringida adiante.</p> <p>Deve vir acompanhada por placa complementar, com dizeres "ÚLTIMA SAÍDA A . . . m" ou "ÚLTIMA SAÍDA".</p>
	<p>Largura Limitada – A-38</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de local onde existe restrição à largura dos veículos em circulação.</p> <p>Deve ser utilizada quando, devido à execução de obra sobre a pista, houver restrição de largura à circulação de veículos.</p>
	<p>Sinal de Desvio à Direita</p> <p>Adverte o condutor do veículo, do local onde se inicia o desvio de pista para o lado direito.</p> <p>Deve ser colocada na área de Sinalização, junto ao início do desvio.</p>
	<p>Sinal de Desvio à Esquerda</p> <p>Adverte o condutor do veículo, do local onde se inicia o desvio de pista para o lado esquerdo.</p> <p>Deve ser colocada na área de sinalização, junto ao início do desvio.</p>
	<p>Sinal de Desvio à Direita a 200 m</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de desvio de pista para o lado direito.</p> <p>Deve ser assinalada a distância do ponto no qual ocorrerá o desvio.</p>
	<p>Sinal de Desvio à Esquerda a 200 m</p> <p>Adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de desvio de pista para o lado esquerdo.</p> <p>Deve ser assinalada a distância do ponto no qual ocorrerá o desvio.</p>
	<p>Sinal de Fim de Obras</p> <p>Adverte o condutor do veículo do término do trecho em obras da via.</p> <p>Deve ser colocada sempre na área de fim de obras, a uma distância mínima de 30 m dos dispositivos de canalização.</p>
	<p>Caminhões na Pista</p> <p>Adverte a existência de caminhões entrando, saindo ou atravessando a rodovia.</p> <p>Deve ser colocada em áreas onde ocorrer a operação de caminhões na pista.</p>

	<p>Início da Pista Dividida – A-42c</p> <p>Adverte o condutor do veículo de que, adiante, os fluxos de tráfego da via passam a ser separados por canteiro ou outro dispositivo.</p> <p>Deve vir acompanhada por placa complementar com indicação da distância da condição de pista.</p>
---	--

b) Sinalização vertical de regulamentação

São sinais que contém mensagens imperativas, cujo desrespeito constitui infração e servem para regulamentar as condições para a circulação segura junto a trechos de rodovias em obras ou quando da ocorrência de emergências.

Suas características devem ser aquelas estabelecidas pelo Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT.

Figuras 103 – Placas de sinalização vertical de regulamentação

	<p>Parada Obrigatória – R-1</p> <p>Assinala ao condutor, que deve deter seu veículo junto ao ponto onde for colocada a placa.</p> <p>Deve estar localizada na área de sinalização de posição da obra, junto ao ponto onde se inicia a alternância da circulação.</p>
	<p>Proibido Ultrapassar – R-7</p> <p>Assinala ao condutor do veículo que é proibido realizar a operação de ultrapassagem no trecho regulamentado.</p> <p>Em desvios extensos pode ser repetida a cada 500 m, para relembrar o condutor do veículo da restrição de ultrapassagem, caso não seja recomendada a pintura de faixa contínua amarela no solo.</p>
	<p>Velocidade Máxima Permitida – R-19</p> <p>Regulamenta o limite máximo de velocidade em que o veículo pode circular. A velocidade indicada deve ser observada a partir do local onde for colocada a placa, até onde houver outra que a modifique.</p> <p>Em desvios extensos, pode ser repetida a cada 500 m, para relembrar a restrição ao condutor do veículo.</p>
	<p>Duplo sentido de circulação – R-28</p> <p>Assinala ao condutor do veículo que se acha circulando por uma via de sentido único, sua modificação para duplo sentido, após o ponto em que a placa estiver colocada.</p> <p>Em desvios extensos pode ser repetida a cada 500 m, para relembrar a regulamentação ao condutor do veículo.</p>

	<p>Altura Máxima Permitida – R-15</p> <p>Regulamenta a altura máxima permitida aos veículos em circulação no local sinalizado.</p> <p>Deve ser colocada junto à restrição de altura e precedida da placa de advertência A.37 (altura limitada adiante), com a correspondente distância ou rota alternativa.</p>
	<p>Largura Máxima Permitida – R-16</p> <p>Regulamenta a largura máxima permitida aos veículos em circulação no local sinalizado.</p> <p>Deve sempre ser colocada junto à restrição de largura e precedida da placa de advertência A.38 (Largura limitada adiante), com a correspondente distância ou rota alternativa.</p>

c) Sinalização vertical de indicação

A execução de obras ou ocorrências de situações de emergência em rodovias podem vir a determinar o bloqueio total da pista e acostamento.

Nas situações de emergência, tipo desmoronamento, o fluxo de tráfego deve ser desviado imediatamente por caminhos alternativos.

Nas de execução de obra, a presença de barreiras físicas, tipo um rio, por exemplo, podem inviabilizar a construção de pista provisória própria ao desvio.

Tais situações determinam a necessidade de se implantar sinalização que oriente os motoristas na tomada de caminhos alternativos.

As placas a serem utilizadas nesse tipo de sinalização devem seguir os critérios estabelecidos no Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias; as cores devem ser fundo laranja e letras, setas e tarjas pretas.

9.2.4. Características da sinalização horizontal

A sinalização horizontal é um conjunto de sinais constituído de linhas, marcações, símbolos e legendas, em tipos e cores diversas, apostos no pavimento da via, cuja função é regulamentar, advertir ou indicar aos usuários, de forma a tornar mais eficiente e segura a operação da mesma.

Portanto, para serem evitadas condições inseguras de tráfego, deve ser removida ou apagada toda sinalização de solo conflitante com a circulação provisória, sempre de maneira completa e causando o mínimo de danos no pavimento.

No caso de obras cuja duração prevista exceda 30 dias, se faz necessária a colocação de nova sinalização horizontal, em complementação aos dispositivos de canalização e sinalização vertical correspondentes.

Nas obras móveis ou de curtíssima duração (período inferior a 7 dias), as regras anteriores não necessitam ser aplicadas, bastando os demais dispositivos de sinalização mencionados para tais casos.

a) Posicionamento na via

Todos os sinais podem ser colocados ao longo do trecho em obras, desde a área de pré-sinalização até a área de sinalização de fim de obra.

b) Materiais utilizados

Devido a características de temporariedade da sinalização de obras e durabilidade da sinalização de solo, devem ser considerados alguns aspectos para escolha dos materiais a serem utilizados, tais como:

– Duração da obra

Para obras com duração prevista para até 30 dias, ou desvios intermitentes, e caso sejam verificadas condições conflitantes entre a circulação de veículo e a canalização implantada, recomenda-se apenas a remoção da sinalização existente em conflito, a partir do início da área de transição.

Para obras com duração prevista entre 1 e 6 meses, recomenda-se a utilização de tintas plásticas refletivas ou similares, aplicadas a frio, ou dispositivos como tachas refletivas e fitas adesivas ao pavimento.

Para obras com duração prevista acima de seis meses, recomenda-se a colocação de sinalização com características de durabilidade iguais às necessárias para uma pista normal de tráfego, tomando como referência às especificações constantes no Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT.

– Vida útil do pavimento

Independentemente da duração da obra, recomenda-se que não sejam utilizados materiais de sinalização de solo, cuja durabilidade seja superior à do pavimento provisório, colocado para desvios de pista.

- Volume de trânsito

Tendo como base as especificações de cada fabricante, com relação à durabilidade do material em função do volume de tráfego, recomenda-se que a resistência da sinalização de solo não seja inferior ao tempo de duração da obra.

Qualquer que seja o material escolhido para a sinalização temporária, somente deve ser colocado após a remoção da sinalização horizontal existente e que esteja em conflito com a nova demarcação.

Após o término das obras, a sinalização provisória deve ser removida e colocada novamente a sinalização normal da via.

c) Linhas de sinalização

São as seguintes:

- Delimitadoras de trânsito: utilizada para separar as faixas de rolamento de mesmo sentido e confeccionadas na cor branca. Pode ser contínua, quando não deve ser cruzada pelos veículos, ou interrompida na razão de 1: 1, com 0,10 m de largura;
- De proibição de ultrapassagem: utilizada nos fluxos opostos, para indicar uma proibição de mudança de faixa, demarcada sempre na cor amarela e colocada de forma dupla e contínua, com 0,10 m de largura cada, espaçadas de 0,10 m entre si;
- Delimitadoras de borda: deve ser aplicada na delimitação da borda da pista, utilizada durante as obras, em complementação aos balizadores ou barreiras, colocadas de forma contínua, na cor branca, com 0,10 m de largura;
- De retenção indicativa de parada: deve ser colocada de forma perpendicular ao fluxo, no local onde se deve atender a um sinal de parada obrigatória. Demarcada de forma contínua, na cor branca, com 0,30 a 0,60 m de largura.

d) Marcas no pavimento

- Setas: são sinais de canalização, suplementando as mensagens dos sinais de pré-indicação e os de regulamentação de direção, na cor branca, com 3,6m de comprimento. Podem indicar desvio à direita, à esquerda ou em ambos os lados;

- Palavras e números: são utilizadas para guiar, advertir e regulamentar o uso da pista. No caso de obras devem ser utilizadas as marcas: DEVAGAR, OBRAS A . . . m, na cor branca, com 2,40 m de comprimento. Outras palavras ou números podem ser utilizados, caso sejam necessários, seguindo as especificações recomendadas;
- Tachas refletivas: são dispositivos colocados sobre o pavimento, com a função de posicionar corretamente os veículos na via. Devem ser amarelos na divisão de fluxos opostos e brancos, para fluxos no mesmo sentido.

Devem ser colocadas sobre ou intercalada à pintura de solo, com espaçamento mínimo de 5,0m. Nos trechos de sinalização provisória, as tachas devem ser fixadas com adesivos, a fim de não provocarem danos ao pavimento e possibilitar uma rápida colocação e remoção.

9.2.5. Dispositivos de canalização e segurança

a) Barreiras

São dispositivos utilizados para impor um obstáculo real ou aparente, junto ao canteiro de obras, na direção normal do deslocamento ou para delinear uma canalização do fluxo de tráfego.

As barreiras podem ser de tipos I, II e III, conforme discriminado no Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias, devendo suas barras ser nas cores branco e laranja, alternadamente e refletivas, ao menos na cor laranja.

As barreiras do tipo II devem ser utilizadas para delinear a canalização do tráfego, transferindo o fluxo de veículos para as faixas de circulação remanescentes do leito da via, devido à existência de bloqueios decorrentes da execução de obras. Devem ser utilizadas, também, na delimitação do canteiro de obras.

Dessa forma, devem ser utilizadas ao longo da área de sinalização de posição, para delinear o estreitamento gradual da pista, a área de proteção ao canteiro, a área do canteiro e o alargamento de pista para retorno à situação normal de circulação.

As barreiras do tipo I são recomendáveis para as mesmas situações, mas nas seguintes condições:

- Delineando o estreitamento e alargamento da pista, quando as barreiras tiverem que ser posicionadas de modo a transpor obstáculos tipo defensas e canteiros. Nesses casos,

recomenda-se que todas as barreiras utilizadas na canalização de fluxo sigam o mesmo padrão;

- Delineando o canteiro de obras, quando for necessária a execução de tapumes. Nesse caso, o tapume deve ser pintado de branco e a tarja pintada em sua parte superior.

As barreiras dos tipos I e II podem ser fixas ou móveis. As barreiras fixas são recomendáveis apenas nos casos de obras de longa duração e nas quais seja aceitável a recomposição do pavimento, e junto a terrenos acidentados ou acostamentos inclinados que inviabilizem a colocação de barreiras móveis.

As barreiras móveis são recomendáveis para os demais tipos de obras. Essas barreiras podem ser confeccionadas com cavaletes, tanto rígidos, como os dobráveis ou os desmontáveis.

Para o aumento da resistência ao tombamento, podem ser colocados, nas barreiras móveis, sacos de areia, junto aos seus suportes, não sendo recomendada a colocação de blocos de concreto, tijolos etc., por oferecerem perigo no caso de colisão.

Quando utilizadas nas áreas de sinalização de transição, proteção e retorno à situação normal as barreiras dos tipos I e II, devem ser colocadas frontalmente ao fluxo de tráfego e espaçadas de 15 m.

Quando utilizadas na área de sinalização do canteiro, devem ser colocadas longitudinalmente ao fluxo de tráfego e espaçadas no máximo de 15 m.

As barreiras do tipo III devem ser utilizadas para o bloqueio do tráfego em toda largura de área interdita para obra, colocada na área de sinalização de proteção, a 30 m do final da sinalização de transição e frontalmente ao fluxo de tráfego. Recomenda-se que seu suporte seja firmemente fixado no solo.

b) Balizadores

Recomenda-se sua utilização para canalização de situações de emergência, de curta duração e obras móveis ou de longa duração, dispendo-os de maneira a materializar ilhas e linhas de separação de fluxos de veículos. Recomenda-se um espaçamento de 15 m entre os dispositivos.

Devem ser confeccionados de material leve e, preferencialmente, flexível (plásticos, fibras, madeira ou chapas metálicas), de forma retangular, com 0,15 m de largura e 0,75 m de altura total. Quanto à fixação, devem possuir uma base de material de maior peso (madeira, borrachas etc.), devendo ser evitada sua confecção com materiais rígidos, tais como ferro ou concreto, a fim de evitar grandes danos aos veículos, ocupantes e circunstantes em caso de colisão. Independentemente do material a ser confeccionado, a base não deve ultrapassar as dimensões de 0,40 x 0,10 m.

Devem possuir as cores laranja e branco, alternadas em faixas oblíquas a 45°, com 0,10 m de largura e refletivas, pelo menos na cor laranja.

c) Piquetes

Recomenda-se sua utilização para demarcação de limites de pista provisória nos desvios construídos fora da via, com espaçamento de 15 m entre os dispositivos.

Podem ser confeccionados de material leve e flexível ou chapas metálicas, como as placas de sinalização de forma retangular, com 0,15 m de largura e 0,75 m de altura, e fixadas em suportes a 0,75 m do solo.

Devem possuir as cores laranja e branco, alternadas em faixas oblíquas a 45°, com 0,10 m de largura e refletivas, pelo menos na cor laranja.

d) Delineadores direcionais

Recomenda-se sua utilização para demarcação de limites de pista provisória nos desvios construídos fora da via, principalmente nos casos de curva horizontal, com espaçamento de 15 m entre os dispositivos.

Podem ser confeccionados de material leve e flexível ou chapas metálicas como as placas de sinalização de forma retangular, com 0,50 m de largura e 0,60 m de altura, fixados em suportes a 0,75 m do solo.

Devem possuir as cores laranja e preto, refletivos, pelo menos na cor laranja.

e) Cones

Recomenda-se sua utilização para canalização de situações de emergência, de curta duração, ou ainda obras móveis, dispondo-os de maneira a materializar ilhas e linhas de separação de fluxos de

veículos. Podem, também, ser utilizados nas obras de maior duração, desde que haja fiscalização próxima, já que necessitam de manutenção durante seu uso, devido a problemas de furtos, quedas ou deslocamentos. Recomenda-se seu espaçamento em 15 m.

Devem ter, como o nome diz, forma cônica, e serem ocos, para possibilitar a montagem de um sobre o outro, para facilitar o transporte e para que possam ser usados sobrepostos, no caso de peso suplementar (ventos fortes).

Suas dimensões devem ser de 0,75 m de altura e base quadrada de 0,40 m de lado.

Devem ser confeccionados de material leve e flexível (borracha ou plástico), para serem facilmente transportáveis e para resistirem aos eventuais choques, sem ocasionar danos aos veículos, seus ocupantes e circunstâncias.

Devem possuir as cores laranja e branco alternadas em faixas horizontais com 0,15 m de altura. Devem, também, ser refletivos, pelo menos na cor laranja.

f) Dispositivos luminosos

Nos casos em que o reconhecimento das barreiras refletorizadas se der a uma distância considerada limitada, devem ser utilizadas em conjunto, fontes de luz contínua, passíveis de serem vistas a longa distância.

Para tanto, devem ser colocadas sobre as barreiras, lâmpadas elétricas protegidas por cúpulas translúcidas, na cor laranja.

Quando a barreira for perpendicular à direção do fluxo de veículos, o dispositivo luminoso deve ser colocado na extremidade lindeira ao fluxo. Quando paralela, o dispositivo deve ser colocado na extremidade anterior da barreira, tomando-se a aproximação do fluxo como referência.

Deve-se salientar que, em trechos de rodovia junto à área urbana, não se deve considerar a iluminação da rodovia como iluminação própria da barreira.

Onde houver comprovada dificuldade para extensão de fiação elétrica, esses dispositivos podem ser alimentados por baterias elétricas ou geradores próprios.

g) Dispositivos de luz intermitente

É um dispositivo de sinalização, que deve ser utilizado para chamar a atenção do condutor do veículo sobre as condições de pista anormais à sua frente, não devendo, portanto, ser utilizado para delimitar trajetórias.

Deve ser colocado no início da sinalização de posição, junto aos primeiros dispositivos de canalização.

É recomendada sua utilização para situações onde haja risco de segurança para o tráfego ou trechos de rodovia que apresentam alto VMD, no período noturno, em complementação à sinalização de advertência do local.

Deve, ainda, ser utilizado sobre os veículos de serviço, quando estes permanecerem na via no período noturno e não possuírem dispositivos de luz intermitente própria.

h) Painel com seta iluminada

O painel com seta é um sinal composto de lâmpadas piscantes ou que acendam de modo sequencial. É um dispositivo eficiente de dia ou de noite para desviar o fluxo de tráfego para a direita, esquerda, os dois lados e em operações móveis.

O painel piscante possui três modos de operação:

Seta para direita;

Seta para esquerda;

Seta para ambos os lados.

O painel sequencial acende suas lâmpadas em sequência, dirigindo o tráfego para a direita ou esquerda.

As lâmpadas do painel com seta iluminada devem ser amarelas, acender de 25 a 40 vezes por minuto e permanecer um mínimo de 50% do seu tempo acesa, para a seta piscante, e 25%, para a seta sequencial.

Podem ter as dimensões estabelecidas na Tabela 25 a seguir:

Tabela 25 – Especificações de painéis

TIPO	TAMANHO	Nº MÍNIMO DE LÂMPADAS	DISTÂNCIA MÍNIMA DE LEGIBILIDADE
A	0,60 x 1,20	12	800 m
B	0,70 x 1,40	13	1.200 m
C	1,05 x 2,10	15	1.600 m

O painel tipo C pode ser visto a 1.600 m de distância e é específico para vias de alto volume ou alta velocidade e em operações móveis sobre o último veículo.

O painel tipo A é apropriado para vias urbanas de trânsito lento. O tipo B é indicado para vias de trânsito com velocidade média a alta.

Devem ser confeccionados de forma retangular, construção sólida e pintados de preto fosco e seta na cor laranja. Podem ser montados sobre veículos, reboques ou suportes mais leves.

Devem estar a um mínimo de 2 m do solo, em sua parte mais baixa, exceto quando colocados sobre veículos e for impraticável sua fixação a essa altura.

Em pistas ou faixas bloqueadas, o painel deve ser colocado no início da canalização ou quando houver desvios, dentro da canalização e junto à linha de bloqueio da pista. A colocação no início da canalização é melhor do que no meio.

Quando houver desvio para ambos os lados, o painel deve estar posicionado junto à barreira de interdição.

O painel com seta não deve ser utilizado nas seguintes condições:

Quando o espaço ocupado pela obra não requerer a obstrução de faixas de rolamento;

Quando toda a obra se encontra no acostamento ou fora dele, e não causa interferências às faixas de rolamento próximas;

Quando o bandeirinha está controlando o tráfego numa via de pista dupla.

i) Bandeiras

A utilização de bandeiras como elementos de controle do fluxo do tráfego, é recomendada como elemento de alerta complementar, em situações de alto risco, devido à verificação de elevados volumes de tráfego, altas velocidades, má visibilidade, necessidades de interrupção do fluxo e obras móveis na rodovia.

Trata-se de dispositivo confeccionado em tecido ou plástico flexível, preso a suporte rígido, a ser transportado por um sinalizador, devendo ter a forma de um quadrado com 0,60 m de lado e cor vermelha.

O sinalizador deve seguir alguns procedimentos básicos para auxiliar na operação do tráfego, transmitindo aos motoristas sinais uniformes e precisos, de rápida compreensão.

Para tanto, deve proceder da seguinte forma:

- Para parar o fluxo de tráfego - Posicionar-se voltado para o fluxo de tráfego, estender a bandeira horizontalmente à altura do ombro e perpendicularmente à faixa de rolamento. Para maior ênfase, deve permanecer com a mão espalmada para os condutores de veículo (Figura 104 A).
- Para dar informação de Siga - Posicionar-se paralelamente ao fluxo de tráfego, baixar a bandeira e com a mão livre efetuar os gestos de solicitação de prosseguimento de circulação (Figura 104 B).
- Para advertir motoristas - Posicionar-se voltado para o fluxo de tráfego, permanecer com o braço livre estendido ao longo do corpo e elevar e abaixar a bandeirinha, seguida e frontalmente ao fluxo (Figura 104 C).

Figura 104 – Sinalização com bandeiras

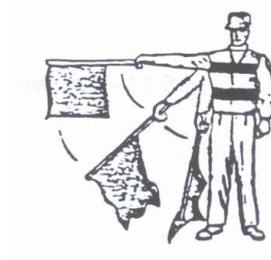
Figura 104 A



Figura 104 B



Figura 104 C



Em qualquer caso, o sinalizador deve posicionar-se em local visível, livre de circulação de veículos, e sua presença deve ser advertida através de colocação de um cone, antecedendo-o em 10 m.

Tendo em vista o desgaste que esse tipo de operação acarreta e a necessidade dos operadores se manterem alertas, recomenda-se que eles sejam periodicamente substituídos, para descanso.

Deve, também, portar colete nas cores laranja e branco, confeccionado com material refletível. É recomendável o uso de uniforme e boné na cor laranja.

j) Sinal – PARE - portátil

Quando a execução de obras em rodovias deixar para o tráfego apenas uma faixa de rolamento livre de interferências, a circulação deve ocorrer segundo a alternância do direito de passagem.

Para que isso venha a ser possível, os fluxos de tráfego devem ser interrompidos, alternadamente, junto ao início do estreitamento da pista.

Para realização dessa operação, devem ser utilizados sinais de PARE portáteis, confeccionados em material rígido e preso a suporte, a ser transportado por um operador (sinalizador).

Esse sinal deve ter as mesmas formas e cores estabelecidas pelo Código Nacional de Trânsito e ter 0,25 m de dimensão para seu lado.

O comportamento do operador, nesse caso, deve ser o de: posicionar-se em local protegido, frontalmente ao fluxo de tráfego, virar a face do sinal com a inscrição PARE para os motoristas e auxiliar a mensagem com o gesto de mão espalmada (Figura 105 A).

Após a passagem do último veículo do fluxo contrário, posicionar-se lateralmente ao fluxo que controla, virar a face sem inscrição do sinal para os motoristas e realizar os gestos de informação de início de circulação (Figura 105 B). O sinalizador deve portar as mesmas vestimentas recomendadas no caso da operação de bandeiras.

Figura 105 – Sinalização portátil

Figura 105 A



Figura 105 B



k) Barreiras amortecedoras de choque

Quando o fluxo de tráfego for desviado para proximidades ou na trajetória de objetos rígidos, tais como pilares, postes, defensas etc., estes devem estar protegidos por dispositivos de absorção de choque.

Estes dispositivos devem ter as seguintes características básicas:

- Serem construídos de material que absorva os eventuais choques de veículos;
- Serem colocados de tal forma que impeçam o choque do veículo com o objeto rígido;
- Serem fixados ou amarrados de tal forma que, em casos de choque, não se desloquem para a pista de rolamento.

Um dispositivo que, devido ao seu baixo custo e facilidade de construção, pode ser amplamente utilizado é a barreira de pneus. São pneus já desgastados ou não, que devem ser empilhados e

amarrados, para dificultar seu deslocamento sobre a pista, agrupados num mínimo de duas pilhas com 1,00 m de altura e pintados nas cores laranja e branco.

l) Dispositivos de segurança individual

São equipamentos que objetivam melhorar as condições de segurança das pessoas que irão exercer suas atividades sobre o leito viário e próximo ao fluxo de veículos, através de sua melhor visualização à distância.

Os dispositivos usualmente utilizados são coletes, punhos, vestimentas e faixas de cores fosforescentes e/ou refletivos.

Nas obras móveis e situações de emergência, tais como: serviços de medição, topografia, sinalização de solo etc., deve ser obrigatória a utilização do colete. Os sinalizadores (bandeirinhas) também devem utilizar este dispositivo em qualquer situação.

Os coletes devem ser confeccionados em material leve e arejado, a fim de proporcionar maior conforto ao usuário, nas cores laranja (fosforescente) e branco, dispostas alternadamente em faixas horizontais e refletivas, para uso noturno.

Os demais equipamentos podem ser utilizados em complementação ao colete, quando se fizerem necessários.

Recomenda-se aos agentes de Fiscalização, inclusive os da Polícia Rodoviária Federal, o uso de tais dispositivos nas situações de emergência, principalmente noturnas, a fim de proporcionar maior resguardo de sua segurança.

m) Dispositivos de segurança em veículos de serviço

Todos os veículos de serviço que necessitarem trafegar em velocidade reduzida ou permanecerem estacionados no leito viário, mesmo que por espaços de tempo reduzidos, devem estar equipados com dispositivos de sinalização.

Para uso diurno, devem ser pintadas faixas horizontais e/ou verticais com, no mínimo 0,15 m de largura, nas cores laranja e branca, em tarjas alternadas, tanto na sua dianteira quanto na sua traseira.

No caso de utilização no período noturno, as faixas devem ser refletivas e o veículo dotado de luz amarela intermitente em sua parte mais alta, ou portarem painel com seta iluminada, conforme descrito anteriormente.

Nota: O Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias contém os desenhos de esquemas e gráficos pertinentes para implantação destes dispositivos.

9.2.6. Projetos – tipo

O Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias, do DNIT, define projetos-tipo, para atender a 37 situações de bloqueio de tráfego, dispondo sobre a sinalização horizontal, sinalização vertical e a colocação dos vários dispositivos componentes, tais como: cones, balizadores, piquetes, barreiras, placas etc.

A listagem completa de tais projetos-tipo é apresentada a seguir.

Tabela 26 – Listagem dos projetos-tipo constantes no Manual de Sinalização de Obras e Emergências

Nº	Caracterização do Segmento Transversal	Condições de Bloqueio
01	Pista simples – uma faixa por sentido	Bloqueio fora da pista
02	Pista simples – uma faixa por sentido	Bloqueio do acostamento
03	Pista simples – uma faixa por sentido	Bloqueio parcial - uma faixa + acostamento
04	Pista simples – uma faixa por sentido	Bloqueio de uma faixa com desvio para acostamento e sem desvio do fluxo oposto
05	Pista simples – uma faixa por sentido	Bloqueio de meia pista, desvio no fluxo oposto
06	Pista simples – uma faixa por sentido	Bloqueio de meia pista, circulação alternada
07	Pista simples – uma faixa por sentido	Bloqueio de meia pista, desvio fora da pista
08	Pista simples – uma faixa por sentido	Bloqueio da pista com desvio para os acostamentos
09	Pista simples – uma faixa por sentido	Bloqueio total, desvio para fora da pista
10	Pista simples – com 3ª faixa	Bloqueio da faixa adicional
11	Pista simples – com 3ª faixa	Bloqueio da faixa adicional e parte da faixa adjacente com desvio do fluxo oposto
12	Pista simples – com 3ª faixa	Bloqueio de duas faixas, desvio para fora da pista
13	Pista dupla – duas faixa por sentido	Bloqueio do acostamento e parte da faixa adjacente
14	Pista dupla – duas faixa por sentido	Bloqueio de uma faixa + acostamento, bloqueio parcial da segunda faixa
15	Pista dupla – duas faixas por sentido	Bloqueio da faixa adjacente ao canteiro central
16	Pista dupla – duas faixas por sentido	Bloqueio de uma pista com desvio para o acostamento
17	Pista dupla – duas faixas por sentido	Bloqueio de uma pista, desvio no fluxo oposto
18	Pista dupla – duas faixas por sentido	Bloqueio de uma pista, desvio para fora da pista
19	Pista dupla – duas faixas por sentido	Bloqueio da primeira e segunda faixa, desvio na terceira faixa

Nº	Caracterização do Segmento Transversal	Condições de Bloqueio
20	Pista dupla – duas faixas por sentido	Bloqueio de acostamento e das 2 faixas adjacentes com desvio para a terceira faixa e acostamento
21	Pista dupla – duas faixas por sentido	Bloqueio das duas faixas adjacentes ao canteiro central
22	Pista dupla – duas faixas por sentido	Bloqueio da faixa central
23	Pista dupla – duas faixas por sentido	Bloqueio das terceiras faixas com desvio para o acostamento e para fora da pista
24*	Pista única	Topografia
25*	Pista única	Pré-marcação
26*	Pista única	Reparos rápidos de pavimento com circulação alternada
27*	Pista única	Implantação de sinalização horizontal
28**	Pista dupla	Bloqueio da faixa da direita e do acostamento
29**	Pista dupla	Obstáculo no acostamento
30**	Pista dupla	Obstáculo em 1 faixa e 1 acostamento – desvio no acostamento
31**	Pista dupla	Obstáculo na 1ª faixa – circulação alternada
32**	Pista dupla	Obstáculo na pista
33**	Pista dupla	Bloqueio na faixa da direita e no acostamento
34**	Pista dupla	Bloqueio nas faixas da direita e adjacente
35**	Pista dupla	Bloqueio na faixa da esquerda
36**	Pista dupla	Bloqueio nas faixas esquerda e adjacente
37	Pista dupla	Bloqueio do passeio de pedestres com travessia para o passeio oposto ou desvio para o estacionamento (acostamento)
Obs.: * Sinalização de Obras móveis ** Sinalização de emergência		

9.3. SEGURANÇA OPERACIONAL DOS TRABALHADORES DE IMPLANTAÇÃO RODOVIÁRIA

Na execução dos serviços, deve ser observado o disposto a seguir, o que, em muitos casos, corresponde à matéria legalmente regulamentada.

9.3.1. Vestuário protetor

Se não a todos, pelo menos aos operários que trabalhem junto às máquinas, que lidem com asfalto quente ou permaneçam em áreas onde haja perigo de queda de pedras ou blocos de rocha, devem ser fornecidos botinas protetoras e capacetes especiais.

Quem quer que trabalhe junto a peças móveis de máquinas, não deve usar roupas leves e mal arrumadas, pois mangas soltas ou vestes inadequadas podem ser envolvidas pelas partes em movimento.

Ainda objetivando a maior segurança, o vestuário do pessoal da conservação, em geral, deve sempre apresentar cor berrante, vermelho ou alaranjado, de modo a contrastar sensivelmente com a paisagem do trecho e permitir a identificação dos trabalhadores à distância. Nos trabalhos noturnos, as roupas devem conter peças refletivas.

9.3.2. Trabalhos com materiais betuminosos

O asfalto é, geralmente, aquecido antes de ser usado, a fim de diluir a sua consistência. É um material inflamável, devendo ser tratado com grande cuidado, enquanto estiver sendo aquecido e aplicado, visando evitar incêndios, explosões e queimaduras por contato.

Para cada tipo de asfalto, acha-se definida, tecnicamente, uma temperatura de aplicação que, às vezes, ultrapassa 180° C. O chefe de turma deve ser cientificado do perigo iminente que ocasionará, se essa temperatura subir além dos níveis fixados, principalmente tendo em vista que, atingido o seu Ponto de Fulgor, o asfalto inflamar-se-á inevitavelmente. Por outro lado, na hora da aplicação, face à alta temperatura do asfalto, o trabalhador deve manter o corpo sempre protegido, especialmente os pés, para evitar queimaduras, que podem provocar lesões corporais de caráter permanente.

Há que considerar, também, os asfaltos diluídos, que contêm nafta ou querosene. São materiais inflamáveis, com os quais se deve tomar muito cuidado ao aquecê-los. Acontece que os asfaltos diluídos, quando armazenados durante longo tempo, tendem a separar-se do solvente, fazendo surgir bolsas de material inflamável. A fim de reduzir o risco de o solvente inflamar-se, o fogo para seu aquecimento não deve ser aceso enquanto as bombas de circulação dos distribuidores não estiverem em funcionamento pelo menos durante 10 minutos, para que o asfalto e o solvente fiquem outra vez totalmente misturados.

Causa comum de incêndio em um distribuidor de asfalto é o fato de não manter-se limpa a sua parte externa. Restos de óleo, óleo diesel derramado e asfalto constituem materiais que se inflamam, com as chamas provenientes dos aquecedores do tanque. Iniciado o incêndio, é quase certo resultar na perda de peças valiosas do equipamento e em grande risco de vida para o pessoal.

Outra causa de acidentes, nos trabalhos com asfalto quente, é a possível existência de água no tanque de material asfáltico. Sendo mais densa que o asfalto, a água assenta no fundo do tanque, enquanto o asfalto sobrenada. Entretanto, aquecida até o seu ponto de ebulição, a 100°C, a água torna-se vapor. Quando isso acontece, dentro do tanque do distribuidor gera-se violenta erupção do vapor através do material asfáltico que se encontra por cima da água, fazendo respingar asfalto

quente sobre as pessoas que estiverem nas proximidades. Por isso, antes de encher-se o tanque com o material asfáltico, deve-se ter absoluta certeza de que nele não existe qualquer quantidade de água, por menor que seja.

O mesmo problema pode surgir quando o distribuidor utilizado para aplicação de emulsão asfáltica for, a seguir, empregado para trabalhos com asfalto diluído, pois na emulsão a água entra como um dos constituintes.

O único processo realmente seguro é proceder-se a uma verificação, para se ter certeza de que o tanque do distribuidor e o sistema de encanamento estão inteiramente vazios e limpos, antes do tanque ser enchido com material asfáltico.

Da mesma forma, devido ao perigo de incêndio, devem ser colocados, em lugar facilmente acessível sobre o distribuidor, extintores de incêndio, devendo toda a turma ser treinada em seu uso.

Devem ser realizadas inspeções periódicas no sistema de encanamento existente, entre o compartimento que contém o combustível para aquecimento e os aquecedores, a fim de ficar assegurada a inexistência de vazamentos.

Todas as partes externas do distribuidor devem ser mantidas rigorosamente limpas; os reguladores de temperatura e de pressão não podem deixar de estar funcionando normalmente; e apenas o pessoal treinado deve ter permissão para trabalhar com o distribuidor ou próximo a ele.

Os mesmos cuidados devem ser tomados quando for usado qualquer tipo de equipamento para misturas betuminosas.

9.3.3. Construção e limpeza de taludes

Nos taludes constituídos de material rochoso em decomposição, ou em que haja incidência de rocha, devido às forças de chuva, do vento e face à ação de outros agentes naturais, blocos de pedras se desagregam, ficando soltos, e a menos que sejam removidos, podem rolar para a rodovia, pondo em perigo, não só a vida dos usuários, como também a própria estrutura da estrada.

Uma das tarefas normais das turmas de conservação é retirar, periodicamente, esses blocos.

Trata-se de tarefa perigosa. Os taludes íngremes não oferecem um bom apoio aos pés e os blocos de pedra deslocados pelos homens da turma de limpeza podem ferir ou mesmo matar outros que

estejam trabalhando em locais mais abaixo. Aos homens que estiverem trabalhando em taludes íngremes, devem ser fornecidos cintos de segurança e uma corda auxiliar, para evitar que caiam.

Durante o tempo que estiverem escalando o talude, a passagem do tráfego pela área de trabalho só deve ser permitida quando não oferecer nenhum perigo.

É também de importância que o trabalho de remoção seja iniciado no topo do talude, continuando para baixo, no intuito de reduzir o risco de queda de blocos de pedra sobre os trabalhadores, os quais constantemente devem usar capacetes e permanecerem bem separados um dos outros, ao longo da face (paramento) do talude, de modo que um homem não trabalhe exatamente em posição abaixo do outro.

9.3.4. Construção e limpeza de bueiros

Normalmente, não é uma tarefa perigosa. Entretanto, às vezes, a entrada de um grande bueiro fica obstruída com entulho de galhos de árvores, com entupimento total. Não é pois, impossível que o nível da água suba além da extremidade superior da boca de montante. Em tais condições, nunca se deve mandar os homens entrarem pela boca de jusante para tentar desobstruir o bueiro. O escoamento repentino da água represada pode afogar os trabalhadores encarregados da limpeza.

Uma solução, que não oferece perigo aos trabalhadores, é a de proceder-se ao esgotamento da água acumulada, através de bombeamento, para o lado oposto da estrada, mediante dispositivo adequado, com ajuda de cavaletes altos tais que a mangueira não viesse a impedir a normalidade do tráfego. O tempo gasto no esgotamento é compensado com a segurança da operação realizada. Sem água a montante, a limpeza do bueiro é facilmente executada. Convém lembrar, entretanto, que mangueiras de boa qualidade suportam bem a passagem de veículos sobre elas, sendo dispensável, neste caso, o uso dos cavaletes. Outra solução é a escavação de uma vala paralelamente ao eixo da estrada, até encontrar a bacia de uma outra obra-de-arte, próxima àquela que se ache entupida.

É bom frisar que devem ser evitadas as soluções que visem romper o corpo estradal, bem como ocasionar a interrupção do tráfego.

Mesmo após o desentupimento de um bueiro, cuja seção de vazão seja considerada insuficiente, há os processos de escavação que permitem a colocação de novos bueiros, mantendo-se a pista de rolamento intacta e sem impedir a continuidade do tráfego.

Uma precaução importante que deve ser tomada, quando da limpeza de um bueiro, é não permitir fogo, cigarros acesos etc., nas proximidades do local do trabalho e, muito menos, dentro do bueiro. Acidentes lamentáveis, de consequências fatais, têm ocorrido devido à inflamação de gases frequentemente emanados das regiões pantanosas, onde está localizada a obra.

9.3.5. Escavações de valas

Muitos acidentes ocorrem durante as aberturas de valas, devido ao desmoronamento de suas paredes.

As escavações normalmente encontradas em trabalhos de conservação são valas para bueiros, drenos e estruturas de drenagem.

Essas escavações ocorrem, comumente, em solos molhados ou encharcados, e há maior probabilidade de um solo molhado ruir do que um solo seco, endurecido.

Portanto, sempre que for realizar uma escavação de mais de 1,5 m de profundidade, e o trabalho a ser executado exigir a presença de homens dentro da vala, o engenheiro responsável deve estudar a possibilidade de desmoronamento e determinar a necessidade ou não de escoramento.

Contudo, devemos lembrar que, se alguma dúvida há quanto à estabilidade das paredes da vala, deve-se sempre optar pela segurança, efetuando-se o escoramento.

9.3.6. Corte de árvores

Às vezes, torna-se necessário o corte de grandes árvores localizadas ao longo da pista.

Uma árvore de 1 m de diâmetro e 20 m de altura pode corresponder a um peso de 20 toneladas, razão por que sua queda deve ser controlada, de modo a não causar danos à pista e, muito menos, vitimar os trabalhadores.

Muitas vezes, a inclinação natural de um tronco de árvore é que rege a direção lógica da queda. Outras vezes, a direção pode ser controlada por pessoal habilitado.

– As causas principais de acidentes, durante o corte de uma árvore, são:

O tronco pode mudar de direção ou saltarem toros, enquanto a árvore estiver caindo;

Os galhos secos podem se desprender da árvore, durante o corte;

A árvore, ao cair, pode atingir cabos elétricos de alta tensão;

Ao ser abatida parte da árvore pode ficar presa no topo de outras árvores.

- Diante de tais perigos, devem ser observadas as seguintes regras de segurança:

Somente os trabalhadores, em número estritamente indispensável para proceder ao corte, devem ter permissão para permanecer dentro de um raio igual à altura da árvore;

Não deve haver duas turmas cortando árvores dentro de uma área, onde árvores cortadas por uma turma possam cair sobre o pessoal que trabalha na outra;

Deve haver sempre um homem a certa distância, observando os cortadores, para que, no momento oportuno, os avise do início da queda da árvore. Deve ser dado um sinal pré-combinado, que deve consistir numa palavra simples e distinta, tal como: *Árvore*, ou *Caindo*.

Quando os cortadores ouvirem esse aviso, imediatamente largarão suas ferramentas e correrão para um local previamente escolhido, além da região que o topo da árvore possa alcançar;

É importante que larguem as ferramentas antes de correrem, pois a corrida, através de um terreno acidentado e inclinado, com um machado afiado ou um serrote nas mãos, se torna um meio mais fácil de causar acidente grave;

A turma encarregada do corte das árvores deve estar equipada com capacetes protetores, devidamente aprovados;

Dever-se-á fazer o possível no sentido de evitar que uma árvore caia sobre um cabo de alta tensão. Se, entretanto, ocorrer um acidente dessa natureza, deve ser observado o seguinte: não mandar homens subirem ao topo de árvores para tentar livrá-la do cabo de alta tensão, mas sim avisar ao responsável a respeito do acidente que, por sua vez, entrará em contato com a companhia de energia elétrica, para solicitar o envio de pessoal especializado a fim de cortar a corrente. Somente depois que o pessoal habilitado houver confirmado que não há mais perigo é que deve ser dado início ao trabalho para soltar a árvore dos cabos.

9.3.7. Operações com equipamentos

O hábito de trabalhar sem maiores cuidados, por parte daqueles que operam máquinas e veículos ou trabalham nas suas vizinhanças é, provavelmente, causa de maior número de acidentes ocorridos com o pessoal de conservação do que os ocasionados por qualquer outro motivo.

Devido ao seu tamanho, o equipamento destinado à construção e à conservação de uma rodovia não permite ao seu operador um ângulo maior de visibilidade. Em face disso, o operador deve esforçar-se ao máximo para salvaguardar as vidas das pessoas que trabalham perto dele, observando constantemente os outros trabalhadores em atividade, na frente ou atrás da máquina que opera. Contudo, uma vez que a sua visibilidade é limitada, o restante do pessoal deve ter sempre em conta que o operador não pode ficar constantemente a observá-lo, devendo, então, evitar, sob qualquer pretexto, permanecer nas proximidades de um equipamento em operação.

a) Medidas preventivas de segurança para o operador do equipamento

Recomendam-se as seguintes medidas preventivas aos operadores:

Não dirigir em velocidade excessiva;

Jamais dirigir em velocidade, com a extremidade da caçamba do carregador frontal levantada a mais de 60 cm do solo. O motivo dessa observação é o fato de que, quando a caçamba está em sua posição mais alta, a máquina tem muito mais probabilidade de virar;

Manter a plataforma móvel de um carregador em nível, a fim de evitar que vire;

Jamais permitir uma pessoa extra, dentro da cabina do operador de qualquer máquina, a não ser que haja um assento disponível para essa finalidade;

Proibir que pessoas viajem dentro da caçamba do carregador frontal ou de uma pá de arrasto;

Jamais permitir que pessoas viajem na parte externa de qualquer tipo de equipamento;

Não sair de seus assentos, em um carregador ou um trator, antes que a caçamba ou lâmina tenha sido abaixada até o solo. Nunca deixar que qualquer uma dessas máquinas fique, durante a noite, com a caçamba ou a lâmina em posição levantada. O equipamento rodoviário é uma diversão interessante para crianças. Imagine-se o que resultará se um trator ficar, durante a noite, com a lâmina em posição levantada e dele acercar-se um grupo de crianças. Uma delas

resolve sentar-se no local do operador e as outras decidem ficar sob a lâmina. A que se encontra sentada no lugar do operador pode, acidentalmente, liberar a lâmina, cujo resultado, provavelmente, pode ser a morte para as crianças que se encontram embaixo;

Pela mesmíssima razão, não estacionar o equipamento em taludes íngremes, onde a eventual liberação do freio pode fazê-lo rolar pelo talude abaixo, causando perigo a quem possa estar na máquina ou trafegando na estrada;

Se for necessário executar um trabalho com o trator com a lâmina levantada (tal como a substituição de lâminas), insistir para mantê-la bem freada e calçada, de modo que não venha a cair;

Nunca operar uma máquina cujas condições de funcionamento não sejam consideradas perfeitas, que apresentem problemas nos freios, na direção etc.;

Não permanecer dentro de uma cabina de caminhão de caçamba, quando ele estiver sendo carregado com blocos de pedras;

Manter uma vigilância absoluta sobre qualquer pessoa que se encontre na frente ou atrás da máquina em operação;

Assegurar-se de que as correntes de transmissão e engrenagens possuem cobertura protetora.

b) Medidas preventivas de segurança para o pessoal

Muitas das medidas preventivas enunciadas no tópico anterior aplicam-se perfeitamente ao pessoal. Entretanto, visando especialmente às pessoas que trabalhem nas vizinhanças de equipamentos e máquinas, devem ser observadas as seguintes regras:

Nunca pegar carona em máquinas e caminhões, principalmente sem que o operador saiba que isso está ocorrendo;

Nunca executar trabalhos sob uma lâmina ou caçamba de carregador, em posição levantada, a menos que, antes, se constate estarem muito bem travadas e calçadas;

Manter-se bem afastado de cabos que estejam sendo utilizados para puxar quaisquer objetos. Um cabo que se arrebente pode causar graves ferimentos;

Supor sempre que o operador de um equipamento pode não ver as pessoas ao redor, ou nas proximidades da máquina;

Finalmente, as pessoas envolvidas em serviços de conservação devem estar sempre alertas e tomar cuidado com os possíveis perigos de acidentes, que podem ocorrer a qualquer momento. Observada a falta de segurança na execução dos serviços, os superiores devem ser imediatamente comunicados, para que possam tomar imediatas providências.

9.3.8. Trabalhos com o emprego de inseticidas e herbicidas

Os produtos químicos utilizados na produção de inseticidas e herbicidas podem ser venenosos. Deve, por isso, ser tomado muito cuidado, quando forem utilizados. O pessoal que lida com tais produtos deve usar luvas e, se aqueles que fazem a aplicação tiverem sua respiração exposta à pulverização, deve-se fornecer-lhes máscaras eficientes, devidamente testadas e aprovadas pelo fabricante do produto químico.

Embora não se trate exatamente de uma medida de segurança, é bom lembrar que o borrifo com herbicidas não deve ser empregado em zonas agrícolas em dia de vento forte, visto que o vento pode espalhar o herbicida sobre as culturas adjacentes, matando-as.

Em geral, todos esses preparados químicos devem ser olhados como produtos perigosos e tratados com cuidado e respeito. As instruções das fábricas devem ser rigorosamente observadas.

Na hipótese do pessoal que trabalha com esses produtos apresentar qualquer reação, os cuidados médicos devem ser imediatamente providenciados.

Todos aqueles que lidem ou apliquem inseticidas ou herbicidas devem evitar o contato do produto químico com a pele, como também a inalação do vapor do borrifador, devendo, neste caso, trabalhar sempre a favor do vento.

9.3.9. Trabalhos nas proximidades de cabos de eletricidade

Não é incomum haver árvores ou galhos caídos durante um temporal entre os cabos de alta voltagem que porventura existam na faixa de domínio.

O pessoal encarregado da conservação pode ser levado a tentar remover essas árvores ou galhos, como parte de seu trabalho de limpeza; isto nunca deve ser feito.

Inicialmente, a conservação dos cabos de eletricidade é da responsabilidade da companhia de energia elétrica, que possui pessoal habilitado para executar tal serviço. O único papel da turma de conservação rodoviária, em tais casos, é o de comunicar ao Coordenador da Unidade Local do DNIT o problema e o local, para que ele possa notificar a companhia responsável. Além de ser da responsabilidade da companhia, há outras fortes razões para não se tentar executar tarefa tão perigosa. Uma árvore que caia sobre um cabo de eletricidade, durante um temporal, por estar molhada, é um condutor da corrente elétrica. Quem nela tocar pode ser instantaneamente eletrocutado. São necessários técnicas e equipamentos especiais, de que a turma de conservação rodoviária não dispõe. O pessoal habilitado possui técnica e equipamento apropriado.

Um outro caso, que exige um claro entendimento por parte da turma de conservação, é a respeito das providências que devem ser tomadas, no caso de um elemento da turma ficar preso, acidentalmente, a um cabo elétrico. A alta voltagem tem a tendência de causar uma contração nos músculos do acidentado e frequentemente ocorre que a pessoa que toca em um cabo elétrico parece estar presa a ele, tornando-se incapaz de soltá-lo. Se alguém tocar a vítima, a corrente elétrica passa para o seu corpo e, do mesmo modo, pode ser eletrocutado. Há somente um único meio de retirar a vítima ainda com vida, de um cabo de alta voltagem sem cortar a corrente ou sem estar munido de equipamento especial. Para isso toma-se um pedaço de madeira, totalmente seco, com um comprimento mínimo de 3 m, e com ele tenta-se arrancar (separar) as mãos da vítima, tomando o cuidado de manter-se afastado do fio elétrico nunca menos de 1 m, em qualquer situação. Se isto não puder ser feito dentro de um ou dois minutos após a ocorrência do choque elétrico, a vítima estará provavelmente morta, não havendo justificativa para outras vidas correrem riscos, numa tentativa de salvamento inútil. Novamente, o procedimento mais sábio é notificar à companhia de energia elétrica, para cortar a corrente e enviar uma turma de socorro.

Outro tipo de acidente, que ocorre na conservação rodoviária, é aquele em que a lança de um guindaste, ou de um drag-line, fica embaraçada num cabo de alta tensão. Devido ao contato do equipamento com a terra, o operador não se encontra em perigo enquanto permanecer na máquina. Tem ocorrido, contudo, muitos casos fatais a operadores ao tentarem saltar. No momento em que ele deixa a máquina é eletrocutado. A energia elétrica de um cabo de alta voltagem é tão forte que pode formar arcos maiores que meio metro, com força letal. Essa mesma força pode eletrocutar uma pessoa que se aproxime da máquina, do lado de fora.

Há, portanto, alguns procedimentos a serem obedecidos, no caso de ocorrência desse tipo:

O operador deve permanecer na máquina;

Não deve ser permitido ninguém aproximar-se, dentro de um raio de 3 m;

A companhia de energia elétrica deve ser comunicada, para cortar a corrente;

Somente quando a companhia de energia elétrica confirmar que a corrente está cortada, o operador deve abandonar o seu lugar na máquina.

Os mesmos procedimentos devem ser seguidos por motoristas de caminhões, camionetas, basculantes etc.

9.3.10. Trabalhos com o emprego de explosivos

A regra mais importante de segurança, no que diz respeito a explosivos, é a que se refere ao fato de que esse material só deve ser manuseado por pessoal adestrado.

As normas que regulamentam o transporte, o armazenamento, a construção de depósitos e a destruição de explosivos, quando imprestáveis, aprovados pelo Decreto 55.649 de 28/1/1965, devem ser rigorosamente obedecidas pelo pessoal que trabalha na conservação.

Existem, entretanto, algumas precauções especiais que devem ser tomadas, a fim de proteger os que trabalham com explosivos ou que estejam próximos à área das explosões, tais como:

O pessoal deve usar capacete protetor;

Durante a explosão, ninguém deve ficar nas imediações. A rocha dinamitada pode arremessar grandes blocos de pedra a longa distância e é boa prática manter os trabalhadores pelo menos a 300 m de distância do local da explosão. Deve-se ter o cuidado de verificar a área circumadjacente, para ter absoluta certeza de que não há crianças ou outras pessoas dentro, a menos de 300 m;

Se a pedreira, ou o local da explosão, estiver situado perto de uma estrada, o tráfego deve ser paralisado, pelo menos, a 500 m de distância da zona da explosão, e só deve ser permitido o seu reinício quando um sinal de “Tudo Livre” for dado pelo encarregado das explosões;

Só deve ser permitida a aproximação de pessoas na área de trabalho, pelo menos 10 minutos depois de realizada a explosão;

Jamais permitir o transporte simultâneo de explosivo e pessoal no mesmo veículo;

O transporte de explosivos e detonadores em um mesmo veículo é proibido pelos regulamentos oficiais;

Se a dinamite tiver de ser transportada, efetuar uma cuidadosa inspeção em cada caixa, para estar certo de que é nova. A dinamite nova é relativamente estável. Entretanto, quando ela está armazenada por longo tempo, a nitroglicerina, um dos explosivos mais instáveis e sensíveis, se separa dos outros componentes e se acumula (recolhe) em sua forma mais pura. Quando isso acontece, a parte externa do cartucho apresenta-se molhada e oleosa e o papel que o envolve, com uma cor de estanho. Em tal estado, o balanço do caminhão de transporte, ou a queda do cartucho, pode detonar o explosivo. Torna-se, portanto, imperioso que o engenheiro ou o encarregado do trabalho examine pessoalmente toda a dinamite, antes que ela seja transportada ou utilizada. Cada caixa deve ser aberta, partindo do fundo, com o emprego de uma ferramenta de cobre para evitar centelhas, examinando um ou dois cartuchos de dinamite, para verificar se existe qualquer sinal de umedecimento ou descoloração;

Se houver qualquer evidência de que a nitroglicerina se tenha separado dos outros ingredientes, a caixa inteira deve ser manejada com todo o cuidado que se daria a uma bomba intacta.

Devido ao extremo perigo que a dinamite defeituosa apresenta, devem ser obedecidas as seguintes instruções:

Apenas aos peritos deve ser permitido indicar o destino a ser dado ao material;

O transporte desse material em veículos deve ser terminantemente proibido;

A dinamite defeituosa não deve ser empregada em explosões normais. O seu resultado é bastante imprevisível;

A destruição de explosivos em mau estado só deve ser feita, obedecendo ao que preceitua a regulamentação legal da operação, aprovada pelo Decreto nº 55.649 de 28/1/1965.

9.3.11. Primeiros socorros

As presentes instruções visam possibilitar aos trabalhadores, chefes de turmas e, eventualmente, aos engenheiros, noções que permitam prestar os primeiros socorros aos trabalhadores porventura acidentados, proporcionando-lhes melhores condições de transporte e recuperação mais rápida. Os termos empregados destinam-se à compreensão de leigos.

Mesmo dentro das melhores práticas de segurança, há sempre possibilidade dos trabalhadores encarregados da conservação virem a sofrer ferimentos.

Pode-se salvar ou perder vidas, dependendo do conhecimento que os engenheiros e chefes de turma possuam para prestar os devidos socorros, enquanto não chegar ao local um médico.

As práticas para prestar os primeiros socorros, relacionados com os tipos mais comuns de ferimentos, referem-se a: cortes, queimaduras, choques elétricos, fraturas, picadas de insetos, mordidas de cobra, ataque de insolação, golpes, afogamento, inalação ou contato da pele com produtos químicos venenosos e contato com plantas venenosas.

As seguintes recomendações devem ser obedecidas, na prestação dos primeiros socorros:

O primeiro socorro deve sempre ser prestado no local do acidente: todo ferimento deve merecer cuidados de limpeza e desinfecção e o sangue que escorre deve ser estancado e as feridas cobertas;

Acidentados com fraturas não devem ser transportados, sem que, antes, elas sejam razoavelmente imobilizadas. Com esta providência, as dores diminuem e o transporte torna-se menos incômodo para o acidentado;

Devem ser tomados cuidados especiais com os acidentados inconscientes, vítimas de acidentes graves. Nestes casos, eles não podem ser puxados, rolados ou empurrados, nem pelos braços nem pelas pernas. São necessárias três pessoas para levantar um adulto acidentado em estado grave, e a vítima deve ser transportada deitada de lado. O eixo formado pela cabeça, pescoço e tronco deve ser mantido em linha reta, qualquer que seja o plano em que esteja a vítima;

Não se deve dar água ou outro líquido ao acidentado; esse gesto pode ter consequências fatais para ele;

No caso de um objeto penetrar no corpo de um acidentado e lá permanecer, não deve ser retirado senão pelo médico ou por um enfermeiro habilitado, que disponha de recursos para enfrentar as consequências dessa providência. O ferido deve ser transportado com o objeto mantido no ferimento.

a) Cortes e feridas

Sempre que possível quem socorre um ferido deve ter as mãos lavadas e limpas.

A ferida deve ser lavada com água limpa ou água oxigenada. Fazer tantas lavagens quantas as necessárias para boa limpeza da lesão.

Estancar o sangue que escorre; isso pode se obter de dois modos: compressão e garroteamento.

Compressão - Usa-se um chumaço de algodão, um lenço limpo, um pedaço de pano ou o que o socorrista tiver no momento. A compressão deve ser uniforme e feita diretamente sobre a ferida, durante mais ou menos 5 minutos, dependendo do local e da quantidade de sangue que escorre. Para se evitar que o sangue volte a correr, faz-se um curativo compressivo com um chumaço de algodão, gaze, ou pano, e aperta-se em torno do ferimento.

Garroteamento - Este processo só deve ser empregado em último caso, quando o sangue escorre tanto, que ponha em perigo a vida do acidentado. O garroteamento é usado nos ferimentos dos braços e pernas e consiste em passar-se, em torno do membro ferido, um lenço, uma gravata, um cinto, um cipó, uma atadura de gaze etc., apertando fortemente. O garrote deve ser afrouxado de 10 em 10 minutos.

b) Queimaduras

Nas queimaduras, é mais importante a extensão do corpo atingido, do que o grau de queimadura. A queimadura deve ser tratada como uma ferida e dentro das 3 primeiras horas, adotando-se o seguinte procedimento:

Retirar a roupa queimada e suja do local da queimadura e da zona em volta;

Lavar com água e sabão a região queimada, sempre com cuidado para não aumentar as dores do acidentado. Se não houver sabão, usar somente água;

Depois de lavada, passar vaselina esterilizada ou medicamento melhor, se houver, como pomada de Furacin, Picrato de Butensin ou Paraqueimol. Sendo usado um destes medicamentos, não haverá necessidade de cobrir a queimadura com gaze;

Os tratamentos seguintes, como aplicação do soro antitetânico e curativos, devem ser feitos por enfermeiro habilitado ou médico.

c) Choques elétricos

O primeiro cuidado do socorrista é livrar a vítima do contato com a corrente. Não deve, de modo algum, tentar afastar o acidentado com as mãos ou outra qualquer parte do corpo. Não tocar na vítima. Para movê-la, deve usar um pedaço de madeira seca, uma corda ou pedaço de pano. A vítima pode ser amarrada e arrastada para fora do contato com o agente causador do choque. Às vezes é mais fácil, em vez de afastar a vítima, desligar a corrente.

Medidas a tomar-se, para evitar choques:

Ao fazer serviço próximo de rede elétrica, tenha o máximo cuidado; se possível, chame o eletricista para desligá-la antes;

Não toque, nem para reparos ou substituição, em equipamentos elétricos. Chame o eletricista sempre que necessário;

Use, para trabalhar com eletricidade, equipamentos apropriados, e material de proteção adequado;

Não faça uma extensão para aparelhos elétricos ou lâmpadas, usando fio velho ou descoberto;

Não toque em aparelhos elétricos se estiver com pés ou roupas molhados;

Não troque fusíveis às escuras;

Nunca toque em fio elétrico caído no chão ou preso à parede. Para afastá-lo, use um pedaço de madeira ou outro material não condutor.

d) Fraturas

As fraturas podem ser de várias espécies e sua importância e gravidade residem na sua localização e extensão.

Nas fraturas do crânio, da coluna vertebral e ossos dos membros inferiores, a vítima deve ser sempre transportada em maca ou padiola.

Nas fraturas, os membros devem ser imobilizados, e tudo pode servir para imobilização provisória: talas de papelão, talas de madeira, cabos de vassoura, bengalas, galhos secos de árvore ou qualquer material rígido. O socorrista deve lançar mão do que houver no local do acidente. O material de imobilização deve ser acolchoado, revestido de qualquer coisa que impeça ferimento na pele da vítima e que se torne macio e confortável. O valor do socorrista está na maneira de improvisar as coisas, porque nem sempre dispõe de material adequado ao socorro.

Modernamente, usam-se sacos plásticos, que podem ser cheios de ar e permitem uma boa imobilização à vítima.

e) Picadas de insetos e animais venenosos

– Cobras

Existem cerca de 2.500 espécies de cobras, e destas, somente 10% são venenosas. É útil ao socorrista ter noções de algumas características das espécies venenosas. Elas têm a cauda curta e grossa; a cabeça, em geral, se destaca do corpo e tem a forma triangular e as escamas são iguais às do corpo. A mordedura da cobra venenosa é diferente da não venenosa. Enquanto na não venenosa os pontos de penetração dos dentes são iguais, nas venenosas existem dois orifícios maiores, que correspondem aos dois dentes em forma de agulha.

Em presença de uma vítima de mordedura de cobra, o socorrista deve, de preferência, tratá-la como se fosse devida à cobra venenosa:

Limpar bem a ferida;

Colocar um garrote alguns centímetros acima da ferida, sendo afrouxado de 5 em 5 minutos;

Aplicar o soro antiofídico polivalente;

Posteriormente, aplicar o soro antitetânico.

– Abelhas

A gravidade da ferroadada da abelha está relacionada com o número de picadas que a vítima recebe. Se a picada for no pescoço ou na cabeça é mais perigosa.

Providências a adotar:

Tirar, em seguida, o ferrão da pele. Não se deve comprimir o ferimento;

Sobre o local da ferroadada, pode-se colocar compressas de água com vinagre (três colheres de sopa de vinagre para um litro de água), ou compressas com água gelada ou papa de água com bicarbonato de sódio. Pode também ser aplicado, no local, água de barbear mentolada. Estas últimas providências podem, também, ser usadas para picadas de outros insetos.

f) Insolação

A insolação é devida à exposição demorada aos raios solares. Pode aparecer subitamente, caindo a pessoa ao solo desacordada, entrando em coma, com falta de ar, forte dor de cabeça etc. Às vezes, antes de perder os sentidos, a pessoa fica com a face avermelhada, tonta e temperatura elevada, podendo atingir até 42 graus centígrados.

Em locais sem recursos médicos, deve o socorrista agir rapidamente, empregando a água como melhor remédio, afrouxar o colarinho, cinto etc., banhos com água fria e, se possível, resfriada, capacete de gelo. O corpo pode ser envolvido em lençóis ou toalhas molhados.

A vítima de insolação deve ser colocada à sombra. Se houver possibilidade, usar os banhos de imersão, que dão muito bom resultado.

g) Afogamentos

Retirar a vítima da água;

Deitá-la de lado, fazendo o socorrista pressão com os joelhos nas costas do afogado e, ao mesmo tempo, apertar a barriga e o peito com as mãos;

Retirar a dentadura e com o dedo introduzido na boca, limpá-la de detritos de comida lançados pelo vômito, secreções etc.;

Deitar a vítima de bruços, para iniciar a massagem nas costas, com as duas mãos, apertando da base das costelas para o pescoço;

Se houver parada respiratória ou parada cardíaca, iniciar imediatamente a respiração boca a boca e a massagem cardíaca externa.

9.3.12. Advertências finais

Como, na execução de tarefas de conservação rodoviária, trabalha-se em áreas onde há tráfego de veículos, máquinas em movimento, blocos de pedra e entulhos que podem cair onde existem cobras, e onde materiais quentes e perigosos são utilizados, deve-se ter em mente que há sempre a possibilidade de acidentes. Riscos e acidentes podem ser reduzidos, desde que os supervisores e os trabalhadores mantenham uma vigilância constante, para que as condições de trabalho sejam as mais seguras possíveis.

Mesmo sem considerarmos os aspectos humanos, as boas práticas de segurança constituem uma boa economia.

A vida é um ativo valioso para o homem, para sua família e para seu país.

As maiores responsabilidades dos supervisores dos trabalhos de conservação rodoviária consistem em fazer o possível para que os homens, pelos quais são responsáveis, voltem para suas casas e para suas famílias, sãos e salvos, ao fim de um dia de labuta.

a) Treinamento de pessoal

As Instruções para a adoção sistemática das práticas de segurança, inclusive a capacitação para a prestação dos principais socorros devem constituir módulos do treinamento dos operadores e dos encarregados das atividades de construção e da conservação da rodovia.

b) Oferta de oportunidade de lazer

A medida consiste na construção de quadras de esporte poliesportivas, além de outras benfeitorias que tornem mais agradável a permanência da população diretamente vinculada às obras. Pode-se pensar na construção de um miniclube recreativo, promoção de eventos esportivos, tais como jogos de futebol, pingue-pongue e sociais, tais como festas, exibição de filmes ou peças de teatro amadorísticas etc. Obviamente, a definição do tipo de medida a ser efetivamente implantada deve ser determinada especificamente em cada canteiro, em função da demanda dos trabalhadores. As opções apontadas são apenas indicações das ofertas de lazer mais usuais.

10 CONTROLE DA QUALIDADE

10 CONTROLE DA QUALIDADE

10.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo o Novo Dicionário da Língua Portuguesa, de Aurélio Buarque de Holanda Ferreira, Qualidade significa: propriedade, atributo ou condição das coisas ou pessoas, capaz de distingui-las das outras e de lhes determinar a natureza numa escala de valores. A verificação da Qualidade permite avaliar e, conseqüentemente, aprovar, aceitar ou recusar, qualquer coisa.

Por seu turno, o Controle da Qualidade é um sistema amplo e complexo, que deve ter a intervenção de todos os envolvidos num determinado empreendimento, em esforços comuns e cooperativos, tendo em vista estabelecer, melhorar e assegurar a boa qualidade do empreendimento, em níveis econômicos, para satisfazer às necessidades de melhoria da qualidade e alcançar através do desenvolvimento de ações implementadas em toda organização executiva, o aumento da eficácia e da eficiência das atividades e dos processos e proporcionando, assim, benefícios adicionais, tanto para a empresa em si, quanto para os clientes e outras partes interessadas.

Cumpra observar que a questão da qualidade, a partir da segunda metade do século XX, passou a revestir-se de um enfoque de bem maior abrangência, vindo a assumir uma conotação universal, como decorrência principalmente de demandas específicas, oriundas da incrementação acelerada do mercado internacional, mercado este envolvendo transações com produtos industrializados, cujos respectivos processos de fabricação são, frequentemente, bastante complexos e diversificados.

Neste sentido veio, então, a emergir o conceito de gestão da qualidade, com frequência associado ao tratamento do componente ambiental, e que atribui/conduz à alta direção de empresa contratada, para a execução das obras e/ou serviços, a responsabilidade direta pela Política da Qualidade e de seus objetivos.

No Brasil, o tema tem a sua normalização geral estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através das Normas NBR ISO 9000: Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário, NBR ISO 9001: Sistemas de Gestão da Qualidade, Requisitos e NBR 19011: Diretrizes para Auditoria do Sistema de Gestão da Qualidade e/ou Ambiental.

A partir da elaboração de tais Normas, editadas no ano 2000, vieram a ser instituídas pelo DNIT, para atendimento/observância, no modo rodoviário, as seguintes Normas:

DNIT 011/2004 – PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias. A referida Norma, em seus tópicos de cunho genérico, tem a sua devida aplicação estendida às demais atividades pertinentes ao modo rodoviário;

DNIT 012/2004 – PRO - Requisitos para a qualidade em projetos rodoviários;

DNIT 013/2004 – PRO – Requisitos para a qualidade em obras rodoviárias;

DNIT 014/2004 – PRO - Requisitos para a qualidade em supervisão de obras rodoviárias.

Relativamente a este elenco, cabe aqui de início, e por se tratar de tópico que guarda estreita vinculação com o objetivo deste tema, uma breve referência, em termos macro, conforme se expõe a seguir, na forma das alíneas integrantes da subseção 10.2 a seguir, sobre as atribuições específicas dos principais agentes intervenientes no processo de implementação do conceito de Gestão da Qualidade na execução das obras rodoviárias.

10.2. A GESTÃO DA QUALIDADE

A gestão da qualidade, em seu processo de implementação em obras rodoviárias, pressupõe a participação solidária de todos os agentes atuantes no processo.

Neste sentido, são devidamente definidas as atribuições pertinentes de cada integrante e observado, em linhas gerais, o que se dispõe a seguir, em termos dos seus tópicos mais significativos, a saber:

As atribuições dos participantes, a Garantia e o Controle da Qualidade, o Plano da Qualidade, a Avaliação da Qualidade, a Auditoria da Qualidade, a Efetividade da Gestão da Qualidade e outros tópicos, conforme se destaca em sequência.

10.2.1. As atribuições dos agentes participantes

a) Atribuições do executante

Os procedimentos pertinentes a este agente compreendem:

A execução do autocontrole da obra, identificando os vários processos que compõem o sistema de produção e suas interrelações;

A adoção de medidas de planejamento e de execução para dotar as obras da devida qualidade - tais medidas, envolvendo o cumprimento do elenco de exigências legais vigentes e, de mesma

maneira, das normas técnicas em vigor, inclusive do disposto no Projeto de Engenharia e documentos afins;

Elaboração e implementação de um Plano da Qualidade (PGQ) a ser aprovado pelo DNIT, antes da assinatura do respectivo contrato de obra;

Referido Plano PGQ deve discorrer e contemplar todas as práticas, recursos e sequência de atividades específicas e relativas ao Controle e Garantia da Qualidade da obra;

Elaboração e implementação do Plano de Auditoria da Qualidade Interna, para verificação quanto à eficácia do PGQ.

b) Atribuições da supervisão das obras

As atividades básicas deste componente compreendem:

O exercício do controle externo da obra, em apoio à Fiscalização e à Auditoria da Qualidade;

A verificação da efetividade da Gestão da Qualidade na execução de obras, a partir do estabelecimento e análise de parâmetros pertinentes no competente plano;

Monitoramento de todos os processos de execução, controle e garantia da qualidade, instituídos;

A elaboração de relatórios padronizados, contendo a resposta dos dados e a informação dos eventos ocorrentes.

c) Atribuições da fiscalização

Envolvem como ações principais as seguintes:

O exercício do controle externo das obras rodoviárias, quanto à sua qualidade, de forma efetiva e auxiliada pela supervisão;

A promoção, de forma contínua, da melhoria da qualidade do modelo de gestão das obras. Para tanto, deve ser procedida, de forma sistemática, a análise crítica de toda a documentação emergente do sistema, tais como: Plano da Qualidade (PGQ), relatórios em geral, registro das ações corretivas determinadas e efetivadas.

d) Atribuições da auditoria da qualidade

Devem envolver:

A realização de auditoria da qualidade, de forma planejada, em conformidade com o PGQ e documentos afins, na execução e na supervisão de obras, buscando acompanhar/assegurar a garantia de qualidade;

A elaboração dos competentes relatórios.

10.2.2. A garantia e o controle da qualidade

A garantia da qualidade compreende um conjunto de ações sistemáticas concebidas e planejadas pela empresa executante, ações estas assumidas como necessárias para conferir um nível de segurança adequado às exigências da qualidade das obras rodoviárias, dentro do objetivo de pleno atendimento aos requisitos especificados pelo DNIT.

No tocante ao controle de qualidade, este compreende um conjunto de atividades a serem desenvolvidas de forma simultânea com a execução das obras, aplicando técnicas operacionais, com a finalidade de monitorar todo o processo, em todas as suas etapas, dentro do enfoque qualitativo.

Deve, para tanto, ser exercido em materiais, equipamentos, e demais insumos e produtos finais, por meio da verificação dos requisitos especificados no controle tecnológico e de controle geométrico, nas diversas fases de obra. Devem ser assim, detectados e identificados eventuais produtos não conformes e eliminadas/sanadas as causas de desempenho insatisfatório.

10.2.3. Plano da qualidade

O Plano da Qualidade (PGQ) anteriormente reportado deve ser elaborado pela empresa responsável pela execução da obra e deve ser detalhado, contemplando todas as práticas, recursos e sequência de atividades relativas à qualidade da obra e considerando os requisitos especificados pelo DNIT.

Mais especificamente, numa condição mínima, a estrutura básica de PGQ deve contemplar as definições vinculadas ao empreendimento rodoviário e à empresa, as atribuições específicas de empresas, em termos de sua responsabilidade e recursos de gestão da qualidade.

a) O empreendimento rodoviário e os aspectos organizacionais da empresa

Este tópico deve contemplar:

Características do empreendimento;

Objetivos da qualidade da empresa;

Organograma geral da empresa em relação ao empreendimento;

Organograma geral do canteiro de obras;

Organograma detalhado, pertinente ao atendimento da qualidade, mostrando o relacionamento de subordinação dos principais responsáveis pela qualidade.

b) As atribuições específicas da empresa

O tópico deve conter:

A relação nominal dos responsáveis pela qualidade da obra ou serviço, constando os respectivos currículos;

As atribuições dos responsáveis pelo controle interno, envolvendo o controle da produção e a gerência da qualidade;

As atribuições e responsabilidades pela gestão ambiental;

As principais atribuições de responsabilidade pertinentes à higiene e à segurança do trabalho.

c) As práticas e recursos da gestão da qualidade na execução das obras

Devem ser definidos e considerados:

Os requisitos de recursos e provimento adequado, para materiais e serviços;

As diferentes frentes de serviço a serem acionadas e seus recursos;

A elaboração de modelos de quadro resumo de controle geométrico, tecnológico, estatístico e outros atributos;

A lista dos procedimentos referentes ao autocontrole da obra, bem como a apresentação dos respectivos recursos disponíveis e a serem implementados para a finalidade;

O detalhamento das medidas de autocontrole a serem adotadas para a garantia da qualidade, bem como dos respectivos recursos existentes, em termos de pessoal e equipamentos;

A documentação de registros de não-conformidades;

O estabelecimento dos critérios a serem adotados para o tratamento de não-conformidades;

O estabelecimento de critérios para o tratamento do passivo ambiental decorrente;

A elaboração de programas de higiene e segurança do trabalho.

10.2.4. A avaliação da qualidade

Compreende o autocontrole externo da obra, com ênfase para a participação do executante.

O autocontrole compreende o nível de controle mantido pela empresa executante de obra em suas diversas fases, desde o planejamento até a sua conclusão e entrega, envolvendo o controle da produção e o controle da qualidade.

Mais especificamente, o autocontrole envolve o controle da produção, sob a responsabilidade dos setores encarregados da produção nas diversas frentes de serviços e envolvem, como principais atividades, as seguintes:

- O controle da produção é o controle de responsabilidade dos setores encarregados da produção da obra e do apoio à produção nas diversas fontes de serviços e envolve, como principais atividades, o seguinte:

Verificação tátil e visual de todos os materiais;

Realização de todos os ensaios de campo previstos;

Coleta de materiais em jazidas e na pista, para ensaios de laboratório;

Treinamento dos encarregados, operadores e operários;

Preservação das funções dos equipamentos e aparelhos;

Manuseio e estocagem do material;

- O Controle da Qualidade é o controle efetuado pela equipe responsável pela qualidade da obra, devendo ser independente, hierarquicamente, dos setores de produção e ser chefiada por engenheiro, com perfil adequado à gestão da qualidade. Envolve, como principais atividades, as seguintes:

Monitoração do controle da produção;

Manutenção dos registros de aprovação de materiais e dos serviços concluídos;

Manutenção e operação de laboratório para os ensaios previstos;

Análise e arquivamento de todos os resultados de ensaios;

Controle geométrico dos dispositivos de drenagem superficial;

Orientação do tratamento de não-conformidade;

Controle do passivo ambiental;

Verificação do atendimento à segurança e higiene do trabalho;

Manutenção de todos os controles, com acesso permanente à Fiscalização;

Demonstração rotineira da qualidade da obra à Fiscalização;

- O controle externo de obra corresponde ao nível de controle mantido pela Fiscalização, com frequência, auxiliado pela supervisão contratada e pela Equipe de Auditoria de Qualidade. Este controle tem por objetivo básico verificar se foram devidamente atendidos os requisitos especificados em contrato e se as metas para a qualidade foram alcançadas.

10.2.5. Requisitos para o controle

10.2.5.1. Autocontrole

No que respeita ao autocontrole, de conformidade com o disposto na subseção 5.4.1 da Norma DNIT 011/2004-PRO, devem ser adotados, pela empresa, os seguintes procedimentos:

Análise crítica do Contrato, verificando seu entendimento e atendimento, antes, durante e após a sua operacionalização;

Controle do planejamento, estabelecendo os controles, incluindo datas de verificação e adequação de término de atividade, bem como as pendências, considerando as diferentes etapas da obra e indicando, ainda, o responsável pelo controle;

Controle de documentos e registros da qualidade, contemplando projetos, especificações de materiais e serviços, bem como documentos afins e elementos derivados do Sistema da Qualidade de obras;

Controle de projetos, envolvendo análise, interpretações, compatibilização, complementações / adequações ou substituição, quando for o caso;

Controle de aquisição dos materiais, envolvendo o estabelecimento e o acionamento de um cadastro de fornecedores pré-qualificados e devidamente capacitados;

Controle dos processos, compreendendo o planejamento e a execução e respectiva monitoração dos processos de instalação, de produção e de outros serviços conjugados, de sorte a mantê-los sob condições controladas, para que atendam à qualidade desejada;

Controle de dispositivos de medição e monitoração, definindo e desenvolvendo procedimentos documentados para controlar, calibrar e verificar os equipamentos de inspeção, de medição e de ensaios, em especial os destinados à caracterização de conformidade da obra com os requisitos especificados;

Controle da qualidade dos serviços, estabelecendo e adotando sistemática para determinação dos métodos de medição, inspeção e ensaios, além dos competentes critérios de aceitação, tolerância e características de atribuições;

Controle do produto, objetivando assegurar-se de que as obras estão sendo executadas em conformidade com os padrões estabelecidos, quando produto acabado, e atendendo às exigências legais;

Controle do produto não-conforme, estabelecendo e adotando sistemática para respectiva identificação/avaliação, bem como o tratamento pertinente a ser, então, efetivado;

Controle da preservação e da entrega, estabelecendo sistemática para efeito de definição dos métodos de recebimento e armazenamento, preservação e segregação do produto, de sorte a prevenir-se quanto à ocorrência de danos ou deterioração até a entrega final;

Controle tecnológico, envolvendo a elaboração/processamento de fichas que contenham quadros-resumo de controle tecnológico do projeto, na forma das competentes normas e especificações vigentes;

Controle estatístico, observando o que dispõe, em cada caso, o elenco normativo do DNIT;

Controle geométrico, elaborando fichas adequadas, contendo quadros-resumo dos controles correspondentes;

Controle ambiental, estabelecendo competente sistemática de acompanhamento e observando o atendimento à legislação específica.

10.2.5.2. Controle externo

No tocante ao controle externo, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

Supervisão da Qualidade, a ser exercida pela Fiscalização da obra, ou equipe contratada, verificando e determinando a efetivação da qualidade na execução do empreendimento e contemplando a verificação de insumos, produção e produto, do tratamento das não-conformidades e da análise dos dados das referidas verificações;

Auditoria da Qualidade, a ser exercida pela equipe própria de Auditoria de Qualidade, mediante a implementação de sistemática adequada, verificando se os resultados atendem aos requisitos especificados, registrando as não-conformidades e as ações corretivas implementadas.

10.2.6. A efetividade da gestão da qualidade

Para atender a tal condição, na forma do dispositivo normativo vigente, o DNIT deve adotar os seguintes procedimentos;

Analisar a conformidade do PGQ com os requisitos especificados e contratados para a execução da obra;

Determinar a realização de ações corretivas pela equipe executante da obra, responsável pelo PGQ, sempre que detectada alguma não-conformidade, a partir de tal análise;

Alocar e treinar equipe de supervisão, contratada ou não, para exercer o controle externo da obra, baseado no PGQ aprovado da gestão da qualidade efetivada, realizando, para tanto, inspeções/exames, conforme se expõe na subseção 10.2.6.1;

Proceder à determinação da efetividade da gestão da qualidade do empreendimento, com base na análise dos valores encontrados no item anterior, observando para tanto, o que se expõe na subseção 10.2.6.2;

Elaborar Relatórios Mensais, com as devidas interpretações e resultados então assumidos, relativamente ao tópico.

10.2.6.1. Plano de verificação de efetividade de gestão da qualidade (PVEGQ)

O plano deve contemplar os seguintes tópicos:

A verificação dos insumos (VI), ou seja, dos materiais recebidos para aplicação nas frentes de serviço;

A verificação de produção (VP), a ser realizada durante a execução da obra, em locais então definidos;

A verificação de produto (VPd), a ser aplicada na fase final de execução da obra, onde se evidenciar como necessária;

A verificação de convergência entre os dados monitorados e os dados não monitorados, observando, para tanto, os modelos tabulados e gráficos definidos na norma;

A verificação do tratamento das não-conformidades então encontradas.

A determinação dos três índices específicos, instituídos na forma da subseção 6.2.6 da norma;

Nota: A Norma DNIT 011/2004 – PRO, em sua subseção 6.2, fornece, em detalhes, os procedimentos a serem efetivados, para o devido atendimento.

10.2.6.2. Determinação da efetividade da gestão da qualidade do empreendimento rodoviário

Tal determinação compreende o cálculo e a análise dos seguintes parâmetros:

Da conformidade da execução da obra (realizado pelo controle interno), traduzido em forma percentual, conforme preconizado na subseção 6.3.1 da norma;

Da conformidade monitorada da obra (realizada pela Supervisão/Fiscalização/Auditoria), traduzida em forma percentual, conforme preconizado na subseção 6.3.2 da norma;

Da conformidade comparativa, expressa pela relação aritmética entre as duas conformidades enfocadas anteriormente;

Da efetividade parcial da gestão da qualidade (Ep), traduzida em forma percentual, conforme preconizado na subseção 6.3.4 da norma;

Da efetividade total da gestão de qualidade (Et), traduzida em forma percentual, conforme preconizado na subseção 6.3.5 da norma;

Da análise e interpretação de dados relacionados com as etapas anteriormente, enfocadas, em especial, os três índices reportados em 10.2.6.1 e o constante nesta subseção 10.2.6.2.

10.2.7. O desempenho da qualidade

No enfoque do desempenho da qualidade do empreendimento, o atendimento às metas estabelecidas se configura como:

Os três índices focalizados em 10.2.6.1, apresentarem valores próximos ao esperado;

Houver convergência entre os dados monitorados pela Fiscalização e os dados do Executante;

Os valores referentes à aferição do desempenho observar o disposto na seção 7 da norma.

Nota: A mencionada Norma DNIT 011/2004 – PRO contém todos os detalhes pertinentes ao tema em foco, dispendo sobre toda a conceituação pertinente, definição de índices e parâmetros e respectivos cálculos, elaboração de relatório e tópicos afins.

10.3 O CONTROLE DA EXECUÇÃO DAS OBRAS E A IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DO MODELO DE GESTÃO DA QUALIDADE

10.3.1 Considerações gerais

O controle, à luz da conceituação instituída pela gestão da qualidade, se fundamenta na observância de disposto na subseção 10.2 anterior, sendo que o competente desenvolvimento deve se revestir da devida objetividade e assumir os preceitos estabelecidos nas Especificações de Serviços do DNIT, particularmente em suas seções 4. Condições Gerais, 5. Condições Específicas, 6. Condicionantes Ambientais e 7. Inspeções.

Vale dizer que a mencionada subseção 10.2 deste Manual tem como destaque, em seu conteúdo, o seguinte:

A listagem das atribuições dos agentes intervenientes no processo, a saber, a executante, a supervisora e a Fiscalização, em seus diversos níveis;

O PGQ – Plano de Garantia da Qualidade;

Os requisitos para o Controle da Qualidade, discorrendo sobre o Controle Interno (Autocontrole), o Controle Externo e as Auditorias;

Os procedimentos concernentes às verificações/checagens, a serem assumidas.

Realçando-se que, presentemente, o tema ainda não alcançou, no DNIT, um nível de consolidação desejável, aborda-se em sequência, na forma da subseção 10.3.2, modelos alternativos para implementação, contemplando tópicos entendidos com os mais significativos.

10.3.2 Considerações específicas

10.3.2.1 Constituição do plano de garantia da qualidade (PGQ)

O PGQ deve definir e considerar o que se dispõe a seguir, sucessivamente, na forma das alíneas “a” a “e”.

a) Organização geral – responsabilidade pelas tarefas

O Plano de Garantia de Qualidade deve definir:

- A organização geral de canteiro de obras por natureza de serviços (preliminares, de terraplenagem, de obras-de-arte correntes, de drenagem, de obras-de-arte especiais, de pavimentação etc.) e levando em conta o cronograma dos trabalhos e as exigências executivas, retratando:

A sequência de produção ou de realização;

A adequação da cadeia de produção ou do equipamento de execução dos trabalhos;

A organização dos transportes;

O número de frentes de serviços;

A ordem de realização das diferentes tarefas;

A decomposição dos trabalhos em etapas.

- Os meios que devem ser colocados à disposição em pessoal, consistindo de:

Organograma dos responsáveis;

Áreas de responsabilidade.

b) Organização das cadeias de execução e armazenamento (funcionamento e ajuste)

O Plano de Garantia de Qualidade deve indicar:

A proveniência, a natureza e as características técnicas dos materiais propostos;

A descrição dos equipamentos que constituem as equipes de extração, de transporte e de aplicação, suas capacidades de produção e seus limites de utilização, em função das condições pluviométricas e levando em conta todo o tipo de interferências;

Os princípios de funcionamento do controle interno e da auditoria da qualidade interna na cadeia de produção.

c) Sistemática de execução

O Plano de Garantia de Qualidade deve definir a sistemática a ser implementada pelo Executante para cada tarefa do canteiro de obras e transmitida aos responsáveis e às suas equipes, com o

propósito de obter a garantia da qualidade. Estas regras devem ser referidas às prescrições, às precauções, às verificações e às obrigações de parada.

d) Definição de procedimentos complementares

O Plano de Garantia de Qualidade deve definir, complementarmente, os procedimentos de certificação e conformidade para os tipos de produtos para os quais tais procedimentos não tenham sido definidos anteriormente, na documentação do Contrato.

e) Plano de responsabilidade ambiental

O Plano de Garantia de Qualidade deve incluir o Plano de Responsabilidade Ambiental – PRA, referente às obras provisórias necessárias para fases específicas de construção. Para estas obras, o PRA deve incluir:

A identificação dos problemas e a aplicação do projeto ambiental aos mesmos;

Os meios para mitigar o impacto destas obras sobre o meio ambiente, considerando as normas e os instrumentos vigentes no DNIT.

10.3.2.2. Controle interno

- O controle interno, constituindo-se em uma obrigação permanente do Executante, realizado sob a autoridade do responsável pela obra, em todos os níveis da execução, devendo ser aplicado sistematicamente sobre:

Os materiais e produtos que entram na composição da obra, de maneira a assegurar a sua conformidade com o que estiver estipulado no contrato, no que se refere à proveniência e/ou procedência e à qualidade;

Os meios e os processos de execução, objetivando verificar a conformidade dos resultados intermediários que interessam à auditoria da qualidade interna e/ou controle externo.

- O Controle Interno compreende basicamente as seguintes tarefas, embora não tenha que estar limitado às mesmas:

Os ensaios de identificação da natureza dos materiais utilizados nos aterros;

Os ensaios de identificação do estado destes materiais para a condução e orientação das equipes de compactação;

Os controles de provisionamento e guarda dos produtos utilizados em obras-de-arte correntes, drenagem e obras-de-arte especiais;

O acompanhamento da velocidade da terraplenagem, visando possibilitar o controle de estabilidade de aterros;

O controle da geometria das obras;

Os ensaios de conformidade dos materiais e produtos aplicados na construção das obras-de-arte correntes e drenagem;

Os ensaios de conformidade dos materiais e produtos aplicados na execução da pavimentação;

O controle da uniformidade e da eficácia da compactação.

10.3.2.3. Auditoria da qualidade interna (AQI)

O executante, ao elaborar o seu Plano de Garantia de Qualidade, deve comprometer-se de que irá confiar este controle a um organismo independente hierarquicamente à linha de produção do mesmo (serviço independente do próprio executante ou órgão exterior ao mesmo). Os resultados deste controle devem ser objeto de conhecimentos assinados pelo responsável da AQI e transmitidos à Fiscalização.

A AQI se aplica aos serviços contratuais prestados, conforme discriminados nos quadros de quantidades (indicação das Especificações a serem seguidas), nas Especificações Gerais do DNIT e de instrumentos outros que venham a constar das operações de controle da qualidade.

As seguintes tarefas são da responsabilidade da AQI:

a) Verificação ou vigilância do controle interno

Consiste, essencialmente, da verificação da adequação dos equipamentos utilizados na execução de cada serviço, tal como é definida pelas especificações.

b) Controle de conformidades às especificações

Consiste basicamente da realização:

Do controle de conformidade e/ou conveniência dos aprovisionamentos (materiais de aterro, materiais de pavimentos, produtos para drenagem, para obras-de-arte correntes e para obras-de-arte especiais etc.);

Dos controles de recepção dos serviços (terraplenagem, pavimentos etc.);

c) Utilização e arquivamento dos resultados

O Plano de Garantia de Qualidade deve:

Detalhar as condições de utilização e arquivamento dos resultados, que devem ser explícitos e classificados numa forma tal que permitam sua verificação, a título de Controle Externo;

Propor um modelo de ficha de AQI, que deve ser completada a cada operação de acompanhamento.

10.3.2.4. Controle externo

– O controle externo consiste na realização das seguintes tarefas, essencialmente:

Que resultem na verificação do respeito ao Plano de Garantia de Qualidade;

Que permitam verificar as aceitações e os controles no decorrer da produção;

Que promovam a reunião dos documentos estabelecidos a título de Plano de Garantia de Qualidade do executante e que permitam comprovar que a qualidade requerida é obtida;

Que permitam a verificação da conformidade (controles ditos de recepção), mediante a realização de controles, frequentemente aleatórios, para comprovar os controles do executante.

– Dentre as verificações obrigatórias, o controle externo deve se processar, de modo a obter, por exemplo:

A conformidade dos modos de implementação (aplicação);

Os resultados dos controles diários de compactação;

Os resultados do acompanhamento da terraplenagem;

Os resultados dos controles e ensaios feitos pelo Controle Interno e pela Auditoria de Qualidade Interna;

O controle da geometria definitiva.

Nesse sentido, a Tabela 27 registra, à luz da Norma DNIT 108/2009 – ES, referente à execução de aterros, e relativamente aos controles dos parâmetros geotécnicos pertinentes, a frequência preconizada para a realização dos respectivos ensaios de determinação.

- Para a execução dos controles externos previstos e indispensáveis, o executante deve colocar à disposição da Fiscalização:

Os serviços objeto de controle, mesmo que isto implique em uma parada momentânea do canteiro de obras;

O pessoal e o equipamento presentes no canteiro de obras.

Os resultados obtidos a título de controle externo devem ficar à disposição do executante. Estes resultados devem ter prioridade sobre aqueles que forem fornecidos pelos Controles Interno e Auditoria da Qualidade Interna, do executante. Este, em caso de contradição, deve comprovar a confiabilidade e a responsabilidade dos seus controles.

Tabela 27 – Aterros – Ensaio e frequência da realização

ATERROS – DNIT 108/2009-ES	
ENSAIO OU DETERMINAÇÃO DE:	FREQUÊNCIA DA REALIZAÇÃO
<p>Compactação</p> <p>Método DNER-ME 129/94</p>	<p>a) Um ensaio para cada 1.000 m³ de um mesmo material do corpo do aterro.</p> <p>b) Um ensaio para cada 200 m³ de um mesmo material da camada final do aterro.</p>
<p>Massa Específica aparente “in situ”</p> <p>Método DNER-ME 92/94</p>	<p>c) Um ensaio para cada 1.000 m³ de material compactado do corpo de aterro, correspondente ao mesmo ensaio de compactação referido na alínea “a” e, no mínimo, duas determinações, por camada, por dia de trabalho.</p> <p>d) Um ensaio para cada 100 m da camada final do aterro, alternadamente, no eixo e bordas, correspondente ao ensaio de compactação referido na alínea “b” anterior.</p>
<p>Granulometria</p> <p>Método DNER-ME 80/94</p>	<p>e) Um ensaio para o corpo do aterro, para todo grupo de 10 (dez) amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “a” inicial.</p> <p>f) Um ensaio para as camadas finais do aterro, para todo grupo de 4 (quatro) amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “b” inicial.</p>
<p>Limite de Liquidez</p> <p>Método DNER-ME 122/94</p>	<p>g) Um ensaio para o corpo do aterro, para todo grupo de 10 (dez) amostras, submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “a” inicial.</p> <p>h) Um ensaio para as camadas finais do aterro, para todo grupo de 4 (quatro) amostras, submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “b” inicial.</p>

ATERROS – DNIT 108/2009-ES	
ENSAIO OU DETERMINAÇÃO DE:	FREQUÊNCIA DA REALIZAÇÃO
Limite de Plasticidade Método DNER-ME 82/94	i) Um ensaio para o corpo do aterro, para todo grupo de 10 (dez) amostras, submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “a” inicial. j) Um ensaio para as camadas finais do aterro, para todo grupo de 4 (quatro) amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “b” inicial.
Índice de Suporte Califórnia Método DNER-ME 49/94, com Energia do DNER-ME 129/94	k) Um ensaio para as camadas finais, para cada grupo de 4 (quatro) amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “b” inicial.

11 MEDIÇÕES E PAGAMENTOS

11 MEDIÇÕES E PAGAMENTOS

11.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os serviços de medição das obras de implantação têm por finalidade a apuração das grandezas dos seus diversos elementos, de modo a permitir o seu pagamento.

A medição das obras adjudicadas deve ser procedida pelo engenheiro responsável, com a participação de empresa consultora supervisora, quando for o caso e, eventualmente, com a participação de um ou mais assessores técnicos designados pelo engenheiro responsável pela Superintendência Regional do DNIT correspondente.

As medições assim realizadas devem ser revistas na sede da Superintendência, pelo setor técnico, que pode solicitar ao Engenheiro Responsável todos os elementos complementares necessários ao completo exame da medição.

11.2 ABRANGÊNCIA DAS MEDIÇÕES

As medições das obras de implantação abrangem: Serviços Preliminares, Serviços de Terraplenagem, Serviços de Obras-de-arte Correntes e de Drenagem e Serviços Complementares, observando-se o seguinte:

Os serviços preliminares compreendem: desmatamento, destocamento, limpeza, caminhos de serviço etc;

Os serviços de terraplenagem compreendem: todos os serviços relacionados com a execução propriamente dita da terraplenagem, envolvendo a execução de cortes, de aterros, de escavação de empréstimos, deposição de bota-foras, transportes e serviços afins;

Os serviços de drenagem e obras-de-arte correntes, compreendem a execução de bueiros, pontilhões, valetas, banquetas, sarjetas e demais dispositivos integrantes do sistema de drenagem da via e que devem ser, então, objeto de implantação;

Os serviços complementares abrangem os demais trabalhos, tais como: revestimento primário, vedação da faixa de domínio, dispositivo de segurança e de proteção e operação de manutenção do trânsito, inclusive transportes correlatos.

11.3 COMPOSIÇÃO DAS MEDIÇÕES

As medições compreendem duas partes distintas: as folhas de medição, com todos os detalhes de cálculo, contendo a memória de cálculo, com todos os esclarecimentos e detalhes e parâmetros considerados, apresentados de forma transparente, e o resumo, onde são indicadas as quantidades globais de cada serviço, quantidades estas extraídas das “folhas de medição”, nas quais deve ser observado o que se segue:

As medições terão sempre caráter cumulativo, isto é, devem abranger todos os serviços executados desde o início dos trabalhos, objeto do contrato em causa;

Nas folhas de medição, os trabalhos que já foram objeto de pagamento em medições anteriores e que não sofreram alteração, devem aparecer apenas com os seus valores globais;

As folhas de medição, que constituem a medição propriamente dita, devem ficar arquivadas na Superintendência Regional do DNIT, que é o responsável pelo acerto e fidedignidade dos dados apresentados.

11.4 MODELOS DE IMPRESSOS PARA ELABORAÇÃO DAS MEDIÇÕES

As medições são elaboradas nos seguintes modelos de impressos:

11.4.1 Modelo A: Medição resumo

Destinado às medições contratuais, constituindo o resumo do desenvolvimento da medição propriamente dita. Os diversos serviços, então executados e a serem objetos de medição, devem ser apresentados de conformidade com a itemização constante na planilha de quantitativos de serviços, estabelecida no projeto de engenharia, registrando o subtotal de cada item – serviço. A coluna de “Observação” deve conter todos os esclarecimentos que justifiquem os preços unitários aplicados, cumprindo observar que ordinariamente os preços unitários adotados são os definidos na licitação da obra correspondente e constante na respectiva “Planilha de Quantitativos e Custos Unitários dos Serviços”.

Se houver reajustamento, o seu valor deve ser indicado de forma explícita no resumo. Em todas as medições (parciais ou finais) deve ser verificado, na folha resumo, o cumprimento do cronograma básico, através do confronto entre o efetivamente executado em cada período e os respectivos valores consignados no cronograma físico-financeiro vigente, relativo ao mês em foco.

11.4.2 Modelo B: Classificação

Utilizado para apresentação do laudo de classificação dos materiais definidos como 1ª, 2ª e 3ª categorias. De acordo com as indicações do modelo, a classificação deve ser efetuada para cada corte ou empréstimo, independentemente, por uma comissão de três membros, adotando-se a média aritmética dos valores consignados por classificador.

Na hipótese de os horizontes de caracterização e delimitação dos materiais de 3ª categoria apresentarem-se perfeitamente definidos no maciço do corte, não deve ser efetivada a classificação, devendo o volume correspondente ser obtido pelo processo de medição convencional.

Neste sentido, deve ser considerado o que dispõe a Especificação de Serviço pertinente do DNIT.

11.4.3 Folhas de medição

As folhas de medição propriamente ditas compreendem modelos respectivos, tradicionalmente adotados pelo DNIT, envolvendo vários tópicos, entre eles, os seguintes:

- a) **Terraplenagem: Escavação** - Folha de detalhes de cálculo dos volumes escavados (cortes, empréstimos, bota-foras, caminhos de serviço, canais de derivação etc.), contendo a memória de cálculo, com o registro dos detalhes e esclarecimentos pertinentes, relativamente aos valores de todos os parâmetros interferentes.
- b) **Terraplenagem: Transporte** – Destinado ao cálculo das distâncias médias de transporte de terraplenagem.
- c) **Obras-de-arte: Serviços** – Para a eventual apresentação dos detalhes de cálculo dos quantitativos de todos os demais serviços.
- d) **Obras-de-arte: Transporte dos materiais** – Para o eventual cálculo do custo de transporte de todos os serviços, exclusive terraplenagem.
- e) **Reajustamento**: Para o cálculo do reajustamento de preços, quando previsto contratualmente.

11.5 PROCEDIMENTO PARA ELABORAÇÃO DAS MEDIÇÕES

As medições devem ser elaboradas a requerimento da firma empreiteira ou por iniciativa da própria fiscalização, devendo sempre ser obedecidas as determinações contratuais, no que diz respeito ao valor mínimo e ao prazo mínimo entre duas medições.

Os trabalhos de medição, particularmente no que se refere aos serviços de escavação, carga e transporte devem acompanhar o ritmo de execução da obra, para que não se verifique acúmulo de trabalho na época do processamento das medições, com prejuízo para ambas as partes.

Os procedimentos concernentes devem observar ao disposto no Anexo deste Manual, a se pautar nas determinações constantes nas Especificações de Serviços do DNIT e definições outras, eventualmente consideradas no Projeto de Engenharia.

11.5.1 Medições de serviços preliminares

A medição deve ser feita na área satisfatoriamente desmatada, destocada e limpa. Deve-se medir essa área, em m², na projeção horizontal do corpo estradal, isto é, na superfície delimitada pelas poligonais das estacas de amarração (off-sets) com os acréscimos laterais previstos e/ou pelas operações executadas em empréstimos marginais e caminhos de serviços, sempre observando o disposto nas Especificações de Serviço.

No destocamento de árvores de diâmetro superior a 15 cm, devem ser consideradas as unidades destocadas, devidamente agrupadas em duas faixas, a saber:

$0,15 \text{ m} < \varnothing \leq 0,30 \text{ m}$ e

$\varnothing > 0,30 \text{ m}$, devendo o diâmetro \varnothing das árvores ser medido a 1,00 m de altura do solo.

A escavação dos caminhos de serviço deve ser calculada pelo processo da média das áreas, descrito na subseção 11.5.2 a seguir. Não devem ser objetos de medição específica os segmentos dos caminhos de serviço situados no interior da faixa delimitadora da linha de off-set, devendo ser observado, no caso, o que dispõe a Especificação de Serviço, do DNIT.

11.5.2 Medição de serviços de terraplenagem

A construção de aterros e cortes chama-se serviço de terraplenagem, ou “movimento de terras”, pois se trata de transportar as terras escavadas dos cortes e dos empréstimos para aproveitá-las na construção dos aterros, ou removê-las para fora da estrada.

A medição de um serviço de terraplenagem compreende: medição de cortes ao longo da diretriz, medição de empréstimos, medição de aterros, medição de bota-foras e medição de transportes.

Nota: O processo de medição de cortes ao longo da diretriz aplica-se também aos empréstimos, porém, dependendo da configuração dos empréstimos, é usual o emprego de processos próprios para cada uso - conforme exposto mais adiante.

a) Medições de cortes ao longo da diretriz

A determinação do volume dos cortes ao longo da diretriz deve ser feita pelo método da “média das áreas”, que consiste em supor o corte dividido em vários elementos parciais V_1, V_2, \dots, V_n , de forma geométrica definida, de modo a permitir o cálculo de seus volumes por meio de fórmulas simples.

O volume total do corte deve ser, naturalmente:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i$$

Os elementos de volume V_i devem ser limitados pela superfície natural do terreno, configurado após as operações de desmatamento, destocamento e limpeza, pela superfície final assumida pela plataforma e taludes e por duas seções transversais normais ao eixo da rodovia.

Portanto, para a obtenção do volume V do corte, torna-se necessária a determinação das áreas das seções transversais que limitam o elemento e a cubação do elemento.

Determinação das áreas das seções transversais que limitam o elemento

Esta determinação inicia-se depois de feita a locação e o nivelamento do eixo da rodovia, sendo em cada estaca levantada, a régua ou a nível, a seção transversal para fixação da superfície natural do terreno, após a execução da operação de desmatamento, destocamento e limpeza.

Desenhadas as seções transversais em cada estaca, deve-se proceder à marcação em cada uma, da cota do projeto do eixo, para desenho do gabarito de corte ou aterro, conforme o caso. Os gabaritos de aterro deve ser também desenhados, com a finalidade de serem conhecidos os seus volumes, para efeito da distribuição de terras.

Assim é que, antes do início do trabalho de terraplenagem propriamente dita, a Fiscalização deve possuir a Nota de Serviço de terraplenagem focalizada em seção e subseção específicas deste Manual, a qual apresenta a seção transversal em cada estaca da locação, contendo a seção natural do terreno, o gabarito da plataforma e a posição das estacas de amarração (off-sets), distanciadas cerca de 2 m da crista dos cortes ou dos pés dos aterros.

A abertura do corte deve ser acompanhada pela Fiscalização, para que a mesma providencie, sempre que necessário, o levantamento de novas seções transversais, com o objetivo de caracterizar o aparecimento de material de 3ª categoria. Estas seções devem ser desenhadas sobre a seção de projeto, com as anotações necessárias à perfeita delimitação de cada tipo de material escavado. Os cortes que apresentarem mistura de 3ª categoria com as demais categorias com limites pouco definidos, devem merecer atenção especial da Fiscalização, de maneira a permitir uma avaliação justa do volume de 3ª categoria no interperfil, de conformidade com o definido na Especificação de Serviço correspondente.

Nas medições de cortes não acabados, o levantamento das seções transversais pode ser feito com base nas estacas de amarração (off-sets), não sendo necessário o restabelecimento do eixo. Deve, outrossim, ser considerada a seção transversal levantada após as operações de desmatamento, destocamento e limpeza.

Para medição de cortes concluídos, devem ser restabelecidos os PC e os PT ou os TS e ST, amarrados anteriormente aos PS, relocado e nivelado o eixo, e levantadas, obrigatoriamente, todas as seções transversais.

O levantamento das seções transversais deve ser feito a trena, tomando-se todas as medidas que forem necessárias à reprodução das seções transversais assimiladas a polígonos. Estas medidas devem ser tomadas, admitindo a decomposição da área de cada seção transversal do corte em triângulos, que ficarão determinados pela medida dos seus lados, ou se um dos ângulos for conhecido (taludes verticais), pela medida dos seus lados adjacentes. O engenheiro que executar os serviços de medição deve ter em mente que a figura geométrica representativa da seção transversal, a cuja

medida procede, deve ficar plenamente determinada pelas dimensões por ele colhidas no terreno. Deve-se ter o cuidado de considerar no levantamento das seções somente a parte realmente escavada, evitando, assim, que os depósitos de materiais acumulados nas cristas dos taludes venham a aumentar a área da seção respectiva, ou que os acumulados dentro do corte, em especial, o decorrente das operações de desmatamento, destocamento e limpeza, venham diminuí-la, cumprindo ao empreiteiro fazer a limpeza dos cortes para as medições neste último caso.

Sempre que os taludes não constituírem uma superfície desempenada, por defeito de escavação, o engenheiro encarregado deve fazer a devida correção no levantamento da seção, considerando a área limitada pelas tangentes à seção curvilínea dos taludes.

O registro das medidas tomadas no campo deve ser feito com o máximo cuidado e clareza em caderneta especialmente organizada para tal fim. É imprescindível para cada seção o esboço da figura geométrica da mesma, com todas as dimensões tomadas, indicadas com clareza. Com esta providência, o próprio engenheiro encarregado dos serviços de medição verificará, no campo, se as figuras geométricas representativas das seções escavadas ficaram suficientemente determinadas pelas medidas por ele tomadas, conforme Figuras 106 e 107, a seguir.

Figura 106 – 1º caso: Eixo não relocado

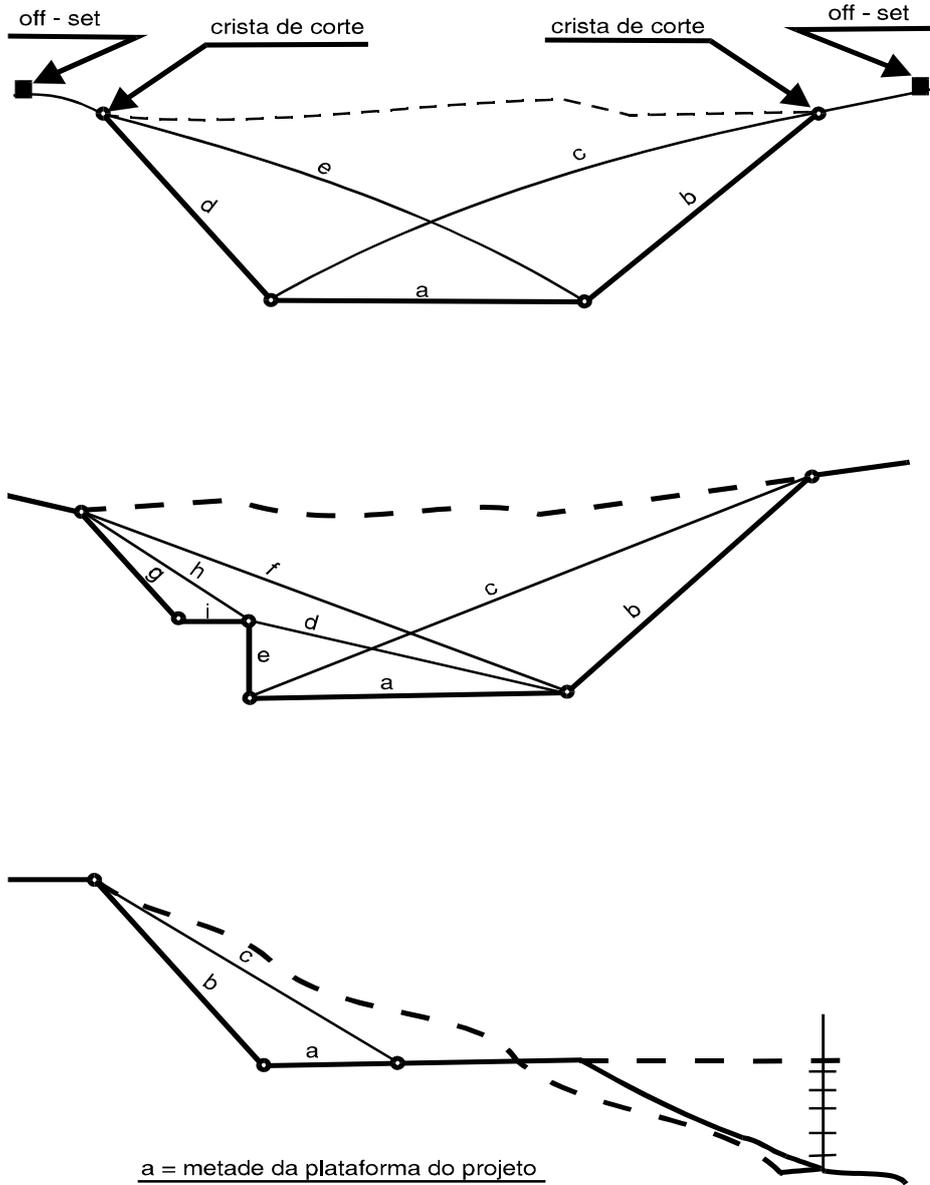
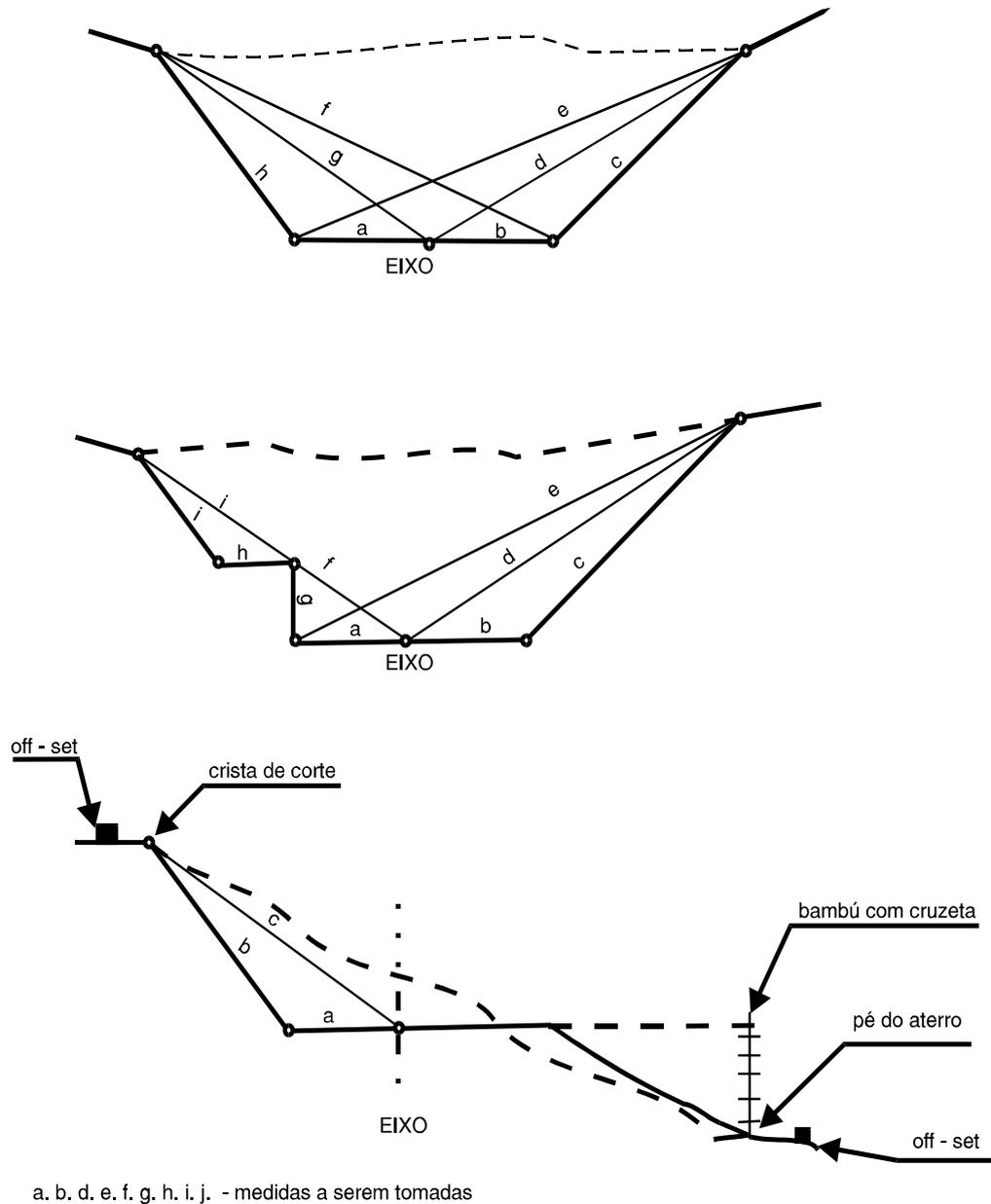


Figura 107 – 2º caso: Eixo relocado



Colhidos estes elementos no campo e utilizado o nivelamento do eixo, devem ser os mesmos transpostos para as seções transversais já desenhadas por ocasião da locação e, com a superposição das seções, calcula-se a área correspondente à parte escavada. Esta área pode ser calculada por decomposição em figuras geométricas (triângulos e trapézios) ou, de preferência, por integração gráfica (planímetro), devendo cada seção ser planimetrada no mínimo duas vezes, para controle dos resultados obtidos.

A escavação do material que ficar fora da seção transversal do projeto, respeitadas as tolerâncias, deve correr por conta do empreiteiro, salvo se se tratar de escavações adicionais inevitáveis em rochas e autorizadas pela Fiscalização. Todos os desmoronamentos fora dos taludes regulares, devidos a defeitos de execução, devem ser retirados pelo empreiteiro à sua conta.

Cubação dos elementos

A partir das áreas das diversas seções transversais ao longo do corte, devem ser calculados os volumes entre as seções consecutivas. Considere-se, em primeiro lugar, o caso de um trecho totalmente em corte, isto é, em que não haja seção mista.

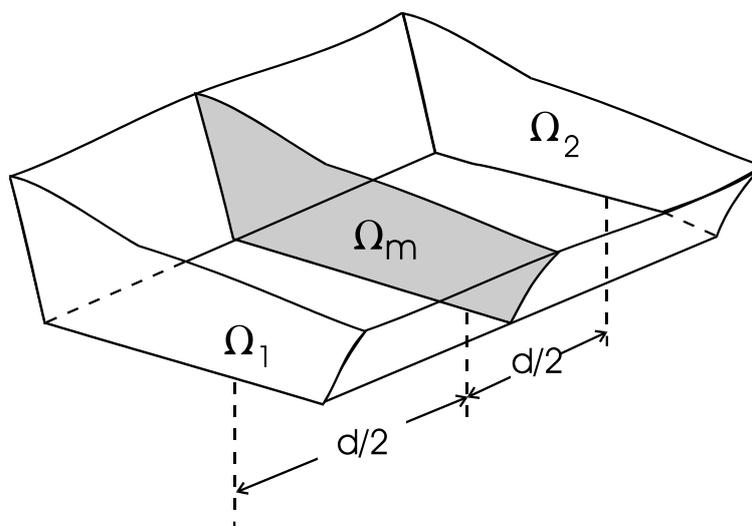
O interperfil assemelha-se, com grande aproximação, a um prismóide, sólido limitado por duas seções planas e paralelas, de forma qualquer, chamadas bases, e por uma superfície regular, gerada por uma reta que se apoia em ambas. Na realidade, nos cortes só raramente ocorre este sólido ideal, isto porque a superfície do terreno não é uma superfície regular, o mesmo acontecendo com os taludes e com a plataforma. Entretanto, como dissemos, todos os casos que ocorrem na prática podem referir-se a ele, com grande aproximação.

O volume do prismóide é dado pela fórmula:

$$v = \frac{d}{6} (\Omega_1 + \Omega_2 + 4 \Omega_m)$$

Na fórmula, d é a distância entre as bases ou altura do prismóide, Ω_1 , Ω_2 e Ω_m as áreas das bases e da seção média.

A fórmula anterior não é de aplicação prática, pois exige o conhecimento da seção média Ω_m , conforme ilustrado na Figura 108, a seguir:

Figura 108 – Volume entre seções em corte

Para simplificação, admitimos que as geratrizes do prismóide sejam paralelas a um plano diretor; neste caso, a seção média coincide com a média das seções extremas, isto é:

$$\Omega_m = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2}$$

Substituindo este valor na expressão do volume, obtemos:

$$v = \frac{d}{6} (\Omega_1 + \Omega_2 + 2 \Omega_1 + 2 \Omega_2) = (\Omega_1 + \Omega_2) \times \frac{d}{2}$$

Expressão simples, de aplicação bastante prática e conhecida como fórmula da Média das Áreas.

O erro cometido aplicando-se esta fórmula, em lugar do prismóide, pode ser positivo ou negativo, dependendo da grandeza da seção média em relação à média das seções extremas, havendo, portanto, no resultado geral, certa compensação.

Seja agora o caso em que ocorrem seções mistas, isto é, nas vizinhanças da linha de passagem. Se esta for aproximadamente normal ao eixo, isto é, se a topografia acusar acidentação apenas no sentido longitudinal, deve se identificar no terreno, por ocasião da medição, a linha de passagem referida ao eixo, e então o volume compreendido entre a última estaca do corte e a L.P. ou aresta de cunha A.C. deve ser:

$$v = \Omega_1 \times \frac{d}{2}$$

conforme mostrado na Figura 109, a seguir.

Figura 109 – Expressão da fórmula da média das áreas

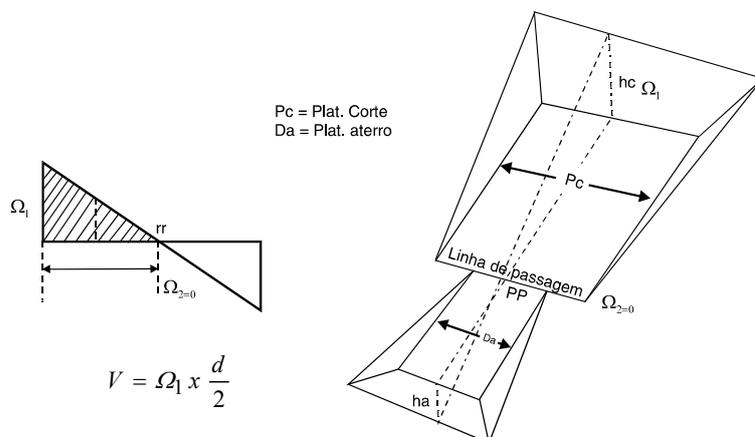
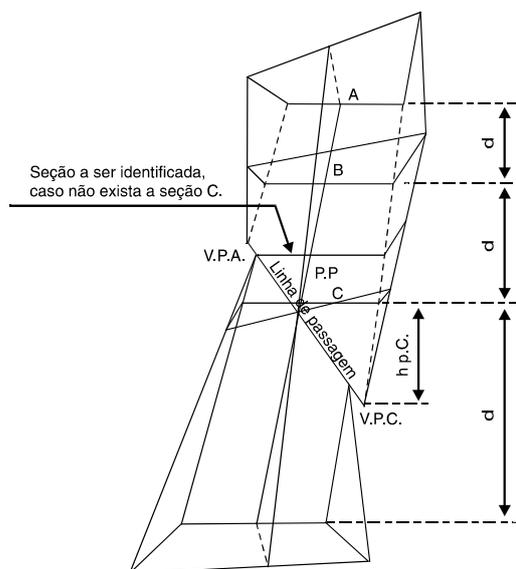


Figura 110 – Linha de passagem inclinada em relação ao eixo



O caso mais frequente, entretanto, é aquele em que a linha de passagem é inclinada em relação ao eixo da rodovia, conforme Figura 110.

Nesta situação, o volume do tetraedro de corte, que limita o corte e cujo vértice é denominado vértice da pirâmide de corte (VPC), deve ser calculado pela fórmula:

$$v = \Omega_1 \times \frac{h_{pc}}{3}$$

Sendo Ω_1 a área de corte da seção mista C e h_{pc} a altura da pirâmide de corte, ou seja, a distância entre VPC identificado no campo, por ocasião da medição, e a seção mista mais próxima. Se não

houver nenhuma seção levantada entre VPC e VPA, tem-se, para apurar o volume do tetraedro, de identificar por seus elementos geométricos no terreno, a seção triangular escavada no VPA.

Como observação final, veremos a influência das curvas no cálculo do volume.

De acordo com o teorema de Pappus, o volume gerado por uma superfície Ω , que desloca o seu centro de gravidade de um comprimento infinitesimal dl , na direção que forma um ângulo φ com o normal da superfície é:

$$dv = \Omega dl \cos \varphi$$

No caso da curva descrita ser circular, o volume gerado é:

$$dv = \Omega dl$$

$$v = \Omega l$$

Como na prática, a seção Ω não é constante, pode-se, para aplicar a fórmula, substituir as seções extremas Ω_1 e Ω_2 por uma seção média:

$$\Omega_m = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2}$$

E a fórmula do volume deve ser:

$$V = (v_1 + v_2) \times \frac{l}{2}$$

Sendo l o comprimento descrito pelo centro de gravidade.

Chamando-se de:

R - o raio da curva:

a - a distância do eixo da rodovia ao centro de gravidade da seção média e

d - a distância entre as duas seções extremas, teremos:

$$l = (R \pm a) \alpha$$

Quando o raio da curva é grande, a distância entre as seções é pequena e o terreno não é excessivamente acidentado, as distâncias a_1 e a_2 são pequenas em relação a R, e o segundo termo da expressão pode ser desprezado, obtendo-se:

$$l = d$$

Conclui-se, portanto, que a fórmula da média das áreas continua válida no caso de curvas, desde que se reduza o espaçamento entre as seções, quando a curvatura for grande.

Nos empréstimos realizados com alargamentos unilaterais de cortes, situados em curva, aconselha-se pesquisar o valor de l , para correção da distância entre as seções, posto que o erro cometido pode ser apreciável.

Soma dos volumes dos vários elementos consecutivos

A cubação dos elementos e a soma dos volumes são feitas em modelo específico, terraplenagem-escavação, que contém: as estacas, as áreas de solo (1ª e 2ª categoria) e rocha (3ª categoria), a soma das áreas, as semidistâncias, os volumes de solo e rocha e as observações. Estas devem conter as estacas das arestas de cunha (AC) ou vértices de pirâmides de cortes (VPC), os cálculos das semidistâncias, quando não forem medidas pelo eixo (caso de curvas de raio pequeno ou de alargamentos em cortes em curva para empréstimos), as distâncias de transportes e tudo mais que se fizer necessário.

Nota: O anexo B deste Manual, em sua subseção B.3.2, enfoca o processo pertinente à inferência da determinação do volume escavado (em corte e em empréstimo), com base na utilização do fator F_h , abordado na alínea “e” da subseção 4.7.2.1.

b) Medição de empréstimos

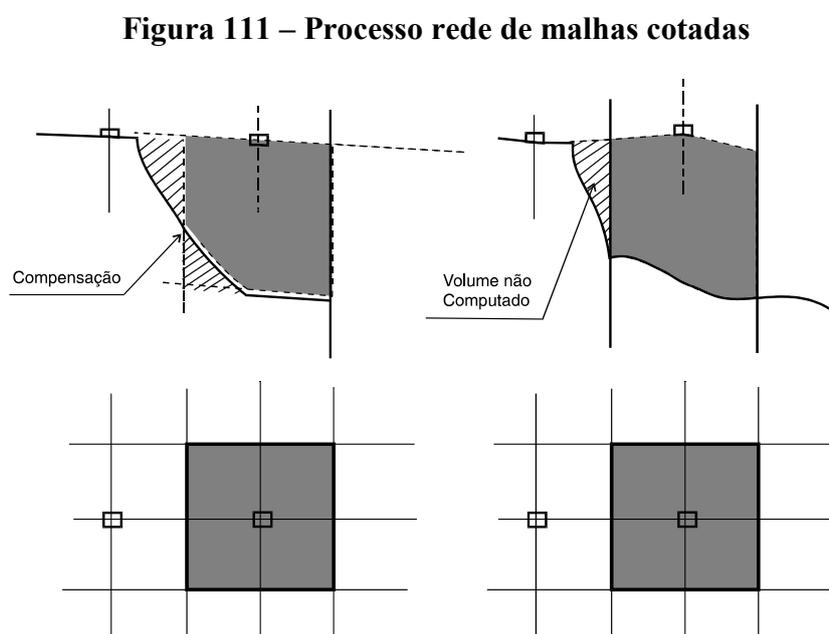
Os empréstimos podem ser medidos por dois processos: o da média da área descrito anteriormente, ou o da rede de malhas cotadas.

O primeiro processo aplica-se geralmente aos empréstimos executados no próprio corpo estradal, isto é, os resultados de alargamentos de cortes. Neste caso, as seções do terreno natural devem ser levantadas abrangendo, também, a área do empréstimo ou, se este não tiver sido previsto por ocasião da locação, as seções devem ser prolongadas antes do início do trabalho das máquinas.

Quando o empréstimo for localizado fora do corpo estradal, pode-se usar o mesmo processo, isto é, providenciando-se, previamente, a locação de uma linha-base longitudinal, situada de preferência no centro da área, e levantando-se seções transversais, a régua, para cada lado. Entretanto, quando o empréstimo ocupa grande área, com alturas de corte relativamente pequenas, o método do levantamento de seções transversais a régua não apresenta precisão suficiente, pois os erros inerentes ao processo se acumulam, resultando em apreciações finais imprecisas. Deve-se recorrer, então, ao processo da rede de malhas cotadas, que consiste em dividir o volume total numa série de sólidos parciais, de base quadrada ou retangular, de 10 a 20 m de lado, cujo volume é de fácil determinação.

Especial cuidado deve ser tomado nas vizinhanças dos taludes dos empréstimos quando se utiliza o processo da “rede de malhas cotadas”. Se o serviço for executado por máquinas do tipo trator com scraper ou moto-scraper, os taludes se apresentarão bastante suaves e o processo descrito continua válido. Entretanto, sendo o serviço executado por máquinas tipo escavadeira, surgem taludes a prumo, que podem conduzir a erros na cubação.

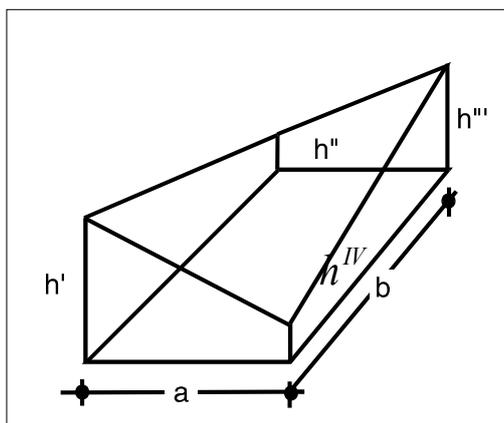
Conforme é ilustrado na Figura 111, há casos em que a projeção horizontal da linha do talude fica entre dois nodos, e neste caso o processo continuará válido; porém, em certas situações esta linha pode ficar próxima de um dos nodos, e então deve ser computado volume não escavado ou vice-versa.



Nestes casos, a solução deve ser recorrer a processo gráfico, para determinar o volume dos sólidos nas proximidades do talude. Para isso, devem ser identificadas no campo, pelas suas três coordenadas, o pé e a crista do talude em cada situação.

Seja o sólido representado na Figura 112, de base retangular, de dimensões a e b.

Figura 112 – Sólido de base retangular



Este sólido é um caso particular do prismóide e o seu volume é dado pela fórmula:

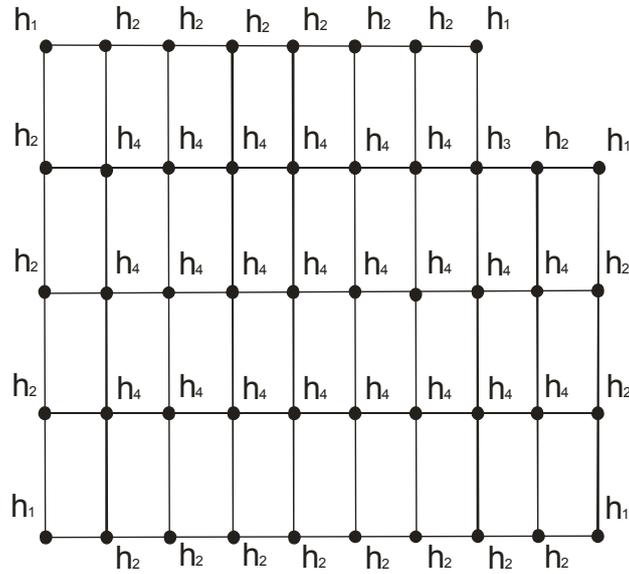
$$v = \frac{a \times b}{4} (h' + h'' + h''' + h''')$$

Dividida a área a ser atingida pelo empréstimo em malha retangular $a \times b$ e nivelados os vértices antes e depois de terminado o serviço, o volume total deve ser dado por:

$$v = \frac{a \times b}{4} (\sum h_1 + 2 \sum h_2 + 3 \sum h_3 + 4 \sum h_4)$$

Sendo $\sum h_4$ a soma das diferenças de cotas dos nodos ou vértices comuns a quatro sólidos, $\sum h_3$ a soma das diferenças de cotas de nodos comuns a três sólidos, e assim sucessivamente (Figura 113).

Figura 113 – Configuração das áreas x redes



Para simplificar o cálculo do volume podemos, sem grande prejuízo da precisão, admitir uma altura média h , tal que:

$$h = \frac{h' + h'' + h''' + h''''}{4}$$

Substituindo, teremos:

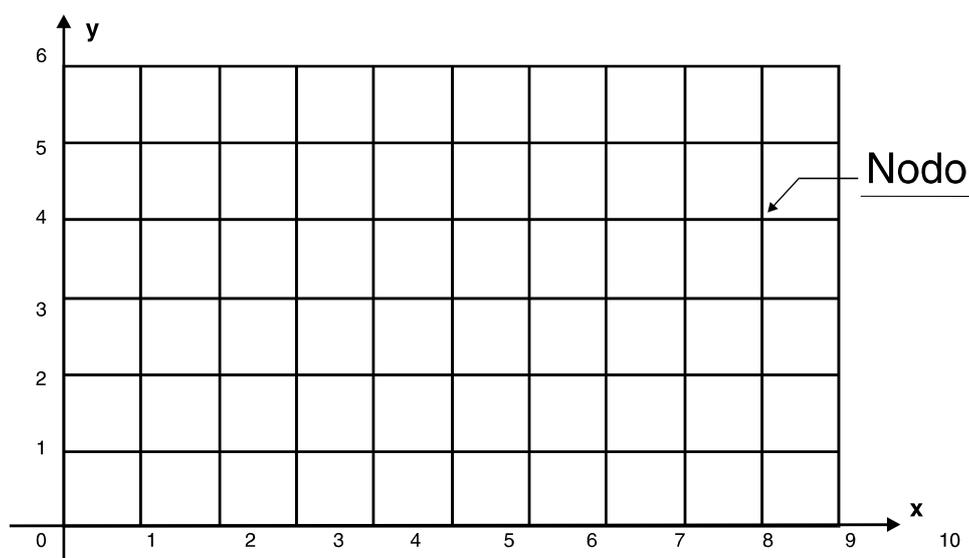
$$v = \frac{a \times b}{4} \times 4 h = a \times b \times h$$

O volume total deve ser, admitindo-se “a” e “b” constantes,

$$v = a \times b \times \sum h$$

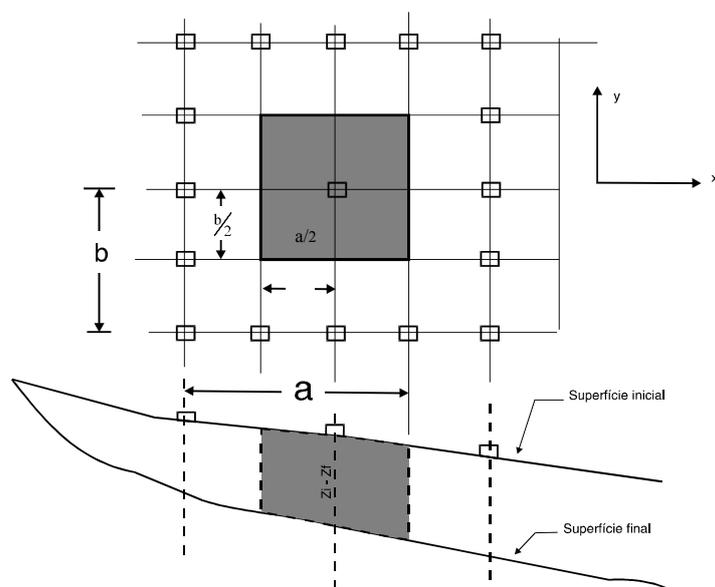
A delimitação no terreno da área do empréstimo deve ser feita por meio de uma ou mais linhas de referência, com a conformação em L ou U. Esta última é particularmente interessante, pelo fato de salientar visualmente, aos encarregados das operações de terraplenagem, os limites da área a ser escavada. Marcadas as referências, procede-se à locação de uma rede ortogonal, de maneira a dividir a área em retângulos ou quadrados de dimensões constantes. As estacas das linhas de referência e os nodos devem ser então nivelados, a partir da cota arbitrária de uma referência de nível (RN), que servirá de base a todos os nivelamentos posteriores. (Figura 114).

Figura 114 – Delimitação no terreno da área de empréstimo



O empréstimo fica, assim, dividido em vários prismas de seção reta retangular, conforme malha adotada, justapostos pelas faces laterais e cujas faces, superior e inferior, devem ser planos tangentes à superfície do terreno, passando em cada nodo, conforme ilustra a Figura 115. Deve ser considerada a conformação do terreno in natura e a conformação após as operações de desmatamento, destocamento e limpeza.

Figura 115 – Divisão do empréstimo em prismas retangulares



O volume de cada um desses prismas deve ser representado pelo produto da área da malha pela diferença de cota do nodo.

A cubação do volume total é determinada pelo somatório:

$$v = \sum abh = a \times b \sum (z_i - z_f)$$

Sendo Z_i e Z_f , respectivamente, a cota inicial e a cota final de cada nodo.

A pesquisa do centro de gravidade do empréstimo pode ser feita analiticamente. Na maioria dos casos, entretanto, este cálculo pode ser dispensado, sendo o centro de gravidade marcado a sentimento.

Nota: O anexo B deste Manual, em sua subseção B.3.2, enfoca o processo pertinente à inferência da determinação do volume escavado (em corte e em empréstimo), com base na utilização do fator F_h , abordado na alínea “e” da subseção 4.7.2.1.

c) Medição de aterros

O volume de aterro, para efeito de pagamento da operação de compactação, deve ser medido na pista, após compactação e conforme a seção de projeto. Nestas condições, a medição não deve ser feita diretamente.

Para efeito de análise, deve ser verificada a correspondência entre tal volume de aterro compactado e o volume de material escavado, através da seguinte fórmula:

$$V_a = V_c + V_e - V_d$$

Sendo:

V_a = volume total de aterro compactado;

V_c = volume total dos cortes ao longo da diretriz (em materiais de 1ª e 2ª categoria);

V_e = volume total dos empréstimos;

V_d = volume total dos bota-foras.

Se for utilizada rocha proveniente dos cortes na construção dos aterros, o volume de aterro de solos a ser compactado é:

$$V_a = (V_c + V_e) - (V_d + V_{ar})$$

Onde, V_{ar} é o volume de aterro construído com rocha extraída de corte, e os demais símbolos têm a mesma significação vista anteriormente. O volume V_{ar} deve ser medido diretamente no aterro, pelo processo da "média das áreas".

d) Medição de bota-foras

No volume de bota-fora só devem ser incluídos os volumes de solo realmente não aproveitados na implantação da plataforma. Os volumes excedentes aplicados nos alargamentos e nas bermas de equilíbrio dos aterros e, portanto, sujeitos à compactação, devem ser considerados como parte integrante dos aterros. O volume de bota-foras deve ser medido compactado, (de conformidade com a energia de compactação estabelecida), no próprio local do depósito, devendo-se providenciar com antecedência o levantamento de seções transversais na área a ser atingida.

Os procedimentos e respectivos parâmetros de compactação de aterros e de bota-foras, inclusive com a utilização de rocha, devem estar definidos no Projeto de Engenharia.

Nota: Deve ser procedida, sistematicamente, a checagem entre os volumes “escavados” e os “volumes compactados” de aterros e de bota-foras, considerando as seções de aterros definidas no Projeto de Engenharia, as considerações acima expostas e mediante a devida aplicação dos fatores de conversão, levando em conta inclusive os volumes dos materiais de 2ª e de 3ª categorias.

Nota: O anexo B deste Manual, em sua subseção B.3.2, enfoca o processo pertinente à inferência da determinação do volume escavado (em corte e em empréstimo), com base na utilização do fator F_h , abordado na alínea “e” da subseção 4.7.2.1.

e) Medição de transporte

A distribuição de terras deve ser orientada no sentido da pesquisa da solução teoricamente mais econômica, sob o ponto de vista de transporte, levando-se em consideração também o aproveitamento racional dos materiais provenientes dos cortes. Para isso, a Fiscalização deve fornecer à empreiteira, juntamente com a "nota de serviço", uma cópia do perfil de locomoção, contendo o diagrama de

massas e sua distribuição pelo método de Brückner, observada a sua segmentação, conforme exposto no Anexo deste Manual.

A determinação das distâncias de transporte de cada compensação longitudinal deve ser feita no perfil de locação, entre os centros de gravidade de extração e depósito, localizados em decorrência da observação do trabalho no campo, e com subsídios fornecidos pelo Brückner.

As distâncias de transporte dos empréstimos e bota-foras devem ser, também, consideradas de centro de gravidade de extração a centro de gravidade de depósito e medidas no campo.

A distância média de transporte de cada tipo de material escavado (1ª, 2ª ou 3ª categoria), em determinado trecho, deve ser resultante da aplicação da seguinte fórmula:

$$x = \frac{\sum V_i x_i}{\sum V_i}$$

Onde V_i e x_i são o volume e a distância de transporte respectiva, de cada categoria no corte ou empréstimo. O cálculo deve ser feito em modelo específico.

Nota: Observar que a formulação em foco tende a onerar o custo do serviço na medida em que a equação de custo pertinente é, sensivelmente, proporcional à raiz quadrada da distância de transporte.

11.5.3 Medição dos serviços de obras-de-arte correntes

A medição da obra-de-arte corrente deve ser iniciada logo após a conclusão da cava de fundação, para determinação do volume de escavação e da classificação do material. Quando a cava de fundação for executada conforme o projeto constante da nota de serviço, pode ser dispensada a medição direta da escavação no campo. A escavação da cava de fundação, bem como o preenchimento e a compactação após a colocação da obra-de-arte corrente, deve ser medida e objeto de pagamento, conforme definido na Especificação de Serviço correspondente e/ou no Projeto de Engenharia.

Todos os elementos colhidos no campo devem constar sempre de caderneta especial, reservada para tal fim. No caso de bueiros tubulares, o comprimento da obra deve ser medido realmente, e não apenas contando o número de tubos empregados.

Os demais elementos constituintes da obra (calçada, berço, gigante, muros, alas etc.) não devem ser medidos diretamente, sendo os volumes respectivos retirados do próprio projeto. Cabe apenas constatar se o projeto foi executado.

Na caderneta de medição, devem ser anotadas as distâncias de transportes dos materiais (cimento, areia, brita, pedra, tubos etc.) empregados nos diversos serviços e observada a utilização de agregado, quando proveniente de rocha, cuja extração já tenha sido paga na terraplenagem.

A medição dos canais de derivação (corta-rios) deve ser feita pelo processo da média das áreas descrito anteriormente, devendo, para isto, ser levantadas as seções transversais convenientemente espaçadas, antes e depois de concluído o trabalho de escavação.

Os procedimentos pertinentes à elaboração das medições destes serviços devem ser objeto de detalhamento no Projeto de Engenharia e nas Especificações de Serviço.

11.5.4 Medição de serviços complementares

Estes serviços, compreendendo, de uma forma ordinária, a execução de cercas de vedação da faixa de domínio, de sinalização rodoviária, a construção de defensas e de revestimento primário, têm seus respectivos procedimentos para medição e pagamento definidos nas competentes Especificações de Serviço vigentes no DNIT e, complementarmente, no Projeto de Engenharia.

12. DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE EXECUÇÃO DE SERVIÇO DE IMPLANTAÇÃO

12 DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE EXECUÇÃO DE SERVIÇO DE IMPLANTAÇÃO

12.1 ESTUDOS PRELIMINARES

Nesta etapa devem ser detectados problemas específicos que envolvam a execução dos serviços e que se refletirão na estrutura dos custos a serem compostos. Devem ser então elaboradas listagens de equipamentos, materiais e mão-de-obra, que devem ser utilizados na composição dos custos unitários dos serviços, bem como constituídas as equipes para os serviços mecanizados.

Para tanto, deve ser consultado o Projeto de Engenharia, que, em capítulos específicos, abordam tópicos de interesse, a saber:

Plano de ataque ou plano de execução das obras;

Cronograma de utilização de equipamentos;

Dimensionamento e lay-out do canteiro de obras e das instalações industriais;

Cronograma físico-financeiro;

Quantitativos dos diferentes serviços a executar e respectivas especificações.

12.2 PESQUISA DE MERCADO

A partir das listagens mencionadas na subseção anterior é então procedida a pesquisa, recorrendo-se aos registros disponíveis no SICRO.

Neste sentido, cumpre observar que o SICRO tem devidamente implementado o sistema de pesquisa de mercado, o qual dispõe sobre o seguinte:

Tópicos relacionados com o tamanho da amostra para avaliação/definição de preços de materiais e de equipamentos, pesquisas de custos de mão-de-obra por categoria profissional com os preços em nível estadual e em nível de região, bem como pesquisa e cadastramento de novos materiais e equipamentos;

Tópicos relacionados com a pesquisa propriamente dita, a saber: a periodicidade e os ciclos das pesquisas; a preparação dos questionários; a transcrição e análise dos dados; bem como a seleção dos preços de referência a serem utilizados.

12.3 OS COMPONENTES DO CUSTO E O PREÇO TOTAL

Em consonância com o modelo estabelecido no SICRO, a formulação geral dos custos se retrata nas seguintes expressões:

$$CD = Cd + (H + I)$$

$$PV = CD + (A+B+ D+E+F+G)$$

Onde os símbolos têm o seguinte significado:

PV: Preço de venda

CD: Custo direto total

Cd: Custo direto dos serviços

A: PIS

B: COFINS

D: ISS

E: Administração central e local

F: Custos financeiros

G: Margem

H: Canteiro e acampamento

I: Mobilização e desmobilização

Em referência a cada um destes componentes de custo, cumpre registrar o seguinte:

- a) **Custo direto dos serviços** – Representa a soma dos custos dos insumos (equipamentos, materiais e mão-de-obra, inclusive transportes) necessários à realização dos serviços de todos os itens da planilha;
- b) **Custo direto total** – Compreende a soma do custo direto dos serviços com os custos da instalação de canteiro e acampamento e das despesas de mobilização e desmobilização, a seguir abordados;
- c) **Canteiro e acampamento** – Denomina-se de canteiro e acampamento o conjunto de instalações destinadas a apoiar as atividades de construção. Compreende número expressivo de elementos, com características bastante diferenciadas que, embora não se incorporem fisicamente ao empreendimento, representam parcela significativa do custo de investimento e, como tal, devem ser criteriosamente orçados.

Não existem padrões fixos para esses tipos de instalações. Elas são funções do porte e das peculiaridades do empreendimento, das circunstâncias locais em que ocorrerá a construção e das alternativas tecnológicas e estratégicas para sua realização;

- d) Mobilização e desmobilização** - A mobilização e desmobilização são constituídas pelo conjunto de providências e operações que o executor dos serviços tem que efetivar, a fim de levar seus recursos, em pessoal e equipamento, até o local da obra e, inversamente, para fazê-los retornar ao seu ponto de origem, ao término dos trabalhos. No momento em que se necessita desses valores para incluí-los no orçamento, uma série de parâmetros relativos às circunstâncias reais em que se darão a mobilização e a desmobilização são ainda desconhecidas, pois dependem de particularidades inerentes à empresa que vier a se encarregar dos serviços. Esse obstáculo só pode ser contornado através da admissão de algumas hipóteses que supram a deficiência apontada.

Sendo a mobilização e a desmobilização, essencialmente, operações de transportes, a principal fonte de incerteza, para cálculo de seus custos, é o desconhecimento dos pontos de origem (mobilização) e destino (desmobilização), a partir dos quais elas se darão e, conseqüentemente, dos meios de transporte e das rotas disponíveis para executá-las.

Em condições reais, uma empresa contratada mobiliza seu pessoal a partir de sua sede ou escritórios regionais, desloca-o de outra obra e admite algumas categorias profissionais no próprio local da obra. O equipamento também pode ter diversas origens, tais como pátios e oficinas da empresa, outras obras que a empresa tenha realizado ou que esteja realizando, ou pátios de fabricantes/representantes, quando se tratar de equipamento novo, adquirido especialmente para determinada obra.

Por outro lado, ao liberar o equipamento de uma obra, o executor busca sempre deslocá-lo diretamente para outra, se possível, na própria região. É mesmo usual que as empresas constituam pátios de equipamentos em locais próximos às obras concluídas, a fim de guardar o equipamento, durante algum tempo, antes de sua remobilização para uma nova obra. Assim sendo, para efeito de orçamento, pode-se considerar que a desmobilização de equipamento é, na realidade, a mobilização de uma nova obra e, como tal, seus custos não devem ser imputados à primeira, sob pena de dupla contagem.

Resolvido o problema da origem e destino, cabe atentar para os aspectos da operação de mobilização propriamente dita, que apresenta peculiaridades, quando se trata de deslocar pessoal ou equipamento. Examinam-se, a seguir, cada um desses aspectos, individualmente;

- e) **Estimativa da força de trabalho a ser deslocada** – A partir do quadro de quantitativos de serviços e do respectivo cronograma de execução, fornecidos pelo Projeto Executivo de Engenharia e, ainda, das produtividades e da mão-de-obra, dimensiona-se a força de trabalho, em termos de número de empregados de mão-de-obra qualificada e não qualificada;
- f) **Custo de mobilização de equipamentos** – A partir dos estudos do planejamento da obra, contidos no Projeto de Engenharia, que identificam os equipamentos principais a serem utilizados, em função dos quadros de quantidades de serviços, que indicam as incidências dos equipamentos por unidade de produção e do dimensionamento das instalações de canteiro, bem como no cronograma de realização dos serviços, dimensiona-se o parque de equipamentos que deve ser necessário mobilizar para execução da obra.

Para fins de mobilização, o parque de equipamentos é habitualmente agrupado em três tipos: veículos leves; equipamentos de pequeno porte e equipamentos de grande porte;

- g) **Custos indiretos** – Compreendem a soma dos componentes referentes às alíneas “a” a “g”, cabendo registrar o seguinte:
- Conforme se mostra a seguir, existem alguns deles que têm valor percentual fixo e obrigatório, que são parte integrante da carga tributária que incide sobre o preço da obra. Um segundo grupo apresenta variações percentuais, que usualmente se limitam a uma faixa restrita e um terceiro, que pode apresentar variações bastante significativas com o tipo de obra e as circunstâncias em que são realizadas.
 - O primeiro grupo é constituído por tributos, cuja aplicação é estabelecida e regulamentada por Lei. Inclui o PIS e a COFINS.

A incidência desses tributos se dá sobre o preço de venda (PV), de acordo com as seguintes alíquotas, Tabela 28, a seguir:

Tabela 28 – Itens de valor percentual fixo e obrigatório

<u>Itens de Custo</u>	<u>Percentuais</u>
A - PIS	0,65 % do PV
B - COFINS	3,00 % do PV

- O segundo grupo é misto. Comporta tributos e outras despesas, cujas incidências admitem alguma variação, sobre as quais cabem os seguintes comentários:

ISS (Imposto sobre serviços) - É um tributo municipal; assim sendo, sua alíquota não é a mesma para todo o País. Ela varia, conforme o Município, desde aqueles que isentam a construção civil do tributo até os que a taxam com percentuais, que variam na faixa de 2,0% a 5,0% sobre o valor da obra. Tendo em vista essa circunstância, o SICRO adota alíquota média de 3,5%, para fazer em face desta despesa. Entretanto, cabe ao projetista, por ocasião da elaboração de um orçamento real, relativo a uma obra bem definida, verificar a alíquota real de ISS a ser paga.

Administração Central - Cada operação que o executor realiza deve absorver uma parcela dos custos relativos à sua administração central. Tais custos envolvem, entre outros: honorários de diretoria, despesas comerciais e de representação, administração central de pessoal, administração do patrimônio, aluguéis da sede, comunicações, materiais de expediente, treinamento e desenvolvimento tecnológico, viagens do pessoal lotado na sede etc., É um valor extremamente difícil de ser determinado por via analítica, pois depende do porte da empresa, de sua estrutura organizacional, de sua política de negócios e, ainda, do volume de obras que está realizando, ou seja, da composição do seu faturamento, sobre o qual recai este ônus. O SICRO adotou o percentual de 1,50% do custo direto de cada obra para atender a estas despesas.

Administração Local – Compreende o conjunto de atividades realizadas no local do empreendimento pelo executor, necessárias à condução da obra e à administração do contrato. É exercida por pessoal técnico e administrativo, em caráter de exclusividade. Seu custo é representado pelo somatório dos salários e encargos dos componentes da respectiva equipe, que inclui pessoal de serviços gerais e de apoio.

Custos Financeiros – Resultam da necessidade de financiamento da obra por parte do executor, que ocorre quando os desembolsos mensais acumulados forem superiores às receitas acumuladas. Tais custos são calculados como um percentual equivalente à taxa de juros básicos do Banco Central (SELIC), aplicado sobre o preço de venda menos a margem, durante um mês. As despesas financeiras decorrentes de inadimplência do contratante; por serem eventuais, não podem ser consideradas na elaboração dos custos referenciais do DNIT.

Margem – A rigor, a margem complementa a formação do preço de venda, sem que possa ser considerada como item de custo, ela é, na verdade, uma parcela destinada a remunerar os fatores da produção do executor que intervêm na obra, tais como: custo de oportunidade do capital aplicado nos equipamentos mobilizados na obra; capacidade administrativa e gerencial para a administração do contrato e a condução da obra, representada pelas estruturas organizacionais da empresa e pelo conjunto de normas e procedimentos de que se utiliza; conhecimento tecnológico adquirido através de experiências pregressas e pelo investimento em formação, treinamento de pessoal e compra de "know how"; e, finalmente, o risco do negócio. A margem é, assim, um excedente sobre o custo orçado, através do qual o executor busca realizar seu lucro, bem como prover recursos para pagamento de impostos sobre o resultado. No SICRO, partiu-se de uma taxa de lucro definida no valor de 5,00% do PV e, acrescentando-se os valores referentes ao IRPJ e CSLL, chegou-se ao valor da margem.

Conceito de LDI

Com base nessas considerações, foi construída a Tabela 29 a seguir, em que são demonstrados os valores das incidências dos diferentes itens sobre preço total ou preço de venda da obra (PV), sobre seu custo direto total (CD) e sobre o próprio LDI. Além disso, procedeu-se, também, à abertura do valor considerado como margem, destacando a carga tributária sobre ela incidente.

Tabela 29 – A composição do LDI – Lucro e despesas indiretas

ITENS DE VALOR PERCENTUAL FIXO E OBRIGATÓRIO		% sobre PV	% sobre CD
A - PIS	0,65 % de PV	0,65	0,78
B - COFINS	3,00 % de PV	3,00	3,59
Sub-total		3,65	4,37
ITENS DE VALOR PERCENTUAL VARIÁVEL COM O TIPO DE OBRA OU SERVIÇO			
D - ISS	3,50% de PV	3,50	4,19
E - Administração	4,00% de CD	3,34	4,00
F – Custos financeiros	SELIC / 12 do (PV – Margem)	0,89	1,06
G - Margem	5,0 % de PV	5,00	5,98
Sub-total		12,73	15,23
LDI			
Custos diretos - CD		16,38	19,60
Preço de venda - PV		83,62	
Lucro líquido	5,00% do PV	5,00	5,98

LDI TOTAL = 19,60%

PV = Preço de venda

CD = Custo direto

E = Administração central + Administração local

SELIC jan/2008 = 11,25 % AA

Nota: Conforme Acórdão 325/2007 – TCU - Plenário

A relação entre o preço total ou preço de venda (PV) e o custo direto total (CD) constitui o fator de LDI (lucro e despesas indiretas), que é expresso por:

$$\text{FATOR DE LDI} = \frac{PV}{CD}$$

O LDI em porcentagem é dado pela expressão:

$$LDI (\%) = \left(\frac{PV}{CD} - 1 \right) . 100$$

A equipe responsável pela operação do Sistema de Custos Rodoviários – SICRO 2 está encarregada de atualizar o valor do LDI acima, sempre que os impostos e taxas adotadas sofrerem variações advindas de atos governamentais.

- Custos diretos e indiretos em orçamentos de obras rodoviárias

Muitos dos itens de custo, que nas obras rodoviárias são correntemente classificados como indiretos, não têm, a rigor, esta característica conceitual. De fato, sob a ótica dos órgãos rodoviários, DNIT e órgãos rodoviários estaduais e do DF, somente os custos relativos à sua própria administração são indiretos. Todos os demais itens do custo de construção podem ser perfeitamente apropriados a uma rodovia específica ou a um de seus subtrechos, caso assim se desejasse. Já, sob o ponto de vista do executor da obra, os custos indiretos, propriamente ditos, se limitam àqueles referentes à parcela da administração central da empresa, a serem absorvidos pela obra em questão, pois, como no caso precedente, todos os demais podem ser a ela atribuídos sem ambiguidade.

Na prática, não é isso que ocorre. A classificação do custo de um serviço como direto ou indireto está apenas relacionada à sua inclusão ou não na respectiva planilha de preços a serem cotados por ocasião da licitação da obra. Todos os itens da planilha de preços, para os quais são requeridas cotações específicas e cujo pagamento se fará de acordo com alguma forma de medição, são considerados como custos diretos. Os itens de serviço que não constarem da planilha devem ser classificados como indiretos e, conseqüentemente, vão integrar o LDI (lucro e despesas indiretas), sendo, portanto, rateados sobre os custos diretos.

Em termos da realidade concreta dos empreendimentos rodoviários, a distinção entre custos diretos e indiretos está, portanto, vinculada à relação de itens de serviço que o órgão rodoviário responsável pela obra esteja disposto a fiscalizar e, conseqüentemente, a medir e pagar de forma individualizada.

12.4 CUSTO UNITÁRIO DOS INSUMOS

Os insumos pertinentes compreendem a “Mão-de-obra”, os “Materiais” e os “Equipamentos”, os quais estão abordados a seguir, cumprindo observar que os componentes Mão-de-obra e Equipamentos, ordinariamente, estão referidos ao “Custo Horário”.

12.4.1 Custo da mão-de-obra

A coleta dos custos da mão-de-obra deve ser feita, em todos os estados, através de:

Pisos salariais acordados nas Convenções Coletivas de Trabalho, celebradas entre os Sindicatos dos Trabalhadores e Patronais, da Construção Pesada e, na ausência desta, no da Construção Civil;

Pesquisa dos valores médios praticados, obtidos junto aos sindicatos regionais ou em outras fontes.

a) Salário

Os custos referentes à mão-de-obra recebem o seguinte tratamento, para serem inseridos nos custos dos serviços rodoviários:

Para as categorias de serventes e operários qualificados, que têm o piso básico determinado nas convenções coletivas de trabalho, são adotados, para a região, o maior valor encontrado nos diversos estados que o compõem;

Para as demais categorias devem ser calculados pela fórmula:

$$\text{Salário horário} = \text{padrão salarial} \times \frac{\text{saláriumínimo}}{220}$$

A seguir relacionam-se os padrões salariais das principais categorias para as diversas regiões que compõem o SICR0 2:

Tabela 30 – Escala salarial da mão-de-obra

FUNÇÃO	K
1. Encarregado	3,5 a 7,0
2. Técnico de Nível Médio	2,6
3. Motorista	2,9 a 3,1
4. Operador de Máquina	2,4 a 4,1
5. Profissionais em geral	2,6
6. Ajudantes e Serventes	1,9 a 2,1

b) Encargos sociais

Sobre os salários, incidem encargos sociais, de acordo com a legislação vigente e a prática usual da administração de pessoal, conforme indicado abaixo.

Tabela 31 – Taxa de encargos sociais sobre a mão-de-obra

Tipo de Contrato:	Contratação direta de serviço
Regime de trabalho:	Horista com horas normais de trabalho
Porcentual:	126,30%

12.4.2 Custo dos materiais

Os custos dos materiais devem corresponder aos preços de aquisição dos materiais levantados pela pesquisa e que atendem às seguintes condições:

Se refiram a preços para condições de pagamento à vista;

Contenham toda a carga tributária que sobre eles incide;

Expressem o preço relativo à mesma unidade de medida em que é empregado na composição de custo. (O sistema de coleta de preço dispõe de recursos para transformar preços referentes a unidades de acondicionamento comercial para unidades técnicas, quando necessário).

Nos estados onde se realizam pesquisas, são coletadas informações de preço para cada material, em pelo menos três estabelecimentos. São considerados como informantes os estabelecimentos comerciais credenciados, preferencialmente atuando no comércio atacadista, que comercializem regularmente os materiais pesquisados e que sejam expressivos para o comércio local. Para os estados onde não seja possível a pesquisa de um item, deve ser considerado o preço unitário estimado para a região.

Os preços dos materiais, levantados pelo sistema de coleta, não incluem fretes para seu transporte até o local da obra, uma vez que estes se destinam à inclusão nas tabelas do SICRO 2, para uso genérico e não para o caso de qualquer obra em particular. O engenheiro de custos, ao elaborar um orçamento específico, deve utilizar composições de transporte comercial, para levar em conta o custo desse deslocamento.

12.4.3 Custo dos equipamentos

Relativamente aos equipamentos, cujo processo de apropriação detém algumas particularidades, cabe registrar que o custo horário de utilização de equipamento compreende três componentes, a seguir abordados nas subseções 12.4.3.1 a 12.4.3.3.

12.4.3.1 Custo de propriedade

Compreende as seguintes componentes:

Depreciação;

Custo de Oportunidade do Capital;

Seguros e impostos.

Relativamente à parcela de depreciação, o valor correspondente depende do valor de aquisição do equipamento e seu valor residual (ao final da vida útil) e da vida útil do equipamento.

O modelo adotado, método da linha reta, se traduz na seguinte formulação:

$$d_h = \frac{V_a - R}{n \cdot HTA}$$

Em que:

d_h = depreciação horária;

V_a = Valor de aquisição;

R = Valor residual;

n = Vida útil (em anos);

HTA = Quantidade de horas trabalhadas por ano.

Detalhes pertinentes as outras duas parcelas, de menores significâncias no custo desta componente, constam no Manual de Composição do Custo Rodoviário do DNIT.

12.4.3.2 Custo de manutenção

Compreende as seguintes componentes:

Reparos em geral;

Material rodante / pneus;

Partes de desgaste (bordas cortantes, dentes de caçamba, ferramenta de penetração no solo, entre outras).

Os custos horários de manutenção utilizados pelo SICRO 2 são obtidos através da expressão:

$$M = \frac{V_0 \times K}{H}$$

M = custo horário da manutenção (R\$/h);

V₀ = valor de aquisição do equipamento (R\$);

H = vida útil em horas;

K = coeficiente de manutenção.

Os valores do coeficiente k, variáveis para cada modalidade de equipamento e em função da qualificação/habilidade dos operadores e das condições de trabalhos, estão, com base em modelos dos fabricantes, tabelados pelo SICRO.

Há que se considerar, ainda, os custos referentes a desgaste de peças e componentes específicos, tais como os pneus e acessórios de britagem, por exemplo.

12.4.3.3 Custo de operação

Compreende as seguintes componentes:

Material de operação;

Mão-de-obra de operação.

No que se refere ao material, este custo é função, principalmente, da potência do equipamento e do custo do combustível, a saber, o óleo diesel, para a grande maioria dos equipamentos, e a gasolina, para alguns tipos de veículos e motores estacionários. Adicionalmente devem ser devidamente consideradas as parcelas pertinentes a filtros e lubrificantes.

No que se refere à mão-de-obra, este custo é estabelecido com base na escala salarial.

Nota: Os valores relativamente a estes quatro custos são reunidos em tabela, conforme Planilha 9.

Planilha 9 - Determinação dos custos horários dos equipamentos

Código	Descrição	Potência (HP)	Vida Útil (t)	Horas Trabalho/Ano (H)	Valor de Aquisição (R\$)	Depreciação	Manutenção	Operação		Custo Horário		
								Material (Mt)	Mão-de-Obra (M.O.)	Improdutivo	Operativo Produtivo	Obs.
								Custo Horário de Utilização de Equipamento				
Lote: Rodovia: Trecho: Segmento:				Data:								

12.4.4 – Produção das equipes mecânicas

A produção da equipe, referida sempre a uma unidade de tempo (no caso, a hora), é obtida a partir das produções individuais de cada equipamento componente da equipe.

A Planilha 7, apresentada na subseção 8.5.5, referente ao cálculo de produção, facilita a sistemática de cálculo das produções relativas aos vários itens-serviços, discriminando todas as variáveis interferentes com o processo. Tais variáveis dependem, de um lado, das características específicas do equipamento considerado e, de outro, de condições inerentes aos trabalhos.

A necessidade da utilização conjugada de equipamentos vários, bem como as diferenças de produções horárias proporcionadas pelos vários equipamentos, ensejam a adoção, para os equipamentos, dos conceitos de Hora Produtiva e Hora Improdutiva.

- Custo horário produtivo e custo horário improdutivo

O custo horário produtivo compreende a soma das quatro parcelas, a saber: custo horário de depreciação, custo horário de manutenção, custo horário de material de operação e custo horário de mão-de-obra de operação.

O custo horário improdutivo compreende apenas o custo horário da mão-de-obra.

12.4.5. Custo dos transportes

Relativamente a este componente do custo, os conceitos e parâmetros básicos adotados são os constantes das subseções 12.4.5.1 e 12.4.5.2.

12.4.5.1. Modalidade de transporte

- Transporte comercial - Envolve a movimentação dos materiais industrializados, desde os respectivos pontos de aquisição até o canteiro de obra.
- Transporte local - Envolve a movimentação de materiais terrosos, pétreos e areias, desde o local de extração/aquisição até o ponto de sua aplicação na pista (ou no canteiro de obras, conforme o caso), bem como todos os percursos entre o canteiro da obra e o respectivo ponto de aplicação na pista.
- Formulação básica ($y = \text{custo R\$/t}$)

$$y = \frac{C}{P} = \frac{\text{Custo horário da operação do caminhão}}{\text{Produção horária do caminhão}}$$

$$P = \frac{B \cdot i}{\frac{2x}{V} + T_f}$$

B - Capacidade nominal do caminhão;

i - Fator de eficiência;

V - Velocidade do caminhão;

T_f - Tempo fixo (manobra/carga/descarga);

x - Distância de transporte a ser vencida;

– Valores adotados para os parâmetros

B	Para transporte comercial: 10 m ³ ou 15 t Para transporte local: 6 m ³ ou 9 t	
i	Para transporte comercial : 0,833 Para transporte local: 0,75	
T _f	Para caminhão basculante: (9 t ou 15 t) Para caminhão carroceria fixa: 43 min	Valores variáveis, conforme definido pelo SICRO
V	Transporte comercial Transporte local	Rodovia pavimentada: 60 km/h Revestimento primário: 40 km/h Valores variáveis entre 30 km/h e 45 km/h, em função das condições das rodovias

x - Distância de transporte, em km, relativa a cada material/componente, a ser incorporado à obra.

12.4.5.2. Equações de transporte

Com base na formulação apresentada, são obtidas as equações, da forma $Y = a x + b$, sendo a e b funções dos valores adotados para os parâmetros mencionados.

12.5 – Custos unitários de serviços

A determinação dos Custos Unitários dos Serviços pode ser efetivada com base na Planilha 10, cuja sistemática compreende as etapas a seguir.

Custos diretos

- Custo Horário de Equipamento

A determinação deste custo é efetivada com base nos valores da Planilha 9, os quais são transpostos para a Planilha 10.

- Custo horário de mão-de-obra suplementar

Este custo envolve a mão-de-obra direta (excluídos os operadores dos equipamentos e, eventualmente, os ajudantes) que atua na execução dos serviços, a saber, encarregados, feitores, profissionais em geral, ajudantes etc.

Para seu cálculo, utiliza-se a escala salarial de mão-de-obra, convertendo-se o salário mensal, acrescido dos encargos sociais, em custo horário, mediante a aplicação do divisor 220.

- Custo horário total

É obtido pela soma das duas parcelas acima descritas.

- Produção da equipe

Este componente foi estabelecido na Planilha 7, devendo ser transposto para a Planilha 10.

- Custo unitário de execução

Este custo é obtido dividindo-se o "Custo Horário Total" pela "Produção Horária".

- Custo unitário de material suplementar

Este custo, envolvendo os custos de aquisição/elaboração dos materiais incorporados às obras, é obtido com base nos respectivos consumos unitários estabelecidos nos projetos e/ou nas especificações e no resultado da pesquisa de mercado.

- Custo unitário de transporte

Este custo é obtido com base nos consumos unitários e elementos pertinentes, outros estabelecidos nos projetos e/ou especificações, nas distâncias de transportes a serem vencidas e nas fórmulas de transportes definidas na forma da subseção 12.4.5.

- Custo direto total

Este custo corresponde a soma do "Custo Unitário de Execução" com o "Custo Unitário de Materiais" e o "Custo Unitário de Transporte".

- Lucro e despesas indiretas - LDI

É estabelecido, multiplicando-se o "Custo Direto Total" pelo Fator de LDI (que foi fixado pelo SICRO em 19,60 %).

- Custo unitário total

Corresponde à soma de Custo Direto Total com o LDI.

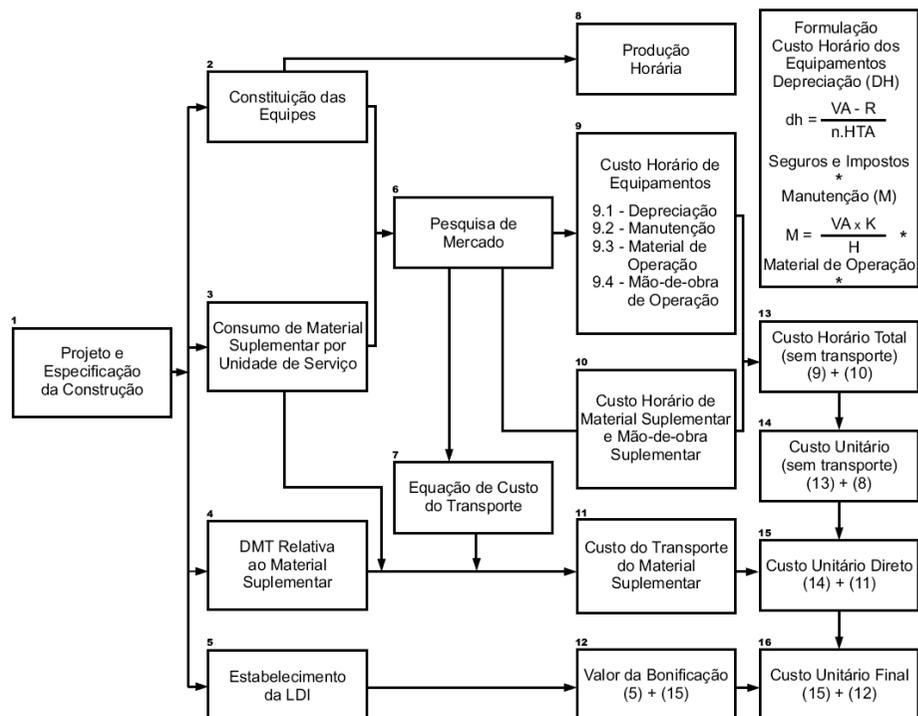
- Fluxograma geral

O fluxograma que se segue, ilustra todas as etapas descritas (Figura 116)

Planilha 10 - Composição dos custos unitários

Serviço:						
Código:		Data Base:			Unidade:	
Equipamento	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Produtivo	Improdut.	Produtivo	Improdut.	
Total (A)						
Mão de Obra Suplementar		K ou R	Quant.	Salário Base		Custo Horário
Total (B)						
Produção da Equipe (C)			Custo Horário Total (A + B)			
Custo Unitário de Execução			[(A) + (B)] / (C) = (D)			
Materiais			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário
Total (E)						
Transporte	DMT (T)	DMT (P)	DMT (TOT)	Custo	Consumo	Custo Unitário
Total (F)						
Custo Direto Total: (D) + (E) + (F)						
Lucro e Despesas Indiretas: 23,90 %						
Custo Unitário Total (R\$)						
Observações:						
Rodovia: Trecho: Subtrecho: Segmento:				CUSTOS UNITÁRIOS		

Figura 116 – Fluxograma – Elaboração de custos unitários
O fluxograma a seguir contém a sistemática a ser adotada para a elaboração do custo unitário de serviços.



Formulação Custo Horário dos Equipamentos

- dh = Depreciação horária
- VA = Valor de aquisição
- R = Valor residual
- n = Vida útil, em anos
- HTA= Quantidades de horas trabalhadas por ano
- K = Coeficiente de manutenção
- H = Vida útil em horas
- * = Valores outros estabelecidos pelo SICRO

CHP (Custo Horário Produtivo do Equipamento) = (9.1) + (9.2) + (9.3) + (9.4)
 CHI (Custo Horário Improdutivo do Equipamento) = (9.4)

ANEXO A

A METODOLOGIA DE BRÜCKNER

ANEXO A

A METODOLOGIA DE BRÜCKNER

A.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A metodologia de Brückner, em termos de sua finalidade e seus respectivos produtos finais, se consubstancia através da elaboração de instrumentos específicos, compreendendo, principalmente, o Diagrama e três Quadros Básicos, que são enfocados mais adiante.

Para a construção gráfica do Diagrama de Brückner é necessário calcular as chamadas "ordenadas de Brückner", isto é, volumes de cortes e aterros acumulados sucessivamente, seção a seção, considerando-se positivos os volumes de cortes e negativos os de aterros. Nas seções mistas, o volume a considerar em cada estaca é o excedente em corte ou aterro. Adota-se um volume acumulado inicial arbitrário, em geral um volume grande, de modo a se operar apenas com valores acumulados positivos.

Os volumes envolvidos no cálculo das "Ordenadas de Brückner" consideram a influência da camada vegetal e do fator de homogeneização aplicado sobre os volumes de aterro, para expandi-los e tornar realística a compensação com os volumes de cortes. O cálculo pode ser feito com o auxílio de uma planilha.

A.2. CÁLCULO DAS ORDENADAS DE BRÜCKNER

Referido cálculo é efetivado com base no Quadro A.1, apresentado adiante, no preenchimento de suas diversas colunas, consultando capítulos específicos do Projeto Geométrico e do Projeto de Terraplenagem. Deve conter e observar o seguinte:

Coluna 1: Registro da quilometragem, crescente e contínua (cada km), do trecho a ser implantado;

Coluna 2: Registro do estaqueamento completo do trecho e de forma solidária com a quilometragem da Coluna 1;

Coluna 3: Registro e designação, relativamente a cada km e com a indicação da localização precisa, dos "elementos geradores de serviços de implantação", a serem objeto de execução no km correspondente. Tais elementos, no caso geral, envolvem ordinariamente, cortes (com escavação nas três modalidades ou categorias de materiais), aterros (desdobrados em corpo de aterro e camada

final), rebaixamentos de cortes, remoção de solos moles, caixas de empréstimos e obras-de-arte especiais.

Colunas 4/5: Registro da área, na coluna adequada (no caso de seção plena), em corte ou em aterro, da seção transversal correspondente à estaca enfocada.

A área deve ser obtida por processo gráfico/analítico (gabaritagem da seção) ou computacional, devendo considerar devidamente o seguinte:

Os elementos geométricos pertinentes, conforme definido no Projeto Geométrico;

A incorporação da espessura de camada vegetal a ser removida (determinada através de sondagem do subleito), tanto no caso dos cortes, como no caso de aterros;

O rebaixamento dos cortes em rocha;

A remoção dos solos moles.

Nota: Devem ser considerados e apresentados em separado os tópicos relacionados com o rebaixamento dos cortes em solo, os encontros de pontes, os acessos e interseções, bem como as situações de seção mista e PP;

Colunas 6/7: Registro respectivo da soma das áreas relativas às seções transversais relativas a cada par de estacas sucessivas, na coluna devida;

Coluna 8: Registro da semidistância correspondente a cada um dos pares de estacas sucessivas focalizadas nas colunas anteriores e levando em conta as considerações expostas;

Colunas 9 a 15: Registro dos volumes pertinentes à execução dos cortes e aterros, com base no lançado nas Colunas 1 a 8 e considerando o seguinte:

Relativamente às escavações dos cortes, o volume geométrico (total) de cada componente deve ser calculado pelo “método de média das áreas”. Os volumes devem ser, então, com base no perfil geotécnico do subleito, desdobrados nas três categorias de materiais, em termos de “volumes geométricos”.

Para efeito de lançamento no Quadro A1, tais volumes geométricos devem ser convertidos, mediante a adoção de fatores (multiplicadores) de conversão. No caso do material de 1ª

categoria, o fator é 1 e, para a 2ª e a 3ª categoria, os respectivos fatores devem ser obtidos com base nos estudos geotécnicos.

Na falta de dados mais precisos podem-se adotar, respectivamente, os fatores 1,15 e 1,45, respectivamente.

Relativamente aos volumes de aterro (camadas de corpo de aterro e camada final), o fator de empolamento deve, igualmente, ser determinado através dos estudos geotécnicos, sendo que, ordinariamente, estes fatores se situam entre 1,20 e 1,30;

Colunas 16 a 18: Registro dos valores de compensação lateral, considerando o exposto anteriormente e colocando-se na Coluna 18 a soma algébrica dos volumes de cortes e os volumes de aterro, atribuindo-se a estes últimos o sinal negativo;

Coluna 19: Registro do volume de bota-fora;

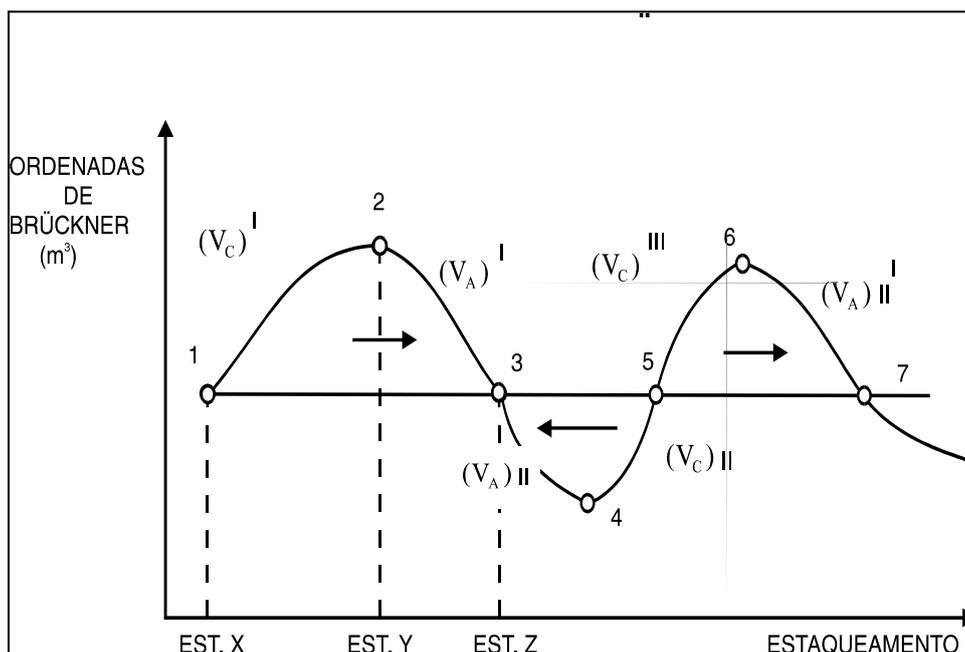
Coluna 20: Registro das “ordenadas de Brückner”, correspondente à soma algébrica dos valores lançados nas colunas 13 a 18 e afetando-se sempre os valores de aterros com o sinal negativo.

A.3. O DIAGRAMA DE BRÜCKNER

As “Ordenadas de Brückner” calculadas são desenhadas em papel milimetrado, geralmente sobre uma cópia do perfil longitudinal do projeto e, nas abcissas, é marcado o “estaqueamento de Brückner”. Os pontos marcados são unidos por uma linha que sintetiza o Diagrama de Brückner.

A distribuição de terras deve ser feita pela escolha criteriosa de linhas horizontais de compensação (LT) que interceptam ramos ascendentes (cortes) e descendentes (aterros). Os volumes compensados longitudinalmente devem ter por valor a ordenada máxima em relação à respectiva horizontal de compensação, como mostra a Figura A 1, a seguir.

Figura A 1 – Diagrama de Brückner



O corte que inicia na estaca X e termina na estaca Y possui o volume $V_{CI} = (2) - (1)$, e deve ser destinado ao aterro, do mesmo volume, que inicia na estaca Y e termina na estaca Z.

A distância média de transporte (DMT) de cada distribuição pode ser considerada como a base de um retângulo de área equivalente à do segmento compensado e de altura igual à máxima ordenada deste segmento. A área do segmento compensado representa o momento de transporte da distribuição, ou seja, o produto do volume compensado pela distância média de transporte.

A.4. CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES

Admite-se como extensão ideal para a abrangência da LT, uma distância da ordem de 10 km, devendo o processo incluir a elaboração e análise de LT preliminares, envolvendo, eventualmente, ampliação ou redução em sua abrangência, até a seleção de LT (conjunto de LT) definitivas, então entendidas como as mais adequadas, dentro de considerações técnico-econômicas, com base na pesquisa da otimização (custo mínimo) para o binômio “escavação + transporte”.

Os procedimentos pertinentes a tal análise devem envolver, de forma interativa, consulta ao Projeto Geométrico e componentes do Projeto de Terraplenagem, com ênfase, neste último, para os tópicos relacionados com os estudos geotécnicos, classificação dos materiais a escavar, especificações de serviços, camadas constituintes dos aterros, energia de compactação, parâmetros geotécnicos fixados e outros.

Neste sentido, procedidas a análise e a checagem de tópicos então registrados nas colunas do Quadro A1, deve ter sequência o processo, observando-se, adicionalmente, o seguinte:

- Anotação, abaixo do gráfico referente ao diagrama, com a devida localização referenciada ao estaqueamento/quilometragem do trecho assinalada no diagrama, dos seguintes tópicos, observando-se sempre o disposto nos competentes capítulos do projeto de engenharia:

Alargamentos dos cortes (para atender à execução de aterros), constando os respectivos volumes e parâmetros geotécnicos pertinentes, particularmente o CBR, a expansão, a densidade in natura e as densidades dos aterros compactados, relativas ao corpo de aterro e à camada final;

Caixas de empréstimos então definidas, constando os mesmos dados e parâmetros correspondentes, listados para os alargamentos de cortes, procedendo-se ainda à análise de sua suficiência;

Os volumes de escavações dos cortes e seus respectivos alargamentos, distribuídos nas três categorias de materiais e os respectivos atributos, em termos de fatores de conversão devidamente justificados (relação entre a densidade no aterro compactado e a densidade in natura);

Os elementos pertinentes a “interseções e acessos”, e “encontros de pontes”, com os respectivos quantitativos e parâmetros geotécnicos;

A eventual ocorrência em cortes de materiais de má qualidade, não adequados para a execução dos aterros, materiais estes que, assim, devem constituir-se em bota-foras, mas que indevidamente foram considerados para efeito de compensação lateral;

Os elementos pertinentes aos rebaixamentos de cortes em solos e respectivos preenchimentos, com os correspondentes quantitativos e parâmetros geotécnicos.

Nota: Devem estar devidamente disponibilizados para acessos / consultas imediatas, as memórias de cálculo pertinentes, inclusive as referentes a caracterizações e quantificações relativas às “seções mistas” e PP.

- Checagem dos fatores de conversão definidos, inclusive no que se refere aos materiais de 2ª e 3ª categorias, para efeito dos respectivos cálculos das “ordenadas de Brückner”;

- Distribuição dos materiais escavados nos cortes, para efeito de execução dos aterros, assumidos os parâmetros do projeto de engenharia e procedendo-se, inicialmente, o atendimento à execução das camadas finais dos aterros;
- Determinação, em cada caso, das correspondentes DMT relativas a cada par de “compensação de movimento de terras”;
- Verificação quanto à utilização conjugada dos cortes (com seus alargamentos) e das caixas de empréstimos (cuja suficiência deve ser então avaliada e testada), considerando sempre os requisitos de ordem técnico-econômica, com ênfase para o menor custo do binômio “escavação + transporte”;
- Repetição do processo de simulação, sendo que a prática indica a expectativa de que, a partir de um 3º estágio de simulações, já se obtenha uma distribuição técnico-economicamente adequada, para o segmento então enfocado;
- Uma vez definido o conjunto de LT elabora-se o Quadro A2 – Distribuição dos Materiais para Execução da Terraplenagem, adiante apresentado, que, com base no Diagrama e nas considerações expostas, registram, a cada km, de forma sucessiva, os quantitativos e as respectivas distâncias, a distribuição dos materiais para execução dos cortes e do corpo dos aterros e para execução da camada final dos aterros, bem como dos bota-foras e as respectivas DMT;
- Em sequência elabora-se, para todo o trecho, o “Resumo da Movimentação de Terras”, conforme o modelo do Quadro A 3, inserido adiante.

Quadro A 1 – Cálculo das ordenadas de Brückner

km	Estaca	Elementos Geradores de Serviços	Área da Seção Transversal (m ²)		Soma das Áreas das Seções Transversais (m ²)		Semidistância entre Seções (m)	Escavação dos Cortes (m ³)				Execução de Aterros (m ³)			Compensação Lateral (m ³)			Bota-fora	Ordenadas de Brückner	
			Corte	Aterro	Corte	Aterro		Total Geométrico	1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.	Total	Corpo de Aterro	Camada Final	Corte	Aterro	Diferença	Volume (m ³)		

Quadro A 2 – Distribuição de materiais para execução de terraplenagem

km	PROCEDÊNCIA DO MATERIAL ESCAVADO					DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO								
	Discriminação	Localização	Volume (m ³)			Localização	Aterro (m ³)				Bota-fora			
			1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.		Total	Compensação longitudinal	Compensação transversal	Empréstimo	DMT	Volume (m ³)	DMT	

Quadro A 3 – Resumo do movimento de terras

RESUMO DO MOVIMENTO DE TERRAS								
Classificação	PROCEDÊNCIA			DESTINO				
	Corte	Empréstimo	Total (m ³)	Corpo de Aterro	Camada Final	Fundo de Corte	Bota-fora	Total (m ³)
1ª Cat.								
2ª Cat.								
3ª Cat.								
Total (m ³)								
ESCAVAÇÃO E TRANSPORTE								
Procedência	Distância de Transporte	1ª Cat.		2ª Cat.		3ª Cat.		Total (m ³)
Cortes e Empréstimos	Até 50 m							
	Entre 50 e 100 m							
	Entre 100 e 200 m							
	Entre 200 e 400 m							
	Entre 400 e 600 m							
	Entre 600 e 1000 m Maior que 1000 m							
COMPACTAÇÃO				OBSERVAÇÕES				
Corpo de Aterro:		m ³						
Camada Final:		m ³						
Camada de Fundo de Corte:		m ³						
Total:		m ³						

ANEXO B

MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS QUANTITATIVOS

DOS SERVIÇOS EXECUTADOS

ANEXO B

MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS EXECUTADOS

B.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

B.1.1. A medição dos serviços executados, relativamente à implantação da rodovia em termos de “Medição Resumo”, é confeccionada com base no desenvolvimento de competentes cálculos devidamente sistematizados, os quais constituem, em seu conjunto, a intitulada Memória de Cálculo dos Quantitativos. Modelos alternativos pertinentes tradicionalmente adotados pelo DNIT para o registro de tais cálculos, contemplando a execução de Serviços Preliminares, dos Caminhos de Serviço, dos Cortes, dos Empréstimos e dos Aterros, estão disponíveis nas Superintendências Regionais.

B.1.2. Para a adequada adoção dos procedimentos pertinentes, torna-se indispensável um pleno conhecimento do projeto de engenharia, notadamente das soluções referentes aos componentes de terraplenagem, drenagem e afins, bem como das normas DNIT que, especificamente, tratam da execução de cada uma das cinco modalidades de serviços anteriormente focalizadas, a saber, respectivamente, as Normas DNIT 104/2009-ES a DNIT 108/2009-ES e suas revisões posteriores. Em função do definido no projeto de engenharia, tais tratamentos podem estar sendo objetos de Especificações Particulares e/ou Complementares, as quais devem, então, ser devidamente assumidas.

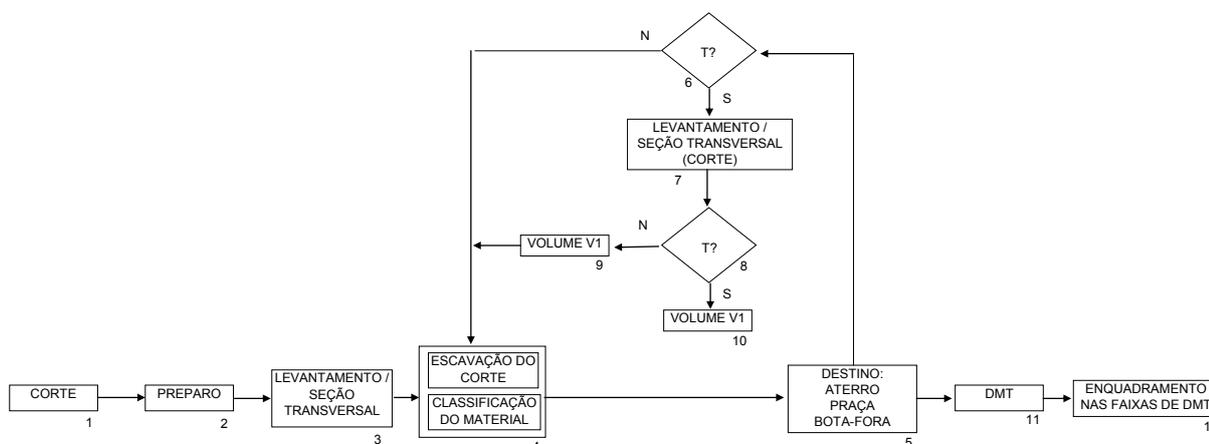
B.1.3. Da mesma maneira, há que se ter pleno domínio das técnicas e dos procedimentos concernentes ao controle geométrico/topográfico e ao controle tecnológico/geotécnico dos serviços – controles estes que devem estar precisamente definidos no escopo dos serviços referentes à supervisão da obra e em conformidade com o modelo de gerência da qualidade estabelecido.

Em particular, no tocante às medições das escavações referentes a Cortes e Empréstimos, ordinariamente, as Especificações adotam as seguintes diretrizes:

- As escavações devem ser medidas nos respectivos locais de escavação e calculadas na unidade "m³".
- O valor obtido (m³) deve ser referido à distância de transporte percorrida - DMT (km).

- Ficam assim caracterizados os pares "Volume Escavado x Distância Percorrida" ($m^3 \times km$).
- A caracterização deste par, definida no Projeto de Terraplanagem (Quadro de Distribuição de Materiais), deve ser objeto de rigorosa verificação no campo, durante a execução dos serviços e apresenta relativa complexidade, demandando um acompanhamento atento e contínuo, com precisos registros. De fato, o material escavado pode ter vários destinos: um ou mais aterros, bota-foras e depósito provisório, para posterior aproveitamento.
- O fluxograma da Figura B.1 com as indicações pertinentes, constante a seguir, busca esclarecer o assunto, informando sobre a seqüência construtiva e procedimentos referentes à confecção de memória de cálculo dos quantitativos.

Figura B.1 - Demonstrativo dos procedimentos de medição e controle a serem adotados no acompanhamento dos movimentos de terra referentes à execução de cortes



Legenda e Indicações

1. Corte a ser escavado;
2. Preparo da superfície natural (desmatamento, deslocamento e limpeza);
3. Levantamento das seções primitivas (após limpeza);
4. Início dos serviços de escavação. Deve ser caracterizada a natureza do material em termos de classificação (1ª, 2ª ou 3ª categoria). No caso de constituição homogênea e caracterização bem definida dos horizontes, deve ser procedido à medição referente a cada categoria. No caso de constituição heterogênea, é procedido laudo classificatório;
5. Destino do material (no caso do fluxograma, está sendo enfocada a deposição para execução de aterro, devendo a superfície natural ser devidamente preparada);
6. Teste de verificação quanto ao término de operação relativa a este par de origem / destino – o que se constata através da marcação das Notas de Serviço (Aterro ou Corte) ou mais precisamente, do levantamento de seção transversal;
7. Levantamento da seção transversal do corte neste estágio;

8. Teste de verificação se o corte está no greide. No caso negativo o aterro de 5 (destino) teria alcançado o greide e o corte apresentando volume remanescente. Assim, a escavação prossegue, agora, com um novo destino (a nova seção primitiva deve ser a de 7);
9. Determinação do volume V1, referente ao material levado do corte para o aterro (cálculo pelo processo de média das áreas ou similar e considerando as seções transversais retratadas em 7 e 3);
10. No caso positivo do teste 8, significa que o corte está no greide e o volume total escavado foi V1. O aterro terá a sua continuidade executada com a utilização de novo corte ou empréstimos. Na hipótese da ocorrência de material de 3ª categoria, o projeto definirá quanto ao destino deste material;
11. Distância Média de Transporte, determinada em termos de extensão axial entre os centros de gravidade do corte e do aterro em construção. No caso de praça/depósito ou bota-fora, deverá ser acrescido o afastamento lateral. Para cada execução completa de corte ou aterro deve ser determinada a correspondente DMT;
12. As DMT devem ser enquadradas nas faixas definidas no Projeto.

B.2. AS PROGRAMAÇÕES TRIMESTRAIS

B.2.1. A execução propriamente dita dos serviços de terraplenagem deve ser obrigatoriamente precedida da rigorosa e integral observância do disposto na subseção 4.2 – Execução de Estudos Técnicos e de Serviços Topográficos, da norma DNIT-104/2009 – ES: Terraplenagem – Serviços Preliminares. Referida subseção 4.2 lista um conjunto de diversas tarefas específicas a serem desenvolvidas neste estágio e na forma do disposto de 4.2.1 a 4.2.7 – este último tópico dispendo sobre a segmentação do Diagrama de Brückner e a programação das obras de terraplenagem (a serem objeto de programações trimestrais detalhadas e sucessivas desde o início dos serviços).

B.2.2. Reportando-se ao estabelecido nas alíneas “a” a “f” e notas subseqüentes contidas na subseção 4.2.7, cumpre enfatizar que:

- Para cada um dos quilômetros componentes da programação trimestral e relativamente a cada “unidade/elemento gerador de serviços de implantação” caracterizado conforme o constante no Quadro A.1 do Anexo A, deste Manual, devem ser definidos e registrados, dentro de rigoroso nível de precisão, entre outros e em função da natureza/modalidade de cada “unidade/elemento gerador”, os respectivos tópicos de interesse, a saber:
 - a) Quantitativos de serviços de desmatamento e de destocamento.
 - b) Volumes de bota-foras (conforme definido no projeto).
 - c) Volumes compactados relativos à camada final do aterro (60 cm) e volumes compactados relativos às camadas do corpo de aterro.

- d) Volumes “in natura” dos materiais escavados, referidos às várias unidades / fontes de escavação (cortes e caixas de empréstimos).
 - e) Relação dos pares “Volume escavado x Distância de transporte” relativos a cada uma das três categorias de materiais referentes a cada uma das unidades / fontes de escavação (cortes e caixas de empréstimos) e respectivos destinos dos materiais.
 - f) Massas específicas aparentes secas relativas aos diversos maciços a serem objeto de escavação (cortes e caixas de empréstimo).
 - g) Massas específicas aparentes secas esperadas, conforme o Projeto de Engenharia, para o corpo de aterro e as respectivas camadas finais, a serem executados no segmento programado para a implantação no trimestre.
 - h) Fatores de conversão pertinentes (volume compactado/volume in natura), vinculados ao exposto nas alíneas anteriores, inclusive no que se refere aos materiais de 2ª e 3ª categorias.
- As notas subsequentes assim se expressam:
- a) A cada medição mensal e, em especial, a medição correspondente ao final do trimestre, com a conclusão das obras programadas para este período, deve ser apresentada a Análise Comparativa dos valores finais medidos e respectivos valores representados no Diagrama de Brückner segmentado, bem como competentes considerações.
 - b) Na hipótese de que o processo de distribuição dos materiais de terraplenagem tenha sido efetivado mediante a aplicação de procedimento outro que não a metodologia de Bruckner, o modelo então adotado deve, da mesma maneira, ser alvo da mencionada segmentação - sempre com a finalidade de disponibilizar o registro de todos os parâmetros e atributos pertinentes à programação trimestral, conforme exposto anteriormente.
 - c) O procedimento de tal segmentação deve ter seqüência de forma sistemática e contínua a cada três meses, considerando sempre a separata correspondente à programação que deve ser efetivamente cumprida relativamente a cada um dos trimestres que se sucederem – bem como os valores acumulados pretéritos.
 - d) Os detalhes pertinentes a tais procedimentos constam no Manual de Implantação Básica, do DNIT.

B.2.3. Releva registrar que o estabelecimento das programações trimestrais, conjugadas à segmentação do Diagrama de Brückner, e assim, definindo os elementos conforme listado em B.2.2, deve ser encarado como um procedimento ordinário, a ser assumido no Projeto de Terraplenagem, dentro do objetivo de se dispor dos seguintes tópicos:

- Envolver, em seu conjunto, todo o prazo estabelecido para a execução dos serviços de terraplenagem;
- Guardar absoluta conformidade com o cronograma físico de execução das obras, no que tange à execução de terraplenagem, a qual se vincula à execução das obras-de-arte correntes e de drenagem, bem como o atendimento ambiental;
- Guardar absoluta conformidade com o “diagrama Espaço x Tempo” correspondente;
- Atender às definições estabelecidas no quadro de “Distribuição dos Materiais de Terraplenagem”, inclusive do esquema gráfico correspondente, que integra o Projeto de Terraplenagem;
- Conter todos os elementos conforme reportado em B.2.2, de forma individualizada para cada elemento gerador de serviço, de forma parcial para cada quilômetro e de forma global para cada programação trimestral;
- Considerar a atualização/adequação eventualmente efetivada, como decorrência de fatores impeditivos à devida utilização de “fontes de materiais” definidas em projeto;
- Ser contemplada com adequado processo de controle geométrico/topográfico e geotécnico/tecnológico dos serviços, durante a execução das obras;
- Constituir-se em elemento referencial para a checagem das medições efetivadas mensalmente para efeito de pagamento de serviços executados;
- Constituir-se, em seu conjunto, em condicionamentos a serem obrigatoriamente atendidos no “Plano de Execução da Obra” e “Diagrama Espaço x Tempo”, devendo tal condição estar devidamente registrada no Projeto de Engenharia, no tópico “Apresentação de Plano de Execução da Obra”, objeto da IS-222, constante da Publ. IPR 726 – Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos – Escopos Básicos/Instruções de Serviço e também explicitada no Edital de Licitação da obra.

B.3. AS MEDIÇÕES DOS SERVIÇOS

B.3.1. A confecção da medição dos serviços referentes à execução da terraplenagem em geral, para efeito de pagamentos deve obedecer aos preceitos estabelecidos nas normas correspondentes mencionadas em B.1.2, particularmente em suas seções 7 e 8 e, ainda, observar os detalhes focalizados em subseção específica deste Manual de Implantação Básica de Rodovia.

Os tópicos pertinentes a cada modalidade específica de serviço estão reportados na subseção B.5 – Registro dos Cálculos e dos Resultados, deste Anexo B.

Na hipótese da adoção de especificações particulares ou especificações complementares, os registros pertinentes devem ser devidamente adequados às particularidades das especificações.

B.3.2. No que diz respeito ao volume de materiais considerados para a execução de segmentos em aterro e deposições em bota-foras, para efeito de análise de consistência dos valores obtidos, devem ser cotejados os valores VJC de volumes medidos geometricamente nos cortes e caixa de empréstimos correspondentes, com aqueles volumes V_{pc} , medidos na pista, devidamente compactados (volumes geotécnicos), considerados devidamente os fatores de conversão, obtidos a partir dos diferentes valores de densidade in natura e densidade na pista (material compactado).

– No processo são utilizadas as seguintes expressões:

$$V_{pc} \cdot D_{pc} = V_e \cdot D_e \quad \therefore V_e = V_{pc} (D_{pc} / D_e), \text{ onde:}$$

V_{pc} – volume na pista, compactado

D_{pc} – densidade aparente na pista (compactada)

D_e – Densidade aparente no empréstimo ou corte

V_e – Volume de escavação (no empréstimo ou corte), então inferido

– Adicionalmente, cumpre registrar seguinte:

- a) O volume de referência deve ser aquele medido no aterro compactado.
- b) É indispensável o estabelecimento de sistemática de amostragem adequada, relativamente à determinação das densidades aparentes no empréstimo e corte em cada caso, para definir a média confiável segundo os segmentos de aplicação de material. Tal estabelecimento pode ser incorporado ao projeto ou estabelecido previamente à execução das obras.

- c) O controle tecnológico (estabelecido na Norma) fornecerá as densidades aparentes no aterro, considerando distintamente as camadas de corpo de aterro e a camada final.
- d) A aplicação do fator de conversão de volume de aterro em volume “in natura” do material do empréstimo ou corte deve ser procedida por cada par “ocorrência de escavação/segmento de aterro executado”.
- e) A aplicação do critério para os casos de bota-fora deve ser procedida levando em conta a correspondente energia de compactação definida no projeto.
- f) Na hipótese do processo (medição nos cortes e nos empréstimos) acusar valor superior ao obtido pelo processo geotécnico (relação entre: densidades x medição na pista), deve ser admitido como volume de escavação correspondente ao VJC, no máximo, o volume determinado pelo processo geotécnico, acrescido de 3%.
- g) Tal volume de escavação, assim balizado, constituir-se-á no valor a ser considerado para todos os efeitos – inclusive para fins de classificação geológica dos materiais e para pagamento à empreiteira contratada.
- h) A previsão de quantitativos para atender a “perdas” entende-se como dispensável – devendo corresponder ao risco a ser assumido pelo empreiteiro.

Vale dizer que se trata de risco calculado, de pequena magnitude e que pode ser devidamente controlado/ minimizado, à luz das considerações registradas neste Anexo.

Nota: O processo em foco, de utilização de um fator de conversão, já é ordinariamente adotado no caso de impossibilidade ou não conveniência de medição geométrica de empréstimos e/ou ante a utilização de ocorrência comercial - bem como para efeito de composição de custo unitário das camadas de sub-base, base e revestimento da pista.

Para tais camadas, as composições de custos unitários, definem, em cada caso, os “consumos” de areia e/ou solo e/ou brita, a partir da adoção de fatores de conversão.

B.4. ANÁLISE COMPARATIVA

B.4.1. –Na forma do disposto na subseção 4.2.7 da Norma DNIT 104/2009-ES – Terraplenagem – Serviços preliminares, transcrito em B.2.2. deste Anexo, a cada medição mensal dos serviços

executados, com ênfase para as medições referentes ao final de cada trimestre da programação, deverá ser procedida a análise comparativa dos quantitativos de serviços de terraplenagem, considerados em termos de:

dos valores estabelecidos no projeto (Planilha de Brückner);

dos valores medidos/ calculados na ‘pista e bota-foras’ (valores compactados) e “nos cortes e caixas de empréstimo” (in natura);

dos valores inferidos com base na adoção do fator de conversão – conforme abordado em B.3.

Assim, durante o desenvolvimento dos serviços de terraplenagem, há de se providenciar o registro, para cada segmento de aterro, segmento de corte e deposição de material (seja como depósito provisório, seja como bota-fora), dos valores efetivamente executados/calculados/medidos, relativamente aos elementos/dados mencionados em B.2.2. Objetivando facilitar o processo da análise comparativa é recomendável que tais elementos/dados sejam objeto de registro de forma similar à adotada no projeto de engenharia (alternativas de modelos constantes no Anexo A – Metodologia de Brückner).

Cumpra aqui aduzir que, sabidamente, os quantitativos dos serviços de “escavação, carga e transporte de material”, definidos no projeto de engenharia acusam, de forma sistemática, acentuado acréscimo quando da execução dos serviços.

De fato, um conjunto de fatores interfere de forma relevante com o problema – fatores estes que se vinculam aos tópicos a seguir listados:

As indicações do projeto de engenharia;

Os eventos supervenientes suscetíveis de ocorrer, a partir da elaboração do projeto de engenharia e até a plena execução da obra;

As ações da empreiteira executante da obra;

O processo de fiscalização das obras.

Em referência a cada um destes tópicos, cabe o registro que se segue, na forma de B.4.1.1. a B.4.1.4.

B.4.1.1. As indicações do Projeto de Engenharia

Este tópico está sobejamente focado em seções específicas deste Manual, cabendo listar os seguintes títulos:

B.4.1.1.1. A questão de homogeneização (relação entre o volume do material no corte de origem e o volume que este mesmo material ocupará no aterro, após ser compactado), caracterizada por um Fator de Conversão.

B.4.1.1.2. A questão da nova configuração da seção transversal após as operações de desmatamento, destocamento e limpeza, relativamente aos segmentos em aterros e em cortes.

B.4.1.1.3. A hipótese para fins de cubação, de segmento plano, para toda a extensão compreendida entre duas estacas consecutivas.

B.4.1.1.4. A classificação geotécnica estabelecida para os materiais a serem escavados – ante eventuais limitações do aproveitamento do material de 3ª categoria na execução do aterro.

B.4.1.1.5. A questão do abatimento que o terreno natural sofre, em decorrência do peso do aterro que lhe é sobreposto.

B.4.1.2. Os eventos supervenientes suscetíveis de ocorrer, a partir da elaboração do projeto de engenharia e até a plena execução da obra.

Entre tais eventos, cabe destacar os seguintes:

B.4.1.2.1. Ocorrência e evolução de processos erosivos dentro da faixa de domínio da rodovia.

B.4.1.2.2. Identificação (adicional) de ocorrência de solos moles dentro da faixa de domínio da rodovia.

B.4.1.2.3. Exaustão ou comprovação de insuficiência volumétrica de caixas de empréstimo - em função inclusive da utilização, por terceiros ou pelo próprio DNIT em atividade de manutenção de rodovias.

B.4.1.2.4. Embarços potenciais na utilização de caixa de empréstimo, face a condicionamentos ambientais.

B.4.1.2.5. Instituição de novas normas, com exigências adicionais.

B.4.1.3. Ações da Empresa Construtora – Executante da obra.

Cabe registrar, entre outras, as seguintes:

B.4.1.3.1. Marcação incorreta das “Notas de Serviço de Terraplenagem”.

B.4.1.3.2. Operação inadequada na exploração de caixas de empréstimo, em termos de exploração e acabamento dos serviços na caixa.

B.4.1.3.3. Inobservância dos limites estabelecidos para as operações de desmatamento e destocamento.

B.4.1.3.4. Desmotivação para a adoção de procedimentos relacionados com a adequação/complementação do projeto de engenharia, com vistas à otimização técnica-econômica.

B.4.1.4. O processo de fiscalização da obra

Cumprir considerar como relevantes, entre outros tópicos específicos, os seguintes:

B.4.1.4.1. Ausência de um instrumento que, de forma objetiva, contemple especificamente o controle de tais quantitativos.

B.4.1.4.2. Ausência de um instrumento referencial que possa ser utilizado para o balizamento dos quantitativos de execução dos serviços, relativamente a cada segmento programado/ executado.

B.4.1.4.3. Deficiência qualitativa e quantitativa dos recursos alocados/ destacados para a fiscalização/ controle das obras.

B.4.2. No tocante aos quatro tópicos enfocados em B.4.1, cumpre ainda as seguintes considerações:

B.4.2.1. Em referência ao exposto em B.4.1.1, a prática e a metodologia rodoviária – bem como os recursos atualmente disponíveis, garantem a obtenção de valores e resultados satisfatórios – tendendo, portanto, a conduzir a valores referenciais confiáveis. O não atendimento a tais condições devem caracterizar falha grosseira de projeto, como decorrência de negligência, irracionalidades e incapacidade técnica da consultora projetista – configurando desempenho sofrível, por parte da consultora.

B.4.2.2. Em referência ao exposto em B.4.1.2, o problema decorrente deve ser solucionado através da “aferição prévia do projeto”, a ser efetivada imediatamente antes da licitação da obra (no caso de defasagem significativa ou em decorrência de eventos específicos, com a finalidade de se inferir da compatibilidade entre a solução proposta, as condições vigentes e todo o elenco de quantitativos de serviços e disposições técnico-normativas vinculadas ao projeto).

B.4.2.3. Em referência ao exposto em B.4.1.3. e B.4.1.4, os fatores se vinculam de forma indireta e de forma direta ao desempenho da Fiscalização/ Supervisão da obra.

Cabe aqui o registro de que o DNIT não dispõe de um instrumental contendo “diretrizes e instruções” que de forma abrangente definam e precisem as atividades de supervisão das obras (englobando todos os controles: geométrico/ topográfico, geotécnico/ tecnológico e de atividades de apoio e afins – inclusive as referentes à medição de serviços executados).

Mais especificamente, listam-se alguns quesitos que, entre vários outros, vinculados à Fiscalização de obras, podem se constituir em eventos geradores de acréscimos de quantitativos de serviços:

- A não consideração, na forma devida, dos volumes ocupados, no maciço, pelos dispositivos de drenagem transversal (bueiros tubulares e bueiros celulares).
- O suprimento inadequado das “praças de depósito provisório” – conduzindo à escavação em excesso e à existência, *a posteriori*, de material estocado remanescente.
- Os problemas decorrentes das condições de consistência e trabalhabilidade dos solos moles – associadas à forma inadequada do processo construtivo.
- A execução de forma inadequada dos serviços de desmatamento e destocamento – envolvendo inclusive, a inobservância das especificações.
- A frequência de execução e recebimento dos serviços, na condição de limite de tolerância máximo referente ao controle geométrico – bem como o recebimento do serviço onde tais limites (superiores) foram ultrapassados e considerando o critério preconizado para medição dos serviços e respectivo pagamento.
- A operação desordenada das caixas de empréstimo.

- A ausência de dispositivos de drenagem e/ou de proteção contra erosões na plataforma e nas caixas de empréstimo.
- A obtenção, em especial, para as camadas de corpo de aterro, de graus de compactação acima dos recomendados pelo projeto e/ou pelas normas.

B.5. REGISTRO DOS CÁLCULOS E DOS RESULTADOS

B.5.1 – Serviços Preliminares

Norma DNIT 104/2009-ES

Medição (Período)

Serviços executados

Registrar o desenvolvimento de cálculos e os respectivos resultados, considerando o seguinte:

B.5.1.1 – Serviços enquadrados na alínea “a” da subseção 8.1.5 da Norma

B.5.1.1.1 – Serviço de desmatamento e destocamento, na forma da subseção 8.1.1 da Norma;

B.5.1.1.2 – Serviços de destocamento, na forma da alínea “a” da subseção 8.1.2 da Norma;

B.5.1.1.3 – Serviços de destocamento, na forma da alínea “b” da subseção 8.1.2 da Norma.

B.5.1.2 – Serviços enquadrados na alínea “b” da subseção 8.1.5 da Norma;

B.5.1.2.1 – Serviço de desmatamento e destocamento, na forma da subseção 8.1.1 da Norma;

B.5.1.2.2 – Serviços de destocamento, na forma da alínea “a” da subseção 8.1.2 da Norma;

B.5.1.2.3 – Serviços de destocamento, na forma da alínea “b” da subseção 8.1.2 da Norma.

Notas:

1 – Os cálculos auxiliares devem ser elaborados e apresentados na forma dos modelos tradicionalmente adotados;

2 – Os quantitativos de serviços relativamente a cada um dos componentes devem estar referidos ao estaqueamento do eixo e/ou à designação da caixa de empréstimo correspondente.

3 – A partir da segunda medição, inclusive, os valores pertinentes ao somatório das medições anteriores, devem ser devidamente lançados, em linha à parte.

B.5.2 – Caminhos de Serviço

Norma DNIT 105/2009-ES

Medição (Período)

Serviços executados

Registrar o desenvolvimento de cálculos e os respectivos resultados, considerando o seguinte:

B.5.2.1 – Serviços enquadrados na alínea “a” da subseção 8.1.4 da Norma

B.5.2.1.1 – Desmatamento e destocamento ($0 \leq 0,15$ m);

B.5.2.1.2 – Destocamento ($0,15$ m $\leq 0 \leq 0,30$ m);

B.5.2.1.3 – Destocamento ($0 > 0,30$ m);

B.5.2.1.4 – Escavação de corte;

B.5.2.1.5 – Execução de aterros;

B.5.2.1.6 – Outros serviços.

B.5.2.2 – Serviços enquadrados na alínea “b” da subseção 8.1.4 da Norma

B.5.2.2.1 – Desmatamento e destocamento ($0 \leq 0,15$ m);

B.5.2.2.2 – Destocamento ($0,15$ m $\leq 0 \leq 0,30$ m);

B.5.2.2.3 – Destocamento ($0 > 0,30$ m).

B.5.2.2.4 – Escavação de empréstimo;

B.5.2.3 – Serviços enquadrados na alínea “c” da subseção 8.1.4 da Norma

B.5.2.3.1 – Desmatamento, destocamento e limpeza ($0 > 0,15/0,30$ m ou $0 < 0,15/0,30$ m) nas caixas de empréstimo;

B.5.2.3.2 – Desmatamento, destocamento e limpeza ($0 > 0,15/0,30$ m ou $0 < 0,15/0,30$ m) nos caminhos de serviço;

B.5.2.3.3 – Escavação dos cortes;

B.5.2.3.4 – Escavação de empréstimos;

B.5.2.3.5 – Execução de aterros;

B.5.2.3.6 – Outros serviços.

Notas:

1 – Os cálculos auxiliares devem ser elaborados e apresentados na forma dos modelos tradicionalmente adotados;

2 – Só devem ser nesta oportunidade/medição, diretamente repassados para a medição-resumo os quantitativos referentes à subseção B.5.2.3 deste modelo.

3 – Os quantitativos referentes às subseções B.5.2.1 e B.5.2.2 devem ser, em cada caso, ordinariamente considerados na medição dos serviços referentes à implantação de plataforma propriamente dita.

4 – A partir da segunda medição, inclusive, os valores pertinentes ao somatório das medições anteriores devem ser devidamente lançados, em linha à parte.

B.5.3 – Cortes

Norma DNIT 106/2009 ES

Medição (Período)

Serviços executados

Registrar o desenvolvimento de cálculos e os respectivos resultados, considerando o seguinte:

B.5.3.1 – Serviços enquadrados na alínea “a” da subseção 8.1.5 da Norma;

B.5.3.2 – Serviços enquadrados na alínea “d” da subseção 8.1.5 da Norma;

B.5.3.3 – Serviços enquadrados na alínea “e” da subseção 8.1.5 da Norma;

B.5.3.4 – Serviços enquadrados na alínea “b” da subseção 8.1.5 da Norma;

B.5.3.5 – Serviços enquadrados na alínea “c” da subseção 8.1.5 da Norma;

B.5.3.6 – Serviços enquadrados na alínea “f” da subseção 8.1.5 da Norma.

Notas:

1 – Os cálculos auxiliares devem ser elaborados e apresentados na forma dos modelos tradicionalmente adotados;

2 – Os quantitativos, em cada caso, devem estar referidos a cada corte e a cada destino, conforme efetivamente executado, constando ainda os estaqueamentos correspondentes e a respectiva DMT;

3 – Os serviços a que se refere a subseção B.5.3.6 só devem ser repassados à medição-resumo, para efeito de pagamento, em conjunto com os quantitativos pertinentes ao respectivo aterro, então efetivamente executado.

4 – A partir da segunda medição, inclusive, os valores pertinentes ao somatório das medições anteriores, devem ser devidamente lançados, em linha à parte.

B.5.4 – Empréstimos

Norma DNIT 107/2009 ES

Medição (Período)

Serviços executados

Registrar o desenvolvimento de cálculos e os respectivos resultados, considerando o seguinte:

B.5.4.1 – Serviços enquadrados na alínea “a” da subseção 8.1.5 da Norma;

B.5.4.2 – Serviços enquadrados na alínea “b” da subseção 8.1.5 da Norma;

B.5.4.3 – Serviços enquadrados na alínea “c” da subseção 8.1.5 da Norma.

Notas:

1 – Os cálculos auxiliares devem ser elaborados e apresentados na forma dos modelos tradicionalmente adotados;

2 – Os quantitativos, em cada caso, devem estar referidos a cada empréstimo e a cada destino, conforme efetivamente executado, constando ainda os estaqueamentos correspondentes e a respectiva DMT;

3 – Os serviços a que se refere a subseção B.5.4.3 só devem ser repassados à medição-resumo, para efeito de pagamento, em conjunto com os quantitativos referentes ao respectivo aterro, então efetivamente executado.

4 – A partir da segunda medição, inclusive, os valores pertinentes ao somatório das medições anteriores, devem ser devidamente lançados, em linha à parte.

B.5.5 – Aterros

Norma DNIT 108/2009-ES

Medição (Período)

Serviços executados

B.5.5.1 – Serviços enquadrados na alínea “a” da subseção 8.1.1 da Norma;

B.5.5.2 – Serviços enquadrados na alínea “b” do subseção 8.1.1 da Norma;

B.5.5.3 – Serviços referentes à execução/compactação de bota-foras.

Notas:

1 – Os cálculos auxiliares devem ser elaborados e apresentados na forma dos modelos tradicionalmente adotados;

2 – Os quantitativos, em cada caso, devem estar referidos ao(s) segmento(s) de aterro correspondente(s), devidamente identificados através dos respectivos estaqueamentos.

3 – A partir da segunda medição, inclusive, os valores pertinentes ao somatório das medições anteriores, devem ser devidamente lançados, em linha à parte.

ANEXO C

SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO

ANEXO C

SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO

C.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

À medida que vão sendo desenvolvidos os serviços e com a conseqüente implantação de segmento viário, torna-se indispensável que, *pari passu* com a continuidade das obras de implantação, sejam procedidas inspeções ao trecho, objetivando a identificação/deteção de defeitos, cuja ocorrência e evolução podem vir afetar as condições operacionais da via ou mesmo colocarem em risco a sua preservação.

Assim é que, ante a ocorrência de defeitos característicos, devem ser assumidos os procedimentos corretivos pertinentes, objetivando:

Reparar e sanar tais defeitos;

Evitar o agravamento dos mesmos defeitos e/ou o surgimento de defeitos outros, associados aos já ocorridos.

Tais procedimentos corretivos estão devidamente enfocados no Manual de Conservação Rodoviária editado pelo DNIT em 2005, através de um elenco de Instruções de Serviços de Conservação – ISC.

Referido elenco contempla especificamente os componentes relacionados com a infraestrutura viária, através das Instruções a seguir listadas:

ISC 01/04 – Correção de defeitos localizados;

ISC 02/04 – Regularização da plataforma;

ISC 03/04 – Reconformação da plataforma de terraplenagem;

ISC 04/04 – Recomposição de aterros erodidos;

ISC 05/04 – Recuperação de maciços instáveis;

ISC 06/04 – Execução de revestimento primário;

ISC 07/04 – Reconformação e recomposição do revestimento primário da pista;

ISC 17/04 – Manutenção dos dispositivos de drenagem e de obras-de-arte correntes.

As etapas executivas, que se constituem em objetivo da seção 5 de cada uma as instruções listadas, estão a seguir descritas.

Neste sentido, em consonância com as naturezas / modalidades dos defeitos, nos serviços ordinariamente executados, os procedimentos compreendem: correção de defeitos localizados, regularização da plataforma, reconformação da plataforma de terraplanagem, recomposição de aterros erodidos, recuperação de maciços instáveis, execução do revestimento primário, reconformação e recomposição do revestimento primário da pista e manutenção dos dispositivos de drenagem e de obras-de-arte correntes.

Os respectivos processos executivos estão, de forma sistemática, descritos nas subseções seguintes:

C.2. CORREÇÃO DE DEFEITOS LOCALIZADOS

C.2.1. Relativamente à correção de ocorrências na plataforma

a) Demarcação dos limites da área a ser corrigida

O perímetro da área a ser corrigida deve ser marcado, cuidando-se para que apresente configuração de quadrilátero e indicando-se, sempre que possível, ao lado da estrada, com varas, em local que não venha a ser atingido pela lâmina da motoniveladora, os dois extremos (início e fim de cada segmento).

b) Corte e remoção do material comprometido

O material comprometido deve ser retirado com picareta, iniciando-se a escavação no centro, onde o material está mais solto, e dirigindo-se para as bordas, observando tal configuração de quadrilátero e de acordo com a marcação feita. O corte deve atingir toda a espessura da camada comprometida. As paredes laterais do corte devem apresentar uma declividade de 8(V):1(H) e o plano de fundo do corte deve situar-se em terreno firme.

c) Limpeza da cava

Após a remoção de todo o material comprometido, deve ser feita a limpeza da cava, que deve ser varrida com vassoura, retirando-se do interior todo o material solto.

O material desagregado e o material solto devem ser removidos com pá, sendo o entulho depositado em destino adequado.

d) Enchimento da cava

O enchimento da cava deve ser efetivado com solo adequado e que apresente resistência e qualificação superiores ou iguais ao solo local, podendo ser oriundo de saibreiras ou pedreiras, eventualmente existentes nas proximidades e observado o disposto na subseção 3.1 da Instrução de Serviço de Conservação Rodoviária ISC 01/04, do Manual de Conservação Rodoviária.

O lançamento do material deve ser processado, em função da profundidade da cava, em camadas sucessivas, em quantidades tais que, após compactação, venha a alcançar, cada camada, espessura de 10 cm a 20 cm.

e) Compactação da camada

Em continuidade, deve ser procedida a compactação, a ser efetivada após o lançamento de cada camada, devendo, previamente, ser verificado se estão sendo devidamente atendidas as condições estabelecidas para a declividade transversal da plataforma, a conformação geométrica do talude, bem como para o teor de umidade no solo a ser compactado, procedendo-se, conforme o caso, os eventuais ajustes e correções.

A compactação deve iniciar-se pelas bordas, dirigindo-se para o centro da cava, devendo sempre ocorrer uma superposição de 30% de uma passada para a seguinte, a fim de garantir uniformização.

Na operação devem ser utilizados rolos compactadores ou soquetes mecânicos manuais, em função da área a ser tratada.

f) Acabamento

A plataforma acabada deve apresentar-se lisa, com a declividade transversal adequada, inclusive a superelevação nas curvas, compatível com as áreas adjacentes.

C.2.2. Relativamente à ocorrência de poeira em suspensão

Para eliminar/aliviar a formação e a permanência de poeira em suspensão, a solução mais eficiente compreende a estabilização do solo, a qual pode ser obtida através de vários procedimentos envolvendo, por exemplo, a utilização do Road Oil, do solo-asfalto e do solo-cal. Tais processos são,

contudo, relativamente onerosos, razão pela qual são pouco adotados. A prática mais frequentemente usada consiste nas passagens por áreas mais habitadas, em irrigar-se frequentemente a pista, mantendo-se em condições de umidade controlada. Tal prática tem lugar, em especial, nos horários de pico do tráfego e se efetiva, ainda, o controle da velocidade.

C.3. REGULARIZAÇÃO DA PLATAFORMA

a) Demarcação da área a ser regularizada

Os limites da área a ser regularizada devem ser marcados indicando-se, ao lado da estrada, com varas, em local que não venha a ser atingido pela lâmina da motoniveladora, os dois extremos (início e fim de cada segmento). A extensão da faixa de trabalho, que deve ser executada em meia pista, de forma a não interromper-se o tráfego usuário e favorecer uma razoável distribuição dos materiais, não deve exceder o limite de 200 m.

b) Limpeza da área

Para permitir a execução dos serviços, deve ser feita a limpeza preliminar da superfície da área demarcada, removendo-se manualmente todos os entulhos, pedras e detritos que possam comprometer a operação da motoniveladora, tanto impedindo o seu deslocamento como possibilitando a contaminação do material a ser reaproveitado.

c) Corte do material a ser trabalhado

Deve ser efetivado o corte do material a ser trabalhado com a motoniveladora, em meia pista, preparando-se uma leira próxima do eixo, sem destruir o abaulamento da rodovia. No caso do material encontrar-se excessivamente seco, deve ser umedecido, para facilitar o corte e evitar a poeira que compromete a segurança do tráfego.

O trabalho deve iniciar-se da borda da plataforma para o eixo, ajustando-se a lâmina paralelamente à seção transversal, devendo ter-se o cuidado de não remover-se excessivamente o material consolidado da pista e buscando conformar-se a superfície para uma declividade de 3% a 5%.

Deve ser evitada a passagem das rodas da motoniveladora sobre a leira, com o que esta seria compactada, dificultando o posterior espalhamento do material.

d) Espalhamento da leira

Após a raspagem e o enleiramento do material a ser colocado na superfície da rodovia, executa-se com a motoniveladora, o seu espalhamento, sendo o material distribuído ao longo da pista, do eixo para a borda.

O espalhamento deve ser uniforme, de modo a obter-se uma camada homogênea e com espessura variando entre 10 cm e 20 cm, após compactação.

e) Compactação da camada

Em continuidade, deve ser procedida a compactação, a ser efetivada a cada camada, devendo previamente ser verificado se estão sendo devidamente atendidas as condições estabelecidas para a declividade transversal da plataforma, a conformação geométrica do talude, bem como para o teor de umidade no solo a ser compactado, procedendo-se, conforme o caso, aos eventuais ajustes e correções.

A compactação, nos trechos em tangente, deve ser iniciada a partir da borda, dirigindo-se para o eixo, devendo sempre ocorrer uma superposição de 30% de uma passada para a seguinte, a fim de garantir uniformização. Nos trechos em curva, a compactação deve ser processada no sentido da borda interna para a borda externa.

Na operação podem ser utilizados a própria motoniveladora, o próprio tráfego usuário e, se disponíveis, rolos compactadores.

f) Acabamento

A plataforma acabada deve apresentar-se lisa, com a declividade transversal adequada, compatível com as áreas adjacentes, e estando funcionando adequadamente todos os dispositivos de drenagem.

Nota: As etapas de trabalho, uma vez executadas em uma faixa, devem ser procedidas na outra metade da pista, para completar a regularização na seção transversal.

C.4. RECONFORMAÇÃO DA PLATAFORMA DE TERRAPLANAGEM

A reconformação compreende as seguintes etapas:

a) Demarcação da área a ser reconformada

Os limites da área a ser reconformada devem ser marcados, indicando-se, ao lado da estrada, com varas, em local que não venha a ser atingido pela lâmina da motoniveladora, os dois extremos (início e fim de cada segmento). A extensão da faixa de trabalho, que deve ser executada em meia pista, de forma a não interromper-se o tráfego usuário e favorecer uma razoável distribuição dos materiais, não deve exceder o limite de 200 m.

b) Limpeza da área

Para permitir a execução dos serviços, deve ser feita a limpeza preliminar da superfície da área a ser reconformada, removendo-se manualmente todos os entulhos, pedras e detritos que possam comprometer a operação da motoniveladora, tanto impedindo o seu deslocamento, como possibilitando a contaminação do material a ser reaproveitado.

c) Corte e enleiramento do material

Deve ser efetivado o corte do material comprometido, utilizando-se a motoniveladora, em meia pista, e preparando-se uma leira próxima do eixo. No caso do material encontrar-se excessivamente seco, deve ser umedecido, para facilitar o corte e evitar a poeira que compromete a segurança do tráfego.

O trabalho deve iniciar-se da borda da plataforma para o eixo, ajustando-se a lâmina paralelamente à seção transversal, devendo ter o cuidado de não remover excessivamente o material consolidado da pista, e buscando conformar-se a superfície para uma declividade de 3% a 5%.

Deve ser evitada a passagem das rodas da motoniveladora sobre a leira, com o que esta seria compactada, dificultando o espalhamento do material.

d) Espalhamento da leira

Após a raspagem e o enleiramento do material existente, e a ser colocado na superfície da rodovia, executa-se com a motoniveladora o seu espalhamento, sendo o material distribuído ao longo da pista, do eixo para a borda.

O espalhamento deve ser uniforme, de modo a obter-se uma camada homogênea e com espessura constante, mas que deve ser complementada com a incorporação de material adicional, para alcançar-se o greide desejado.

e) Colocação e espalhamento do material adicional

Após o espalhamento do material existente na plataforma, deve ser colocado e espalhado o material adicional, cujas características devem ser semelhantes ou superiores às do material existente e observado o disposto na subseção 3.1 da ISC – 03/2004 do Manual de Conservação Rodoviária.

O material adicional, a ser transportado preferencialmente por caminhões basculantes, deve ser descarregado na área a ser reconformada e distribuído, de forma a facilitar a operação de espalhamento pela motoniveladora.

Em função do greide final desejado para plataforma, tal material deve ser distribuído em camadas sucessivas e em quantidades tais que, após compactação, venha a alcançar, cada camada, espessura de 10 cm a 20 cm.

f) Compactação da camada

Em continuidade, deve ser procedida a compactação, a ser efetivada após o lançamento de cada camada, devendo previamente ser verificado se estão sendo devidamente atendidas as condições estabelecidas para a declividade transversal da plataforma, a conformação geométrica do talude, bem como para o teor de umidade no solo a ser compactado, procedendo-se, conforme o caso, os eventuais ajustes e correções.

A compactação nos trechos em tangente deve ser iniciada a partir da borda, dirigindo-se para o eixo, devendo sempre ocorrer a superposição de 30% de uma passada para a seguinte, de forma a garantir uniformidade. Nos trechos em curva, a compactação deve ser processada no sentido da borda interna para a borda externa.

Na operação devem ser utilizados rolos compactadores, podendo ser usada também a própria motoniveladora.

g) Acabamento

A plataforma acabada deve apresentar-se lisa, com a declividade transversal adequada, inclusive a superelevação das curvas, compatível com as áreas adjacentes, e estarem funcionando adequadamente todos os dispositivos de drenagem.

Nota: As etapas de trabalho, uma vez executadas em uma faixa, devem ser procedidas na outra metade da pista, para completar a regularização na seção transversal.

C.5. RECOMPOSIÇÃO DE ATERROS ERODIDOS

a) Demarcação dos limites da área a ser recomposta

Os limites da área a ser recomposta devem ser marcados, indicando-se, ao lado da estrada, com varas, em local que não venha a ser atingido pela lâmina da motoniveladora, os dois extremos (início e fim de cada segmento). A extensão da faixa de trabalho, que deve ser executada sempre em meia pista, de forma a não se interromper o tráfego usuário e favorecer uma razoável distribuição dos materiais, não deve exceder o limite de 200 m.

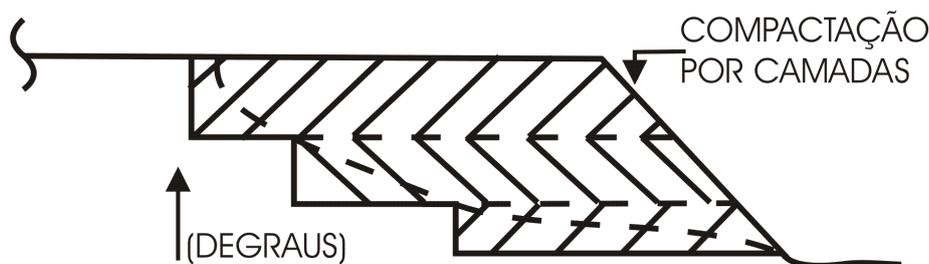
b) Limpeza da área

Para permitir a execução dos serviços, deve ser feita a limpeza preliminar da superfície da área demarcada, removendo-se manualmente todos os entulhos, pedras e detritos, que possam comprometer a operação do equipamento, tanto impedindo o seu deslocamento, como possibilitando a contaminação do material a ser reaproveitado.

c) Recomposição do aterro propriamente dita

A recomposição do aterro deve ser feita preferencialmente de forma escalonada, através de degraus em seus taludes, conforme mostrado na Figura C.1 a seguir.

Figura C.1 – Recomposição do aterro



Eventualmente, em função do vulto da erosão ou dos recalques existentes, e se julgado conveniente, a recomposição pode ser executada por meio de arrasamento parcial do aterro existente, sendo que o correspondente material escavado deve ser utilizado até a cota máxima que garanta o seu espalhamento, na plenitude, ao longo de toda a largura da plataforma, referida a tal cota.

Em sequência, a execução do aterro deve ter continuidade, com a utilização de material importado.

Em qualquer caso, o material que, quando importado, deve ter características semelhantes ou melhores que as do aterro existente, e observado o disposto na subseção 3.1 da ISC 04/2004 do citado Manual de Conservação Rodoviária, deve ser lançado, em função da espessura total a ser recomposta, em camadas sucessivas e em quantidades tais que, após compactação, venha a alcançar, cada camada, uma espessura de 10 cm a 20 cm.

Em continuidade, deve ser procedida a compactação, a ser efetivada a cada camada, devendo previamente ser verificado se estão sendo devidamente atendidas as condições estabelecidas para a declividade transversal da plataforma, a conformação geométrica do talude, bem como para o teor de umidade no solo a ser compactado, procedendo-se, conforme o caso, aos eventuais ajustes e correções.

Na operação de compactação, devem ser utilizados rolos compactadores ou soquetes mecânicos manuais, em função da área a ser tratada.

d) Implantação dos sistemas de drenagem e de proteção

A fim de proteger os taludes contra os efeitos da erosão, devem ser executadas adequadas drenagem superficial e obras de proteção.

Assim é que deve ser promovida:

Construção de banquetas, meios-fios, descidas d'água e valetas;

Plantação de gramíneas e/ou execução de patamares, com o objetivo de diminuir o efeito erosivo das águas. Para tanto, podem ser adotados os procedimentos correspondentes, descritos na ISC-05/04 do Manual de Conservação Rodoviária, do DNIT.

Nota: Para aterros mais baixos (altura inferior a dois metros) podem-se considerar dispensáveis tais dispositivos de drenagem e de proteção, devendo-se, no caso, manter o acostamento com inclinação adequada, de modo a permitir que as águas superficiais escoem ao longo de toda a borda da plataforma, em lençóis ou filetes finos.

e) Acabamento

A plataforma acabada deve apresentar-se lisa, com a declividade transversal adequada, inclusive a superelevação nas curvas, compatível com as áreas adjacentes, o aterro devidamente reconformado e com todos os componentes do sistema de drenagem e de proteção funcionando satisfatoriamente.

Nota 1: Para as erosões de vulto mais reduzido, a recomposição pode ser efetivada, total ou parcialmente, por processo manual e sendo adotados os procedimentos descritos.

Nota 2: Os procedimentos descritos podem ser também adotados para correção de um talude que tenha sofrido um escorregamento de pequenas proporções.

C.6. RECUPERAÇÃO DE MACIÇOS INSTÁVEIS

C.6.1. Reconformação geométrica da superfície do talude a ser tratado, com alteração de sua declividade

a) Demarcação dos limites da área a ser recuperada

Os limites da área a ser recuperada devem ser marcados, indicando-se, ao lado da estrada, com varas, em local que não venha a ser atingido pela lâmina da motoniveladora, os dois extremos (início e fim de cada segmento). A extensão da faixa de trabalho, que deve ser executada sempre em meia pista, de forma a não se interromper o tráfego usuário e favorecer uma razoável distribuição dos materiais, não deve exceder o limite de 200 m.

b) Regularização da superfície

Esta operação envolve a retirada dos materiais escorregados ou desmoronados, constituídos preponderantemente de solos e de blocos de rochas soltas.

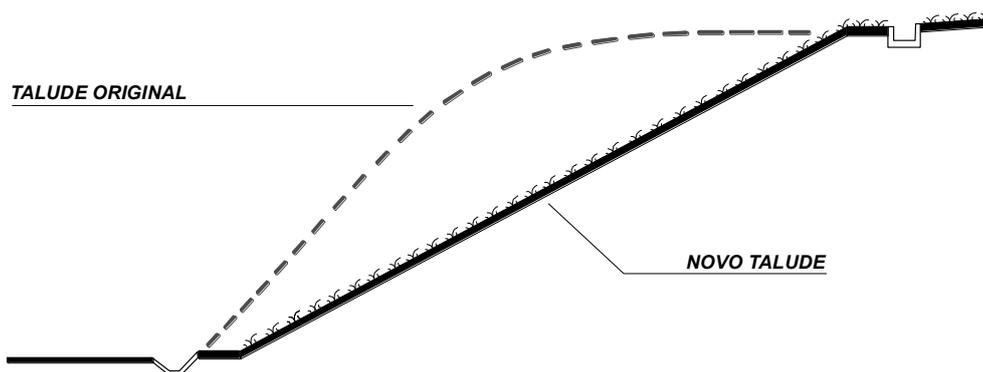
c) Suavização do talude

As operações pertinentes que, em parte, podem ser feitas em conjunto com a focalizada na subseção 5.1.2 da Instrução de Serviço de Conservação ISC-05 do Manual de Conservação Rodoviária se constituem na execução de movimentos de terra, com a finalidade de obter-se um aumento de segurança contra o escorregamento, pela suavização ou diminuição da inclinação do talude.

No caso de aterros, estes devem ser devidamente alargados e compactados, adotando-se, para tal, a sistemática de escavação denteada.

No caso dos maciços de cortes, os trabalhos a serem desenvolvidos pelas máquinas e homens devem ser executados de montante para jusante.

Figura C.2 – Suavização do talude



Nas operações de compactação, o material a ser compactado deve estar disposto em quantidade tal que, após compactação, cada camada venha a alcançar espessura entre 10 cm e 20 cm.

Nota 1: No caso de aterros mais baixos (altura inferior a 2 m), deve-se manter o acostamento com inclinação adequada, de modo a permitir que as águas superficiais escoem ao longo de toda a borda da plataforma, em lençóis ou filetes finos.

Nota 2: A Tabela C.1, que se segue, orienta quanto à declividade ideal a ser adotada para os taludes de aterro, ante as condições específicas nela registradas.

Tabela C.1 – Declividade ideal para taludes de aterros

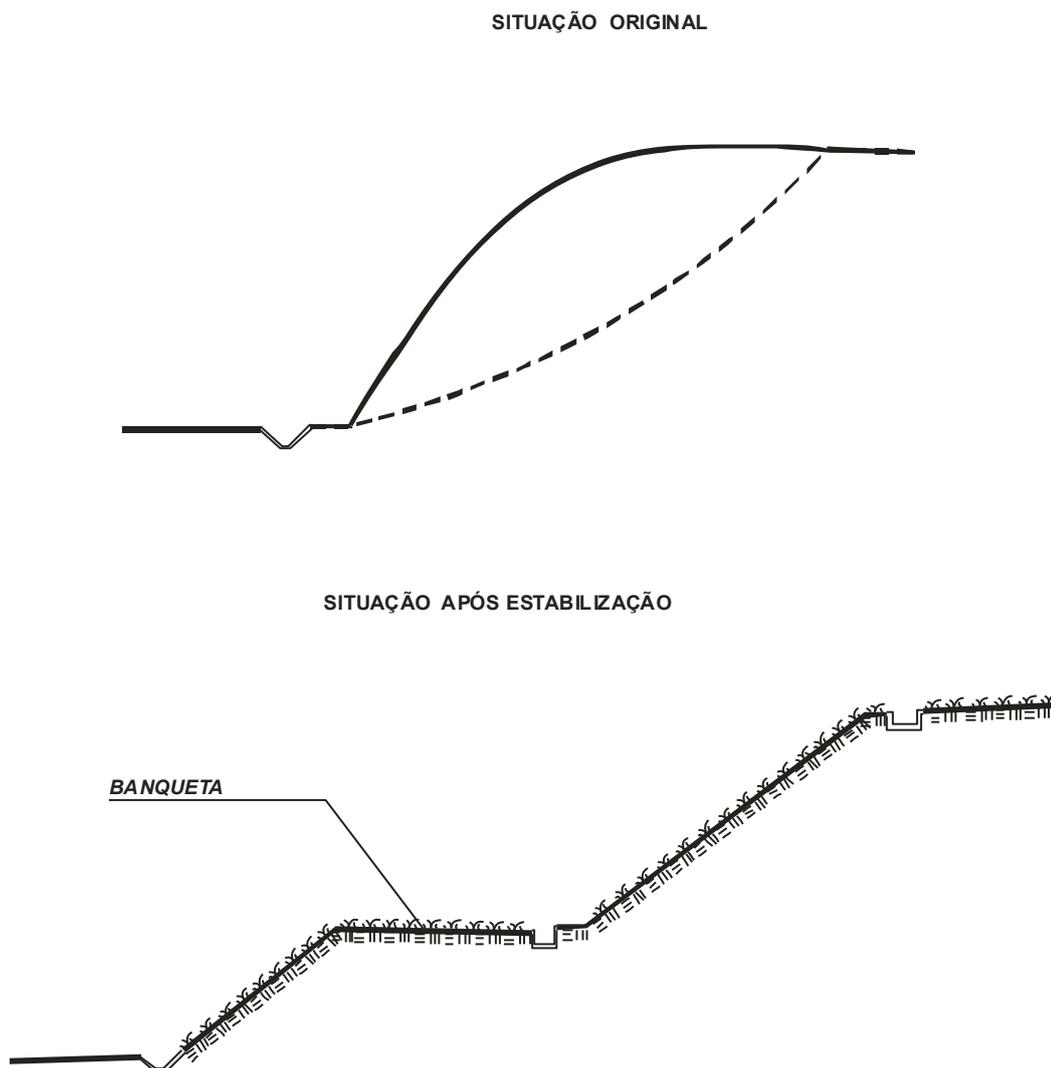
Classificação do Solo	Aterros não Sujeitos a Inundação		Aterros Sujeitos a Inundação	
	Altura do Aterro (m)	Inclinação do Talude	Altura do Aterro (m)	Inclinação do Talude
A - 2 - 4	inf. a 15 m	2 : 1	inf. a 3 m	3 : 1
A - 2 - 5	inf. a 15 m	2 : 1	inf. a 15 m	3 : 1
A - 4	inf. a 15 m	2 : 1	inf. a 15 m	3 : 1
A - 5	inf. a 15 m	2 : 1	inf. a 15 m	3 : 1
A - 6	inf. a 15 m	2 : 1	inf. a 15 m	3 : 1
A - 7	inf. a 15 m	2 : 1	inf. a 15 m	3 : 1

d) Escalonamento da superfície do talude

Deve ser procedida, na superfície do talude, então suavizado e devidamente alargado, a execução de degraus, com canaletas de drenagem revestidas, espaçadas verticalmente de 7 m a 9 m, em média, cujo objetivo é diminuir a ação erosiva das águas, facilitando a construção da drenagem superficial;

Os degraus devem ter declividades de cerca de 2% a 3%, no sentido de fora para dentro do talude, a fim de conduzir as águas pluviais às canaletas, que se desenvolvem longitudinalmente.

Figura C.3 – Escalonamento da superfície do talude



É boa técnica, em taludes de até 100 m de extensão, orientar o sentido das águas nas canaletas para um único lado.

Nos cortes de até 250 m de extensão, essa orientação deve ser feita, estabelecendo um ponto alto no meio de cada degrau e conduzindo a saída para os dois extremos.

Em cortes acima de 250 m é, às vezes, necessário construir, ao longo da seção transversal do talude, descidas de água em degraus, criando assim saídas intermediárias.

e) Implantação do sistema de drenagem e de proteção

A fim de proteger os taludes contra os efeitos da erosão, devem ser executadas adequadas drenagem superficial e obras de proteção.

Assim é que deve ser promovida:

Construção de valetas, banquetas, meios-fios, descidas d'água, canaletas no pé dos taludes, bem como a colocação de coletores que retirem do maciço toda a água drenada;

Proteção vegetal e/ou execução de patamares, com o objetivo de diminuir o efeito erosivo da água, observando o disposto nas subseções 5.1.5.1 e 5.1.5.2 da Instrução de Serviço de Conservação ISC 05, do Manual de Conservação Rodoviária, de 2005;

Enrocamento no pé do aterro.

f) Proteção vegetal

Consiste a proteção vegetal na utilização de vegetais diversos, com o fim de preservar taludes, áreas de empréstimos, banquetas, descidas d'água, sarjetas e jazidas utilizadas para obtenção de materiais de construção e outras áreas que tenham sofrido alterações na sua cobertura vegetal, dando-lhes condições de resistência à erosão.

Qualquer que seja o processo de proteção vegetal, é indispensável que a área esteja drenada.

– Processos de Proteção Vegetal:

Leivas (Placas) - nas proximidades do canteiro de serviço e de cobertura de terrenos friáveis, não consolidados, em especial quando houver facilidade de aquisição.

Mudas - em caso de terrenos planos ou de pouca declividade.

Semeadura - em qualquer tipo de terreno, desde que devidamente preparado.

Arborização - O plantio de árvores e arbustos deve ser executado, visando ao controle da erosão, consolidação de áreas exploradas e do corpo estradal, sombreamento de descanso e recreação, proporcionando também a integração paisagística de áreas objetos de intervenções decorrentes de obras rodoviárias e da própria rodovia, na natureza que a cerca.

– Grama Vetiver

Originário da Malásia, o Vetiver (*Andropogon Squarrosus*), da família das gramíneas, está despertando interesse mundial na proteção de áreas com plantio de espécies vegetais.

O Vetiver possui raízes que alcançam até 3 metros de profundidade, com capacidade de penetrar em fendas nas camadas rochosas e de proporcionarem total enredamento entre as diversas camadas do solo, combatendo, assim, o deslizamento de taludes.

Suas raízes e a cobertura formada por suas hastes, que alcançam 1,5 m de altura, permitem a retenção de águas e sedimentos superficiais, criando um sistema de terraceamento nos taludes, prevenindo o assoreamento em áreas lindeiras.

Outra vantagem desta gramínea é sua característica de "não invasora", ou seja, não destrói outras espécies vegetais, podendo inclusive ser utilizada como faixa delimitadora de áreas.

Possui grande versatilidade climática, suportando bem chuvas torrenciais e estiagens prolongadas, além de apresentar resistência a ação de queimadas.

– Plantio em mantas contínuas

Este método é indicado para taludes suaves e curtos, onde a ação das águas não se fará sentir com intensidade, compreendendo os seguintes componentes construtivos:

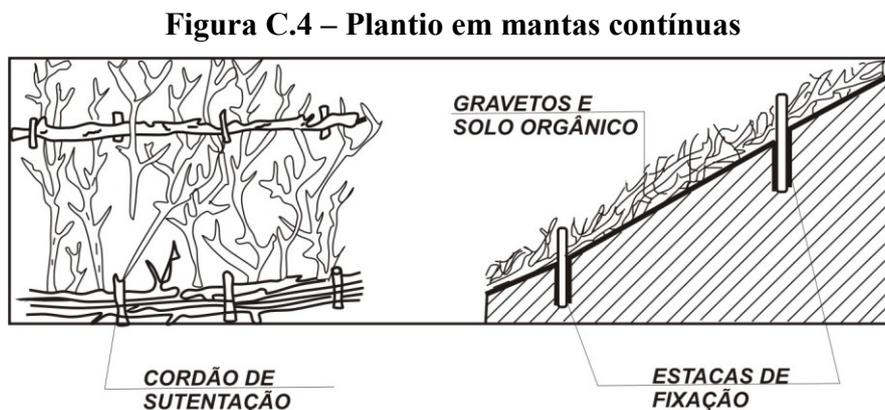
Cordão de sustentação (gravetos);

Estacas de sustentação;

Superfície escarificada do talude;

Gramínea;

Manta de solo orgânico e gravetos.



– Plantio em canteiros escalonados

Variação do item anterior, este processo garante a sustentação do plantio em taludes mais longos e com inclinação acentuada, pois evita concentração, escoamento das águas superficiais por grandes extensões/áreas, compreendendo os seguintes componentes construtivos:

Cordão de sustentação (gravetos);

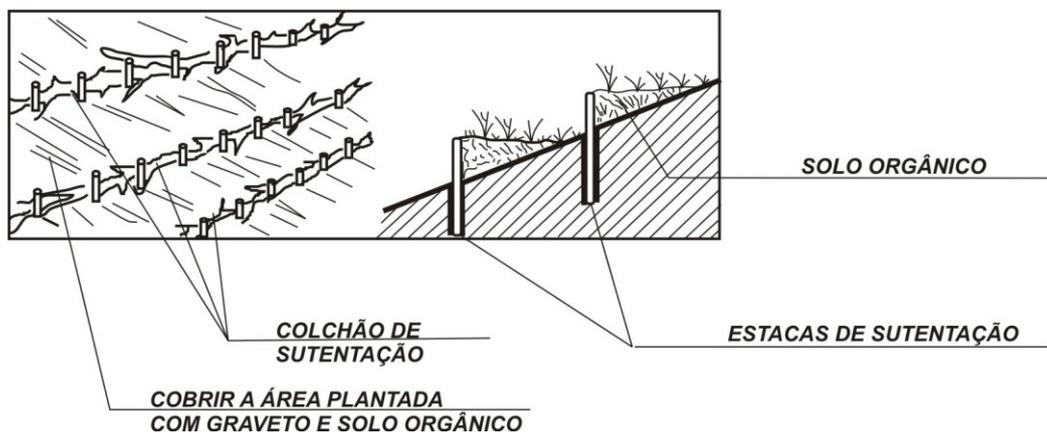
Estacas de sustentação;

Superfície escarificada do talude;

Solo orgânico;

Gramínea.

Figura C.5 – Plantio de canteiros escalonados



– Plantio consorciado a rip-rap para reconformação de taludes

Este método é recomendado para recuperação de taludes sob a ação de erosão superficial, com presença de umidade do solo, compreende o plantio de vegetação com raízes profundas nas faixas de solo entre as pedras componentes do rip-rap.

Figura C.6 – Plantio consorciado a rip-rap – Talude atual

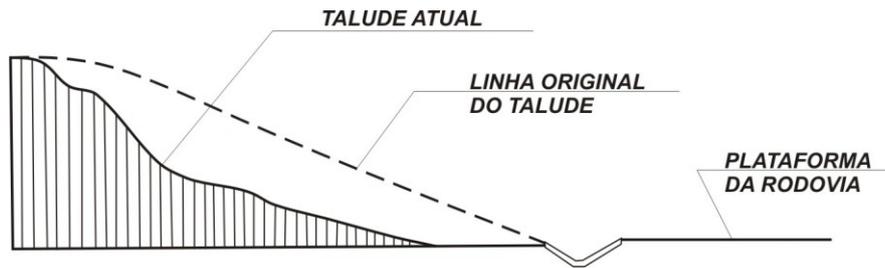
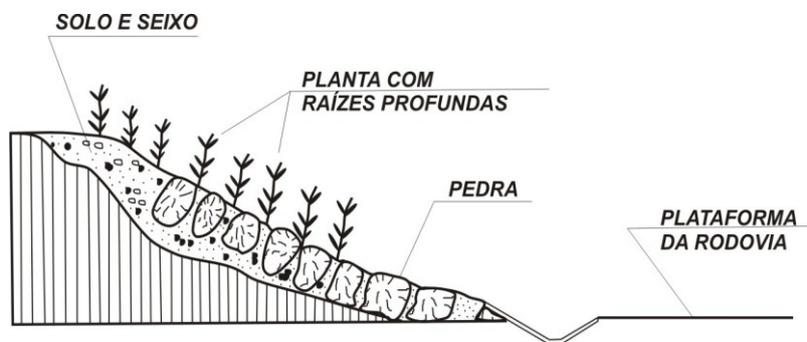


Figura C.7 – Plantio consorciado a rip-rap – Talude recuperado



g) Acabamento

O talude acabado deve apresentar-se liso, com a declividade transversal adequada, compatível com as áreas adjacentes, o corte e/ou aterro devidamente reconformado e com todos os componentes do sistema de drenagem e de proteção funcionando satisfatoriamente.

C.6.2. Execução da regularização na superfície dos taludes a serem tratados sem alteração de sua declividade

a) Demarcação dos limites da área a ser recuperada

Os limites da área a ser recuperada devem ser marcados, indicando-se, ao lado da estrada, com varas, em local que não venha a ser atingido pela lâmina da motoniveladora, os dois extremos (início e fim de cada segmento). A extensão da faixa de trabalho, que deve ser executada em meia pista, de forma a não interromper-se o tráfego usuário e favorecer uma razoável distribuição dos materiais, não deve exceder o limite de 200 m.

b) Regularização propriamente dita

Envolve a regularização da superfície do talude, cortando-se a parte afetada e promovendo-se, eventualmente, o seu escalonamento, de tal modo que facilite a implantação de um sistema de drenagem superficial.

c) Implantação do sistema de drenagem e de proteção

A fim de proteger os taludes contra os efeitos da erosão, devem ser executadas adequadas drenagem superficial e obras de proteção.

Assim é que devem ser promovidas:

Construção de valetas, banquetas, meio-fios, descidas d'água, canaletas no pé dos taludes;

Plantação de gramíneas e/ou execução de patamares, com o objetivo de diminuir o efeito erosivo da água, adotando-se, conforme o caso, o disposto nas subseções 5.1.5.1 e 5.1.5.2, da Instrução de Serviço de Conservação ISC 05, do Manual de Conservação Rodoviária, do DNIT;

Enrocamento no pé do aterro.

Em determinados casos, quando os taludes se apresentam estáveis quanto à sua geometria, porém sujeitos a escorregamentos profundos, erosão superficial e infiltração de águas pluviais, é dispensável a regularização, mantendo-se a superfície do talude sem qualquer modificação e executando-se um sistema de drenagem superficial e subterrânea.

d) Acabamento

O talude acabado deve apresentar-se liso, com a declividade transversal adequada, compatível com as áreas adjacentes, o aterro devidamente reconformado e com todos os componentes do sistema de drenagem e de proteção funcionando satisfatoriamente.

C.7. EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO PRIMÁRIO

a) Demarcação da área

Os limites da área a ser trabalhada devem ser marcados, indicando-se, ao lado da estrada, com varas, em local que não venha a ser atingido pela lâmina da motoniveladora, os dois extremos (início e fim de cada segmento). A extensão da faixa de trabalho, que deve ser executada sempre em meia pista, de

forma a não interromper-se o tráfego usuário e favorecer uma razoável distribuição dos materiais, não deve exceder o limite de 200 m.

b) Limpeza da área

Para permitir a execução dos serviços, deve ser feita a limpeza preliminar da superfície da área demarcada, removendo-se manualmente todos os entulhos, pedras e detritos, que possam comprometer a operação do equipamento, tanto impedindo o seu deslocamento como possibilitando a contaminação do material a ser reaproveitado.

c) Preparo da plataforma

Esta operação, cuja finalidade principal é conferir à plataforma existente uma declividade transversal satisfatória, se torna simplificada, se tal plataforma existente, a par de apresentar algumas irregularidades, apresenta greide e declividade transversal aceitáveis, a qual pode ou deve então ser objeto, apenas, de ligeiras conformações.

Neste caso se trabalha só com o material já existente na plataforma e adotando-se, devidamente, os procedimentos definidos nas subseções 5.3, 5.4 e 5.5 da ISC 02/04, integrante do Manual de Conservação do DNIT, de 2005.

Na hipótese de o greide e/ou a seção transversal apresentarem-se de forma insatisfatória, deve ser processada, então, a incorporação de material adicional.

Assim, após o espalhamento da leira formada com o material existente na plataforma, devem ser adotados os procedimentos definidos nas subseções 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 da ISC 03/04, também do Manual de Conservação do DNIT, de 2005.

d) Descarga do material do revestimento primário na pista

Após o preparo da plataforma, o material de revestimento primário, transportado em caminhões basculantes, deve ser descarregado na pista, formando leiras. Em havendo a presença maciça de agregados graúdos no material do revestimento, deve ser procedida a escarificação branda da leira da pista.

O material de revestimento é depositado na área central da pista ou nas bordas, dependendo da largura da plataforma, com espaçamento suficiente para obter-se a espessura final desejada.

Na jazida ou local de empréstimo, a carregadeira deve estocar o material em quantidades suficientes para serem utilizadas no trecho em revestimento.

Foto C.1 – Escavação do material



A escavação e o depósito devem ser feitos em montes baixos e largos, de maneira a evitar a segregação do material graúdo. Quando os trabalhos de uma determinada etapa de serviço, no campo, estiverem concluídos, deve ser procedida uma limpeza no pátio de exploração, preparando, assim, a área para operações subsequentes.

Foto C. 2 – Deposição do material



Foto C.3 – Deposição do material



Foto C.4 – Deposição do material



e) Espalhamento do material

Em sequência à descarga do material na pista e sua eventual redução, deve ser procedido o seu espalhamento, homogeneamente sobre a pista, removendo pedras de porte indesejável, bem como materiais estranhos ao revestimento.

O espalhamento do material deve ter início quando houver um trecho, cuja extensão atinja, pelo menos, 200 metros de material depositado, e deve ser realizado pela motoniveladora em toda a largura a ser trabalhada.

Alternadamente ao espalhamento do material, e se houver necessidade, o material deve ser irrigado pelo caminhão-tanque, até que o teor de umidade esteja adequado para a compactação.

No caso de excesso de umidade, utiliza-se o recurso do próprio escarificador da motoniveladora ou ainda, a passagem da grade de disco.

Foto C.5 – Espalhamento do material



Ao final da operação de espalhamento, deve ser verificado se a declividade atende ao valor estabelecido, procedendo-se os eventuais ajustes, após o que deve ser iniciada a operação final de compactação da camada.

No caso do revestimento primário ser constituído por uma mistura de dois materiais, os materiais constituintes são espalhados e preparados na pista em duas camadas, cada uma correspondendo a cada um dos materiais e sendo as respectivas espessuras proporcionais à sua participação na mistura (traço).

Em sequência procede-se, sucessivamente, a devida mistura/homogeneização dos materiais e os eventuais ajustes de umidade e geometria, após o que deve ser iniciada a operação final de compactação da camada.

f) Compactação da camada

O material espalhado deve ser compactado, iniciando-se a operação, nos trechos em tangente no sentido das bordas para o eixo. Nas curvas, a compactação deve iniciar-se no sentido da borda interna para a externa. O equipamento compactador deve proceder tantas passadas quantas forem necessárias, executando o trabalho por faixa de rolamento. A compactação deve ser iniciada a partir da borda, dirigindo-se para o eixo, devendo sempre ocorrer uma superposição de 30% de uma passada para a seguinte, a fim de garantir uniformização.

Durante as operações de compactação, o material não deve sofrer irrigação, de forma a evitar-se que o mesmo fique aderido ao rolo. Ao final das operações de compactação, o sistema de drenagem deve ser verificado, para que não ocorram obstruções, caso contrário, o desempenho destes dispositivos fica prejudicado.

Para fins de orientação e programação dos serviços, recomenda-se a realização de testes de compactação em pequenos trechos experimentais, objetivando correlacionar-se o número de passadas do equipamento de compactação com a obtenção de um nível adequado de densidade para a superfície. Para tanto, deve proceder-se da seguinte forma:

Depois de compactada a superfície, testar a passagem em velocidade reduzida de caminhões basculantes carregados;

Se verificada a inexistência de deformações na pista, considerar a compactação concluída;

Caso contrário, dar continuidade ao trabalho do rolo compactador, repetindo-se a operação anterior.

Foto C.6 – Compactação



g) Acabamento

A plataforma acabada deve apresentar-se lisa, com a declividade transversal adequada, inclusive a superelevação das curvas, compatível com as áreas adjacentes e estando funcionando adequadamente todos os dispositivos de drenagem.

Foto C.7 – Plataforma acabada



Foto C.8 – Plataforma acabada – Detalhe



Nota: As etapas de trabalho, uma vez executadas em uma faixa, devem ser procedidas na outra metade da pista, para completar a execução do revestimento primário.

C.8. RECONFORMAÇÃO E RECOMPOSIÇÃO DO REVESTIMENTO PRIMÁRIO DA PISTA

C.8.1. Recomposição em faixas contínuas da pista

a) Demarcação dos limites da área a ser trabalhada

O limite da área a ser recomposta deve ser marcado, indicando-se, ao lado da estrada, com varas, em local que não venha a ser atingido pela lâmina da motoniveladora, os 2 extremos (início e fim de cada segmento). A extensão da faixa de trabalho, que deve ser executada em meia pista, de forma a não

interromper totalmente o tráfego e favorecer uma razoável distribuição dos materiais, não deve exceder o limite de 200 m.

b) Limpeza da área

Para permitir a execução dos serviços, deve ser feita a limpeza preliminar da sua superfície, removendo-se manualmente todos os entulhos, pedras e detritos que possam comprometer a operação da motoniveladora, tanto impedindo o seu deslocamento como possibilitando a contaminação do material a ser reaproveitado.

Além das pedras grandes, os bolsões de lama que possam ter-se formado na pista também devem ser removidos, para não comprometer o material.

c) Corte e escarificação do material

Após a limpeza da pista, efetua-se a reconformação da superfície, utilizando o material existente, com a motoniveladora, cortando-o de modo a formar uma leira, próximo ao eixo da pista.

Esta escavação deve ser mais fácil se o material estiver úmido. Caso esteja excessivamente seco, deve ser umedecido com o caminhão-pipa e/ou, se necessário, utilizar-se o escarificador.

A operação de corte deve ser iniciada na borda da plataforma e na direção do eixo da pista, trabalhando-se em tantas passadas quantas forem as necessárias e, em todas as passadas, a lâmina deve estar inclinada para dentro a 45% do eixo da estrada. Somente na passada da faixa central a lâmina deve estar na posição normal ao eixo da estrada.

A motoniveladora deve operar a velocidade reduzida, sem vibração da lâmina e não devendo ser permitida a passagem das rodas da motoniveladora sobre a leira, para não compactá-la, dificultando seu espalhamento posterior.

O corte deve ser superficial, cuidando-se para que seja removido, ao mínimo, o material consolidado existente na pista, evitando-se a mistura do material do revestimento primário com o subleito, para não contaminá-lo, e buscando-se conformar a superfície para uma declividade transversal entre 3% e 4%.

d) Espalhamento do material

Após ter sido formada a leira, ela deve ser espalhada e compactada.

Para o espalhamento, deve ser realizada operação inversa daquela anteriormente executada, isto é, espalhando no sentido do eixo da pista para a borda externa da pista.

O espalhamento deve ser uniforme, com espessura constante situada entre 10 e 20 cm, em termos de camada compactada, devendo obter-se uma camada contínua, preservando-se a declividade transversal e cuidando para não afetar os dispositivos de drenagem, o que prejudicaria o escoamento das águas.

e) Compactação do revestimento

Após o espalhamento do material, e uma vez constatado que a espessura atende ao valor desejado, deve ser procedida a compactação do revestimento primário, devendo previamente ser verificado se estão sendo devidamente atendidas as condições estabelecidas para a declividade transversal da plataforma, a conformação geométrica do talude, bem como para o teor de umidade do solo a ser compactado, procedendo-se, conforme o caso, os eventuais ajustes e correções.

A compactação deve ser iniciada, no caso de trecho em tangente, na borda da pista, dirigindo para o seu eixo, devendo sempre ocorrer uma superposição de 30% em cada passada, para garantir a uniformidade da compactação. No caso de trechos em curva, a compactação deve ser executada no sentido da borda interna para a borda externa.

Na operação, devem ser utilizados rolos compactadores.

Se for constatado que a espessura não atende ao valor desejado, antes da compactação deve ser procedida incorporação do material adicional, cujas características devem atender às especificações preconizadas pelo DNIT para o revestimento primário, e/ou conforme reportado na subseção 3.1 da Instrução de Serviço de Conservação ISC 07/04, do Manual de Conservação Rodoviária.

Assim, sobre a superfície obtida da reconformação do revestimento existente na pista, deve ser feita a aplicação de tal material adicional, de sorte a alcançar-se, em conjunto com os dois materiais, uma espessura (compactada) na ordem de 10 cm a 20 cm, conforme o valor desejado.

Previamente ao espalhamento do material adicional, devem ser removidos e/ou reduzidos materiais e pedras maiores e torrões de argila que comprometem a qualidade do revestimento.

Na operação do espalhamento, o material adicional deve ser também, devidamente homogeneizado com o material remanescente da pista, e de modo a vir a constituir-se em uma camada única.

Tal espalhamento é executado com a motoniveladora, cujas primeiras passadas se constituem nas quebras das pilhas do material adicional distribuído sobre a área.

A operação deve ter continuidade com sucessivas passadas da motoniveladora, que deve preparar uma camada devidamente homogeneizada e com espessura constante; em sequência, é procedida a compactação.

f) Acabamento

A superfície acabada do revestimento primário deve estar lisa, com a declividade transversal adequada, inclusive a superelevação nas curvas, compatível com as áreas adjacentes, devendo todos os dispositivos de drenagem estar funcionando adequadamente.

Nota: As etapas de trabalho, uma vez executadas em uma faixa, devem ser procedidas na outra metade da pista, para completar a reconformação/recomposição na seção transversal.

C.8.2. Execução de remendos isolados em revestimento primário

a) Demarcação dos limites da área a ser trabalhada

O perímetro da área a ser corrigida deve ser marcado, cuidando-se para que apresente configuração de quadrilátero e indicando-se, ao lado da estrada, com varas, em local que não venha a ser atingido pela lâmina da motoniveladora, nos dois extremos (início e fim de cada segmento).

b) Corte e remoção do material

O material comprometido deve ser retirado com picareta, iniciando-se a escavação no centro, onde o material está mais solto, e dirigindo-se para as bordas, observando tal configuração de quadrilátero, e de acordo com a marcação feita. O corte deve atingir toda a espessura da camada comprometida. As paredes laterais do corte devem apresentar uma declividade de 8(V):1(H) e o plano de fundo do corte deve situar-se em terreno firme.

c) Limpeza da cava

Após a remoção de todo o material comprometido, deve ser feita a limpeza da cava, que deve ser varrida com vassoura, retirando-se do interior todo o material solto.

O material desagregado e o material solto devem ser removidos com pá, sendo o entulho depositado em destino adequado.

d) Enchimento da cava

O enchimento da cava deve ser efetivado com material que atenda às especificações do DNIT para execução do revestimento primário e/ou conforme o constante na subseção 3.2 do Manual de Conservação Rodoviária, do DNIT, 2005.

O lançamento do material deve ser processado, em função da profundidade da cava, em camadas sucessivas, em quantidades tais que, após compactação, venha a alcançar, cada camada, espessura de 10 cm a 20 cm.

e) Compactação do material

Em continuidade, deve ser procedida a compactação, a ser efetivada após o lançamento de cada camada, devendo previamente ser verificado se estão sendo devidamente atendidas as condições estabelecidas para a declividade transversal da plataforma, a conformação geométrica do talude, bem como para o teor de umidade no solo a ser compactado, procedendo-se, conforme o caso, os eventuais ajustes e correções.

Na operação devem ser utilizados rolos compactadores ou soquetes mecânicos manuais, em função da área a ser tratada.

f) Acabamento

A superfície acabada do revestimento primário deve estar lisa, com a declividade transversal adequada, compatível com as áreas adjacentes, e estarem funcionando adequadamente todos os dispositivos de drenagem.

C.9. MANUTENÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E DE OBRAS-DE-ARTE CORRENTES

a) Relativamente a valetas, sarjetas e dispositivos axiais de drenagem superficial

A limpeza e a desobstrução compreendem a remoção de todo o entulho de material sedimentado (resíduos) acumulado e da vegetação que esteja obstruindo o livre curso das águas correntes, utilizando-se, para tanto, procedimento manual ou mecânico.

Em áreas planas, a declividade da valeta deve ser constantemente verificada, utilizando-se linhas e perfis ou métodos similares, para assegurar-se de que não ocorra a formação de poças d'água e/ou de depósitos de sedimentos.

O material escavado da valeta deve ser removido e espalhado o mais distante possível, para que futuramente não venha a cair ou ser trazido pela água para dentro da mesma.

Ao escavar uma valeta completamente nova, é preferível fazê-la em duas operações:

Corte da área de fundo da sarjeta, checando-se a cota inferior com o gabarito;

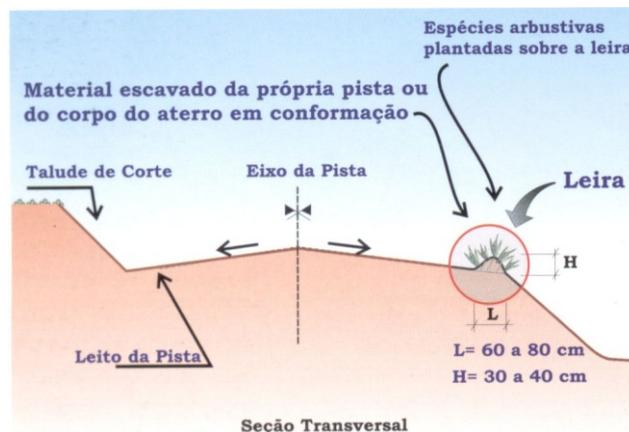
Corte dos taludes, verificando-os com o gabarito.

O alinhamento ou rumo da sarjeta deve ser demarcado utilizando-se do recurso de linhas e estacas de madeira ou bambu.

b) Relativamente às leiras ou banquetas de solo

Leiras são dispositivos destinados à condução das águas superficiais para fora da plataforma das estradas de terra, estando presentes somente nos trechos constituídos pelos aterros. São formadas por pequenas elevações, executadas com material oriundo do corpo dos aterros ou até mesmo dos materiais do próprio revestimento das estradas.

Figura C.8 – Manutenção dos dispositivos de drenagem – Leiras



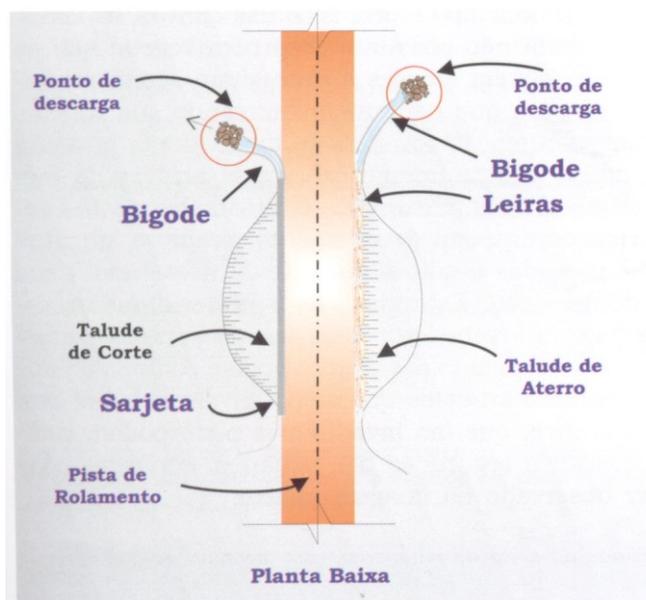
Ao longo do tempo e pela ação das chuvas, as leiras, caso ainda não possuam cobertura vegetal que as proteja, sofrem erosões e necessitam ser recompostas, para que continuem exercendo sua função. Sua manutenção constitui-se numa tarefa bastante simples, habitualmente executada através da motoniveladora, que, durante as atividades de reconformação da pista de rolamento promove, em rápidas passadas, a adição de material necessário à sua recomposição. Estando a leira já devidamente coberta com vegetação, podem ser necessárias pequenas e periódicas roçadas, para que se controle o

crescimento de arbustos que se desenvolvem sobre este dispositivo que, ao invadirem a pista, podem comprometer a segurança dos usuários.

c) Relativamente aos bigodes

Bigodes são pequenos dispositivos, cujo objetivo é o de conduzir as águas das sarjetas e leiras diretamente para um talvegue natural, caixa de retenção ou outro dispositivo de drenagem.

Figura C.9 – Manutenção dos dispositivos de drenagem – Bigodes



A manutenção deste dispositivo é bastante simples, constituindo-se basicamente das seguintes providências:

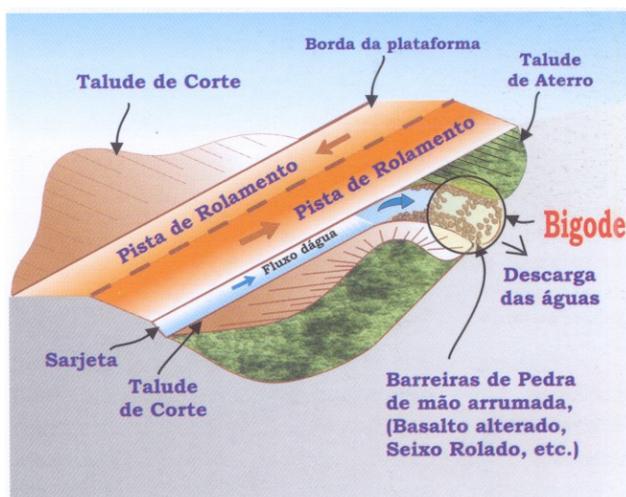
Roçar a vegetação que se instalou no bigode, caso necessário;

Rotineiramente, desobstruir suas saídas após chuvas mais intensas;

Recompor eventuais erosões, que porventura tenham ocorrido ao longo de sua extensão.

Caso constatadas erosões intensas junto aos pontos finais de descarga, implantar dispositivos de contenção, os quais podem constituir-se de pequenos enrocamentos, ou até mesmo o plantio de espécies arbustivas com intenso poder de enraizamento.

Figura C.10 – Manutenção dos dispositivos de drenagem – Descidas d' água



d) Relativamente às descidas d'água

Na execução de eventuais reparos nestes dispositivos deve ser observado o seguinte:

O leito da descida d'água deve ser devidamente preparado e compactado, mantendo-se, como regra geral, a forma e tamanho da obra a ser reparada;

A vegetação sobre o talude de aterro deve ser conservada e aparada, a fim de facilitar as inspeções e imediatos reparos eventuais dos dispositivos;

Os trabalhos devem ser iniciados e desenvolvidos sempre de baixo para cima;

De um modo geral, há sempre a necessidade de, na extremidade de descarga, construir-se uma caixa de concreto, para dissipação da energia da água;

No caso da reconstrução total, deve ser verificada a conveniência de construir-se escada de concreto.

Nota: As descidas d'água construídas com meia cana em talude de aterro devem ser objeto de frequentes inspeções, com vistas à verificação das condições das juntas executadas com argamassa, as quais tendem a romper-se, com o que a alta velocidade das águas passa a criar erosões.

Neste sentido, é sempre mais vantajosa a utilização de calhas metálicas, devido à sua maior flexibilidade.

e) Relativamente aos dissipadores de energia

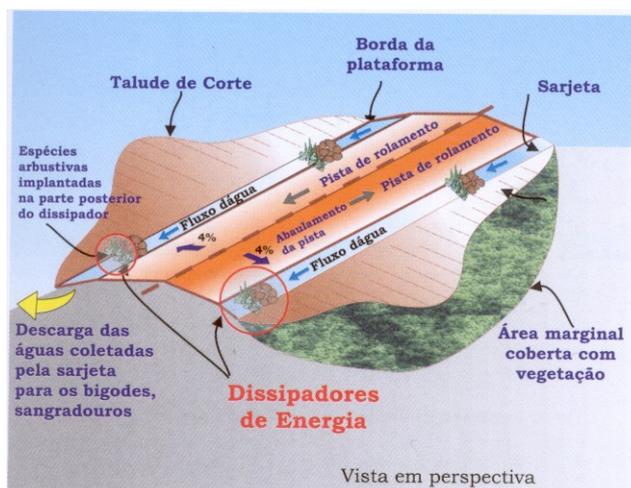
A manutenção deste dispositivo consiste na reposição das pedras que eventualmente sejam deslocadas de suas posições originais, ou até na reconstrução de parte do dissipador de energia, que eventualmente tenha sido destruído pela ação das águas ou por outro motivo qualquer.

Se necessário, roçar a valeta, retirando a vegetação em excesso que possa reter sedimentos e causar redução ou fechamento da seção da valeta.

Em havendo depósito de materiais, promover sua retirada, visto que diminuem a seção de vazão do dispositivo.

Verificar a existência de erosões em suas saídas. Caso constatada a seriedade, quanto à intensidade dos impactos causados nestes pontos, implantar dispositivos de contenção, na forma de construção de pequenos enrocamentos em pedra-de-mão arrumada. A incorporação ao conjunto, de proteção vegetal adicional, com o plantio de mudas de espécies arbustivas ou rasteiras, é altamente recomendável nestes casos.

Figura C.11 – Manutenção dos dispositivos de drenagem – Dissipadores de energia



f) Relativamente às caixas coletoras

Periodicamente, principalmente após grandes precipitações, devem ser executadas inspeções para verificação do acúmulo de materiais, tais como pedras, solo, ou vegetação no fundo da caixa. Havendo depósito de materiais, procede-se a retirada do material, com sua colocação em local adequado. O acúmulo de materiais na caixa é responsável pela redução da capacidade de esgotamento do bueiro, podendo, em alguns casos, até provocar seu entupimento.

g) Relativamente aos bueiros

De forma a garantir o livre escoamento das águas, torna-se necessária a manutenção rotineira dos bueiros, a qual consiste na limpeza das bocas de entrada, da limpeza do interior da tubulação, bem como a verificação e reparação, se for o caso, de infiltrações e erosões que porventura ocorram.

Assim, em termos práticos, as providências a serem adotadas são as seguintes:

Roçar a vegetação dos canais a montante e a jusante, dando livre passagem às águas;

Executar a limpeza do corpo do bueiro, retirando todo e qualquer material que impeça o escoamento das águas;

Remover o material acumulado, proveniente da limpeza, espalhando lateralmente, para que não retorne ao canal;

Verificar a existência de infiltrações provenientes de tubos trincados ou quebrados e / ou erosões junto às caixas ou bocas do bueiro.

h) Relativamente à desobstrução de bueiros

As principais causas de entupimento de bueiros são:

Declividade insuficiente;

Bueiro construído demasiadamente enterrado;

Vegetação e entulhos levados pela água e depositados nos dispositivos de entrada do bueiro.

A falta de limpeza do bueiro reduz sua seção de vazão, represando a água a montante e, eventualmente, fazendo-a transpor a pista de rolamento da estrada. Nesses casos, a estrada pode até correr o risco de ter o corpo do aterro rompido, com consequências sérias para o tráfego local.

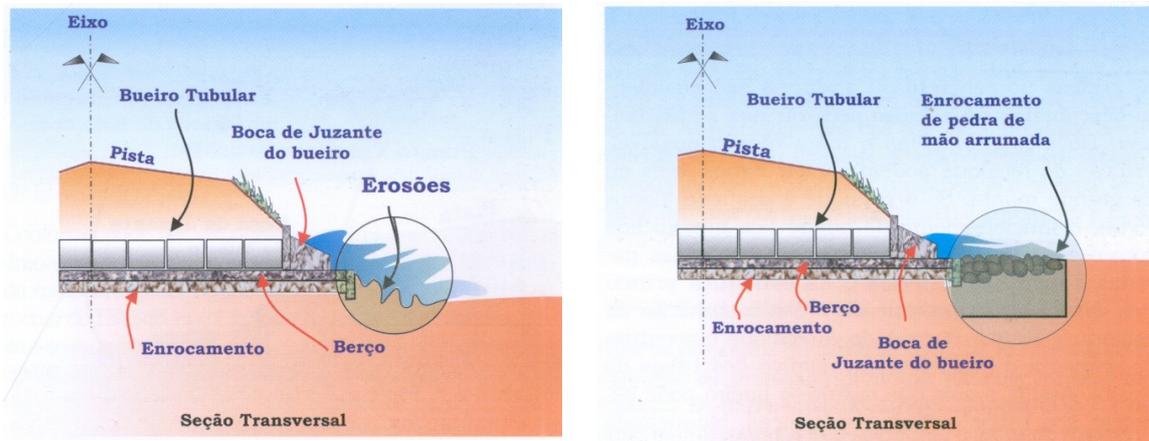
Quando aparecem erosões na saída do bueiro, a equipe de manutenção não pode aplicar, de imediato, medidas temporárias, devendo, tão depressa quanto possível, corrigi-las. No caso de se tratar de erosões leves na boca de jusante, recomenda-se a adoção das seguintes providências:

Preencher as erosões com pedra marroada, quando se desejar um dissipador de saída;

Estender o enrocamento além da zona erodida.

Em estação seca, ou quando o fluxo de água for pequeno, os blocos devem ser rejuntados, garantindo maiores condições de durabilidade.

Figura C.12 – Recomposições de erosões – Enrocamento



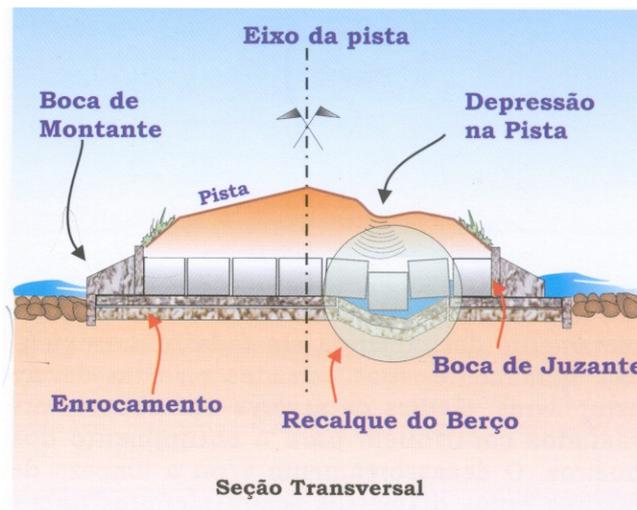
Outra solução consiste no emprego de sacos cheios de solo misturado com 5% de cimento. Os sacos devem ser colocados dispostos sob a forma de camadas, desencontrando as juntas de uma camada com as demais.

i) Relativamente à reparação de trincas

As trincas no concreto ou alvenaria são facilmente descobertas na estação seca ou nas águas baixas. Deve-se repará-las, o mais rápido possível.

Trincas de recalque podem causar danos leves ou de grande monta. Se o recalque é pequeno (danos leves), o funcionamento do bueiro fica prejudicado com o aparecimento de pequenas fissuras nas paredes superiores, laterais e na estrutura principal. Isso pode afetar seriamente o funcionamento da estrutura. Se, por outro lado, o recalque é acentuado, pode causar o deslocamento relativo dos tubos do bueiro. Assim, o solo que envolve o bueiro pode penetrar nos tubos através das trincas, bloqueando ou provocando o colapso do bueiro, que, em certos casos de bueiros construídos sob aterro, podem levar ao rompimento do corpo da plataforma, causando interrupções de tráfego no local do acidente, conforme mostrado na Figura C.13.

Figura C.13 – Recalque de berço



Para este caso, os procedimentos de reparação constituem-se das seguintes etapas de serviços:

Abertura do corpo do aterro;

Reconstrução da parte do bueiro que sofreu recalque e

Recomposição do aterro sobre a parte do bueiro que foi reconstruída.

j) Relativamente à drenagem profunda

No caso da obstrução de drenos profundos, deve ser procedida a limpeza de dreno, a partir da extremidade da boca de saída e abrir um buraco para teste, a cada 20 m, até que a obstrução venha a ser localizada. Uma vez localizada a obstrução, é promovida a devida remoção e limpeza e/ou substituição da parte do dreno que se encontra obstruída, com a colocação de novo material filtrante, atendendo às especificações vigentes no DNIT.

k) Relativamente ao controle de processos erosivos e de correção de voçorocas

Objetivando a eliminação / controle / correções de processos ativos de ravinamento profundo e voçorocas, devem ser adotadas, com a devida orientação de técnico experimentado, as seguintes providências:

Proteção da face externa da voçoroca por muro de arrimo;

Preenchimento da face externa da voçoroca com pedra-de-mão e implantação de dreno invertido, minimizando o efeito de carreamento de material granular;

Implantação de barreira na face externa da voçoroca, composta de sacos de aniagem, cheios de solos arenosos;

Implantação de drenos profundos, minimizando ou atenuando o processo evolutivo;

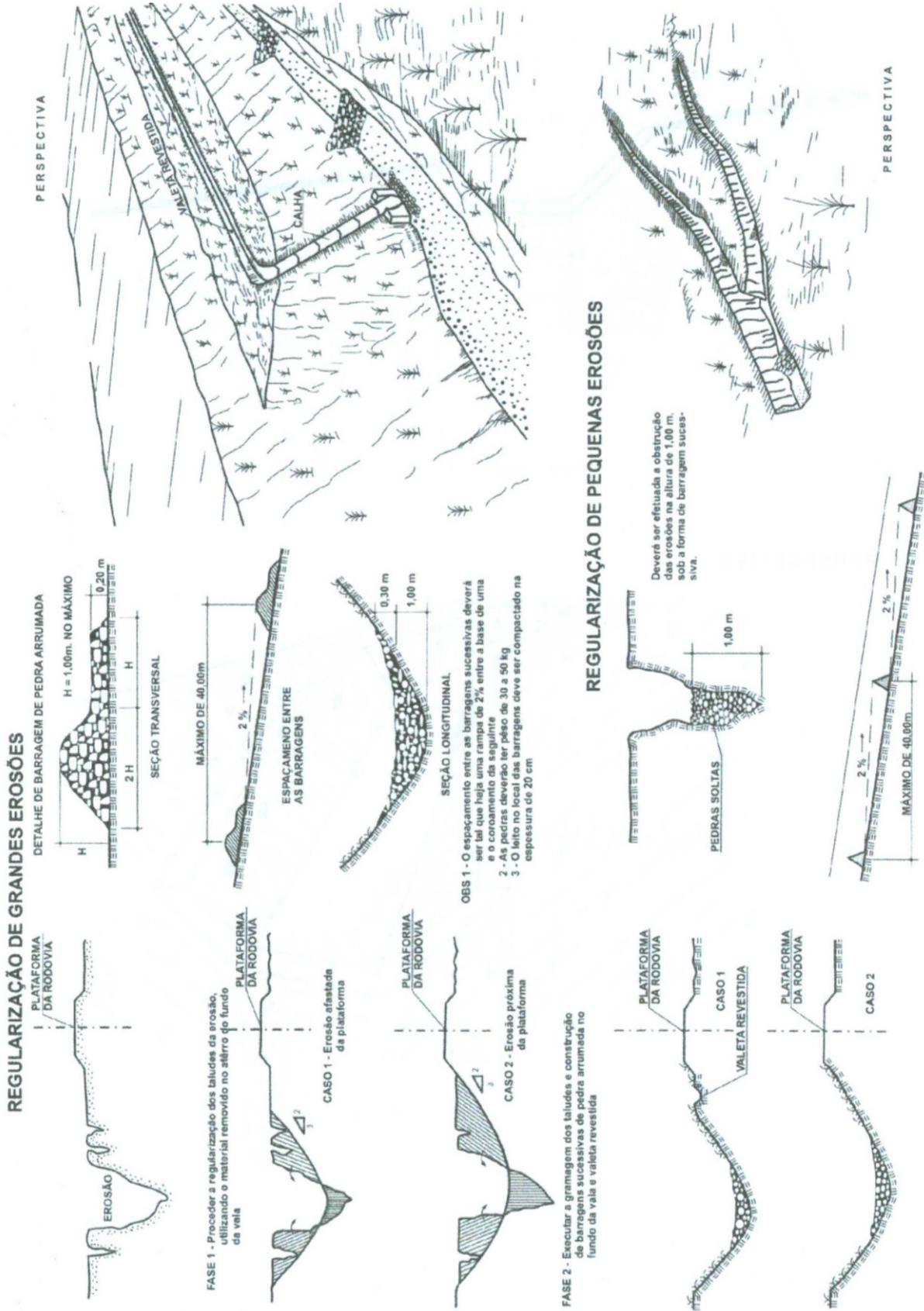
Preenchimento dos vazios localizados a montante da barreira física com solos adequados;

Dissipação da energia do fluxo de águas superficiais no ponto de descarga, onde se propõe a construção de barreiras constituídas de enrocamento;

Conformação final do terreno e preparo para a introdução da cobertura vegetal.

Nota: O esquema na Figura C.14 que se segue ilustra o tratamento que pode ser adotado, consentâneo as providências descritas.

Figura C.14 Regularização de grandes erosões



C. 10. PROCESSOS INDUTORES DE INSTABILIDADE

Compreendem os processos erosivos e os de liquefação de solos, os quais tendem a acentuar ou a induzir às instabilidades propriamente ditas.

C.10.1. Processos erosivos

Compreendem o carreamento de material por ação de águas (das chuvas, rios e caudais em geral) ou de ventos, constantes ou periódicos, causando o desgaste no talude, a saber:

- Erosão laminar:

Desgaste uniforme da superfície do terreno.

- Ravinamento:

Formação de pequenos canais na superfície do terreno.

- Erosão por sulcos:

Formação de canais com tendência a aprofundamento no terreno.

- Erosão cavernas:

Formação irregular de cavidade com tendência a aumento de dimensões, inclusive com paredes aproximadamente verticais (subverticais).

- Voçorocas:

Processo caracterizado por progressão regressiva, isto é, na direção a montante da caudal de água, atingindo substratos do solo do talude e, em geral, assumindo aspectos de entubação (“piping”).

- Erosão em estágios avançados:

Geralmente progressão dos tipos por sulcos e cavernas, causando descalçamento de rocha ou instabilidades localizadas.

- Erosão subterrânea, causadora de subsidências;

- Erosão eólica;

- Erosão diferencial devida à diferença local de resistência aos agentes externos.

C.10.2. Processos devidos à liquefação de solos superficiais

A massa liquefeita proveniente das partes superiores do talude pode provocar, ao se deslocar, instabilidade parcial ou total nas partes inferiores do talude por ela atravessadas. Ocorrem, em geral, em taludes de regiões sujeitas a altos índices de precipitações pluviométricas, intercalados a períodos de estiagem com incidência de altas temperaturas.

Geomorfologicamente, a maior incidência ocorre em:

Áreas de talvegues;

Encostas íngremes com capa de solo residual de pequena espessura;

Encostas naturais constituídas de solo, sem revestimento vegetal protetor.

Os tipos mais comuns são:

Enxurradas: transporte de material terroso, em consistência lamacenta;

Deslocamento de massa de solo saturado, contendo blocos de rocha e detritos diversos, geralmente segundo talvegues;

Liquefação de massa de solo, resultante de deslizamentos de capas de solo residual, situados no topo de encostas íngremes, percorrendo grande extensão.

C.10.3. Processos de instabilidade propriamente ditos

O mecanismo de desenvolvimento dos processos e suas geometrias podem variar e condicionam o tipo de solução mais adequada a cada caso.

a) Instabilidade Superficial

Ocorre nos casos em que, comparadas à profundidade e à extensão do terreno envolvido pela instabilidade, observa-se ser aquela muito menor, como nos casos de:

“Creep” ou rastejo, em talude ou encosta natural de solo;

Lasqueamento, em superfícies rochosas de taludes ou encostas, naturais ou artificiais;

Formação esporádica e errática de blocos instáveis, em taludes ou encostas naturais, em rocha, rocha alterada ou solo residual.

b) Instabilidade interna

Ocorre nos casos em que a profundidade e a extensão do terreno, envolvidas pela instabilidade, apresentam ordem de grandeza semelhante. Neste caso, os métodos de cálculo analítico têm a sua melhor e mais precisa aplicação, tanto os baseados no equilíbrio-limite, com determinação de um fator de segurança, quanto os de determinação de tensões-deformações-limites no terreno. Em geral, a aplicação de métodos analíticos deve ser condicionada a simplificações, entre estas e a utilização de seção (ões) representativa(s) em duas dimensões, quando, então, devem ser considerados a influência favorável ou desfavorável da forma em planta e o desenvolvimento do talude. Deve, ainda, ser considerada a influência da configuração do terreno a montante, principalmente quanto ao regime de escoamento pluvial superficial, assim como a instalação de rede de percolação interna.

c) Instabilidade de grandes massas

Ocorre quando a massa do solo instável atinge grande profundidade. Em geral, compreende movimentação de massas de solo, em grande amplitude de tempo após a deflagração do processo. A massa de solo se movimenta como um semifluido de alta viscosidade, apresentando velocidades que variam com a profundidade (em geral, maior velocidade na superfície, na zona média da área em movimentação). No topo e no pé da massa em movimento, há predominância de direção vertical do deslocamento (abatimento no topo e ascensão no pé). A deflagração do movimento pode ser devida:

Aos pequenos cortes na massa;

Ao aumento de precipitação pluviométrica;

Ao aumento ou introdução de subpressões locais, na massa do solo, ocasionadas por infiltrações anormais.

Problemas deste tipo ocorrem:

Na movimentação de massas de solo amolgado previamente (argilas de alta sensibilidade ou outros contendo minerais argílicos facilmente alteráveis ou expansivos);

Em locais com massa de solo provenientes de antigos deslizamentos ou deslizamentos fósseis;

Em massas de solo de depósitos de detritos acumulados (coluvião), em terrenos inclinados;

Em massas de “taludes”, no sopé de escarpas rochosas.

d) Instabilidade devida à particularidade geológica local

As características principais são deslizamentos rápidos e singulares, restritos ao local de particularidade geológica.

São, em geral, devidas à presença de uma ou mais das seguintes ocorrências:

Falhas, fraturas, diáclases e outras descontinuidades, intrusões, dique e derrames geológicos alterados, resultando em zonas de fraqueza e infiltração subterrânea;

Dobramentos intensos combinados com a ação da gravidade e do gradiente hidráulico;

Contatos entre rochas de natureza diversa, com inclinação favorável ao deslizamento e percolação de água segundo o plano deste;

Dissolução química de rochas calcárias.

e) Colapsos ou deficiências de obras de estabilização

São devidos à inadequação de solução, à deficiência de projeto, à falha na execução da obra, assim como à falta de correção, conservação e manutenção e, também, a fatores externos imprevistos, que provocam:

A deficiência do sistema de proteção superficial contra a erosão;

A deformação exagerada de obras de contenção, ou mesmo sua ruína (muros de arrimo, cortinas atirantadas);

A eficiência do sistema de drenagem interna dos taludes ou a sua deterioração ao longo do tempo.

ANEXO D

OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

ANEXO D

OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

OBRAS E PROVIDÊNCIAS PARA PROTEÇÃO CONTRA OS PROCESSOS INDUTORES DE INSTABILIDADE

D.1. CONTRA A EROSÃO

- a) Rede de drenagem superficial com canaletas sub-horizontais, descidas d'água, linhas de declive, para correção e prevenção de processos erosivos superficiais;
- b) Revestimentos vegetais com gramíneas, leguminosas e outras espécies, desde que tenham sistemas radiculares densos, combinados com a rede de drenagem;
- c) Revestimento de argamassa de cimento e outros produtos, em áreas de solos estéreis, combinados com a rede de drenagem;
- d) Dispositivos, tais como elementos de contenção de matéria sólida, bacias de dissipação de energia, convenientemente distribuídos para combate a processos erosivos mais evoluídos, com tendência à erosão em cavernas ou mesmo voçorocas.

D.2. CONTRA OS PROCESSOS DE LIQUEFAÇÃO DE SOLOS SUPERFICIAIS EM ENCOSTAS DE GRANDE DESENVOLVIMENTO

- a) Reflorestamento com espécies de enraizamento profundo;
- b) Formação de perfis de equilíbrio da encosta, com a execução de estruturas de retenção de matéria sólida em vários níveis do talvegue (no mínimo três), os quais, paulatinamente assoreados, formam degraus que minimizam o processo e tendem a estabilizar a área.

D.3. OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO PROPRIAMENTE DITAS

D.3.1. Obras de estabilização sem elementos de contenção

a) Mudança da geometria do talude

Retaludamento total ou parcial em solo ou terreno de transição solo-rocha, mediante a retirada de massas que se constituem em cargas desequilibrantes ou de cunhas instáveis;

Desmonte de partes instáveis com possibilidade de destaque, queda e rolamento, em taludes de rocha, rocha alterada ou taludes de solo com blocos de rocha em sua superfície (núcleos rochosos residuais ou de outra origem, descalçados);

Aterro ou berma estabilizante executado no pé de talude de solo, inclusive enrocamento.

b) Mudança do regime geo-hidrológico

Drenos sub-horizontais profundos, executados a partir do pé ou da área de base do talude, para rebaixamento de lençol freático aflorante ou de rede de percolação interna e, também, para o alívio de subpressão em veios ou superficiais preferenciais de percolação, situados em retratos subjacentes ou no contato de massa de solo com horizonte rochoso;

Poços verticais de rebaixamento de lençol freático, onde a carga piezométrica se apresenta elevada;

Galerias de drenagem para estabilização de grandes áreas, executadas, em geral, em terrenos estáveis subjacentes à área instável. A partir da galeria, podem ser executados drenos sub-horizontais, dando grande amplitude de ação drenante ao sistema. Utilização em problemas descritos em C.10.3, alínea “c”, instabilidade de grandes massas;

Drenos superficiais, utilizáveis quando a instabilidade de talude abrange camada de pequena espessura, sobrejacente a estrato permeável. Geralmente, são executados em trincheiras, segundo linhas de maior declive do talude, tangenciando em seu fundo o estrato permeável e preenchidos com material de alta permeabilidade;

Canaletas de drenagem de pé de escarpa rochosa, no caso de taludes em áreas de depósito de grandes massas, para evitar-se infiltração de águas pluviais na superfície preferencial de percolação (contato da rocha de embasamento com o material depositado).

c) Melhoria da resistência do terreno

Injeção de calda de cimento em zonas de rocha alterada e/ou fraturada;

Injeção com produtos químicos, por exemplo: silicatos e resinas epóxicas, em solos granulares;

Preenchimento com argamassa de fendas delimitadoras de blocos sujeitos a instabilidade, em taludes rochosos.

D.3.2. Obras de estabilização com elementos de contenção

a) Considerações gerais

Nestas obras, a drenagem interna e os filtros correspondentes requerem cuidados especiais no projeto e na execução. No caso de utilização de estacas, como fundação da estrutura de contenção, elas podem ser consideradas no estudo da estabilidade do conjunto obra-talude.

b) Estruturas de alvenaria ou concreto

Deve ser estudada a estabilidade do conjunto talude-contenção e a do próprio corpo da estrutura. Os diversos tipos de solução e sua adequação a cada tipo de instabilidade devem ser considerados como indicados a seguir.

Muros de arrimo de gravidade ou de peso, quando o fator estabilizante é, principalmente, o próprio peso da estrutura (adequado para os casos de instabilidade interna descritos em C.10.3, alínea “b”). Devem ser verificadas a posição e a profundidade da fundação do muro em relação à superfície de deslizamento provável. A sua maior eficiência é obtida quando o muro é localizado na base do talude. É contraindicada a sua construção em zona superior do talude ou encosta, pelo conseqüente acréscimo de carga introduzida. Variações de projeto do corpo do muro podem ser:

Muros com paramento subvertical, adequados para solos sedimentares, aterros em locais onde já há escavações no pé do talude, geralmente executados com concreto ciclópico;

Muros de arrimo esbeltos de paramento inclinado na direção do talude, adequados a solos residuais de boas características de resistência;

Muros de arrimo à flexão, de concreto armado ou protendido, com várias formas (podendo ser em paredes simples, com contrafortes, etc.);

Muros constituídos de elementos pré-moldados (tipo “crib-wall”) que apresentam como vantagem, boa drenagem pelo corpo da estrutura, desde que haja graduação da granulometria do material de preenchimento das células.

c) Cortinas e outras estruturas chumbadas ou ancoradas

Tem como premissa básica a colocação de elemento de chumbamento ou de ancoragem em zona estável, considerando-se que:

A ancoragem e/ou o chumbamento da estrutura na base são necessários no caso de existência de horizonte de rocha próximo, com forte inclinação;

A ancoragem constituída de placas verticais ou de blocos enterrados, com a utilização de tirantes (protendidos ou não) de ligação entre o muro de contenção e a ancoragem, é adequada a taludes com terrapleno horizontal;

As ancoragens injetadas protendidas, conforme a NBR 5629;

São adequadas para problemas de instabilidade interna de taludes, podendo ser executadas no topo destes, por não se constituírem em sobrecarga;

Podem ser empregadas no caso de instabilidade de grandes massas, desde que se tenha perfeitamente definida a zona estável, o valor do deslocamento previsto e comprovado por instrumentação (deslocamento e velocidade característicos de movimentação das massas), e que não haja possibilidade de deterioração dos parâmetros de resistência do terreno; esse emprego deve ser precedido de obras, tais como o desvio de águas superficiais, a drenagem interna e outras, visando à diminuição dos deslocamentos da massa, até que estes sejam compatíveis com a capacidade de carga e de alongamento dos tirantes;

Tem na protensão uma característica favorável à redução de deformações ou movimentos residuais, a qual é muito conveniente em locais onde é exigido alto grau de segurança.

d) Estruturas e dispositivos diversos de reforço e proteção do talude

Atuam principalmente em:

Proteção em caso de instabilidades superficiais;

Reforço do terreno, visando ao restabelecimento do equilíbrio do talude;

Incorporação de bermas com estruturas diversas.

- Proteção superficial

Esta proteção é feita:

Com telas de aço galvanizadas (plastificadas ou não), fixadas com chumbadores, sem gunitagem, em taludes rochosos fraturados ou com alterações localizadas, sujeitos a destaques frequentes de lascas ou blocos;

Com gunitagem (concreto projetado), com ou sem malha (fixada por diversos dispositivos), em taludes rochosos fraturados, ou com alterações generalizadas, assim como em taludes de solos residuais jovens e estratos intermediados solos – rocha.

- Reforço do maciço

Esse reforço é feito por:

Chumbamento ou atirantamento da rocha sã, que apresenta fendas delimitadoras de trechos com riscos de instabilidade;

Microestacas, estacas – raízes, presso-ancoragens etc., para estabilização de taludes de rochas em decomposição, em fendas ou graus diversos de alteração, com estabilidades generalizadas ou diversificadas.

- Bermas com estruturas diversas

O equilíbrio do talude é feito por:

Aterros de base do talude reforçados com geossintéticos, com microancoragens, com terra armada etc.;

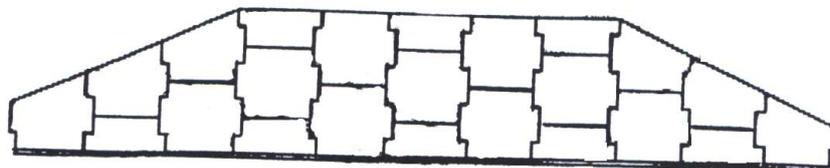
Gabiões, que, por terem o corpo com drenagem total, propiciam a captação do lençol freático nesta área do talude.

- Utilização de “terra armada”

Muitas vezes é necessário fazer um aterro em locais estreitos, onde edificações ou outros obstáculos impedem que se apóie convenientemente esse aterro. Às vezes não é

conveniente fazer-se um muro de arrimo, por problema de falta de espaço ou por motivos estéticos. Aí, então, se lança mão da solução “Terra armada”.

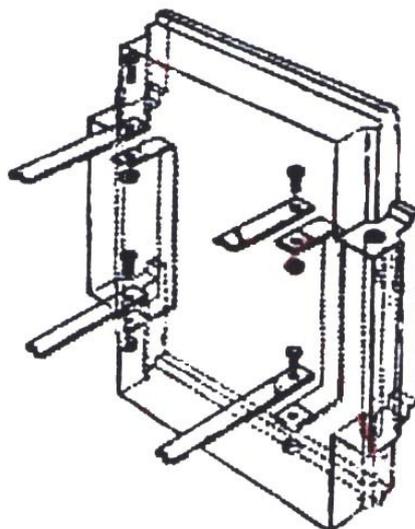
Figura D.1 – Terra armada



O sistema consiste em placas de concreto pré-moldado em forma de cruz (escamas) onde são deixadas, durante a fabricação, chapas metálicas dobradas e com orifícios em suas extremidades. Estas chapas servem para ancorar os tirantes na fase de execução do aterro.

Na Figura D.2 vemos uma dessas placas.

Figura D.2 – Placa pré-moldada para terra armada



O método construtivo segue as seguintes etapas:

Execução de uma viga baldrame nivelada na base do muro com dimensões de 30 x 15 cm;

Colocação da primeira camada de escamas, devendo-se alternar escama inteira com meia escama;

Aterros executados com material de granulometria especificada e em camadas sucessivas, intercalando-se os tirantes, que devem ficar no interior do aterro. Esses tirantes devem ser fixados em escamas colocadas do outro lado do aterro;

Os equipamentos de espalhamento de solos e compactação trabalham entre os dois muros, subindo juntamente com esses;

No acabamento superior do muro, usam-se muretas de concreto, que podem ser pré-moldadas ou moldadas “in loco”.

- Utilização de gabiões

Os gabiões representam uma solução para a construção de estruturas de contenção, com baixo custo e sem necessidade de mão-de-obra especializada na sua execução.

As contenções feitas com gabiões consistem em “gaiolas”, feitas com telas de arame ou polietileno de alta densidade, que são colocadas nas posições definitivas e, então, cheias com “pedras de mão”.

As principais vantagens das estruturas de arrimo com gabiões são:

Elevada permeabilidade, permitindo a rápida drenagem do terreno;

Extrema flexibilidade, permitindo a adaptação da estrutura aos movimentos do terreno;

Grande resistência ao empuxo do terreno, pois são calculados como uma estrutura monolítica por gravidade.

Podem, também, ser usados para revestir canais de drenagem, com boa eficiência.

D.4. RECUPERAÇÃO DE OBRAS DE CONTENÇÃO

O estudo compreende, entre outros aspectos:

A verificação da estabilidade do conjunto talude - obras existentes/obras de recuperação;

O projeto da obra de recuperação.

Procedimentos e obras de proteção contra os efeitos de instabilidade

Compreendem providências contra os efeitos de instabilidades sem a correção das causas desta instabilidade. Para tal, são necessários:

A delimitação da área de risco;

Decidir sobre a execução, ou não, de obras que protejam os locais ameaçados (materialização da área de segurança).

a) Procedimentos

Visam à manutenção da segurança, por meio de:

Aviso de área de risco;

Alarmes, de várias espécies, que prenunciam a ocorrência da instabilidade;

Desvio, para além da área de risco, do traçado de estradas, da localização de edificações, de instalações industriais, etc.

b) Obras de proteção

Consistem em:

Adoção de área de segurança com circunscrição da área de risco, como área de impacto de grande inércia, associada à bacia de amortecimento. Em diversos casos, este tipo de solução exige serviços periódicos de limpeza do local, para manutenção do volume de armazenamento da bacia;

Anteparos isolados em taludes rochosos que apresentem grandes números de lascas de pequeno volume;

Cortinas sucessivas de impacto em taludes rochosos ou escarpas, com inclinação em torno de 45°, visando à retenção de lascas e blocos desprendidos, que apresentem trajetórias em saltos, intercalados em saltos e intercalados com rolamentos.

ANEXO E

ATERROS SOBRE SOLOS MOLES

ANEXO E

ATERROS SOBRE SOLOS MOLES

Os processos de consolidação mais utilizados envolvem, alternativamente:

A remoção do solo de má qualidade, por escavação ordinária;

O deslocamento do material instável;

A adoção de técnicas específicas, outras.

Tais processos estão abordados, sumariamente, na forma das subseções E.1, E.2 e E.3, que se seguem.

E.1. REMOÇÃO DO SOLO DE MÁ QUALIDADE E SUBSTITUIÇÃO POR MATERIAL DE MELHORES CARACTERÍSTICAS

E.1.1. Considerações iniciais

A remoção dos solos brejosos implica dois problemas principais: presença do lençol freático em níveis elevados e presença de solos instáveis, compressíveis, de consistência muito mole e de baixa capacidade de suporte, impedindo a circulação de veículos, mesmo com esteiras.

A existência do lençol freático em nível elevado cria sério problema à remoção desses solos. Após sua retirada, no local acumula-se grande quantidade de água, que misturada com partículas de solo, forma o lodo, devendo ser eliminado, caso contrário torna instável o aterro construído. É interessante anotar-se que esse tipo de solo brejoso, quando apresenta baixos teores de umidade, pode atingir razoável capacidade de suporte. Deve-se, como primeira tentativa de consolidação, fazer o rebaixamento do lençol freático, diminuindo o excesso de umidade através de valas laterais que iniciam a secagem do terreno.

Pode-se tentar, também, o rebaixamento do lençol com o uso dos processos usuais, mas esses métodos exigem que o solo natural seja permeável, sendo aplicados com sucesso em solos arenosos, tornando-se pouco eficientes nos solos argilosos.

A baixa capacidade de suporte e a consistência muito mole desse material impedem o tráfego de quaisquer veículos de pneus, mesmo vazios, permitindo, às vezes, a passagem de tratores de esteiras, embora de forma precária. Nos casos mais desfavoráveis, o próprio tráfego de equipamentos de esteiras é impossível.

E.1.2. Seleção dos equipamentos

As considerações já feitas demonstram que, entre os equipamentos disponíveis, somente as escavadeiras montadas sobre esteiras podem ser utilizadas na remoção dos solos brejosos.

O transporte deve ser feito com veículos leves, trafegando em pistas preparadas com material escolhido e cuja espessura não seja inferior a 1,0 m, para suportar as cargas aplicadas com um mínimo de afundamento dos pneus. Dentre os equipamentos utilizados, a preferência recai para as retroescavadeiras e as providas com lança “drag-line”. As primeiras possuem a vantagem de maior rapidez e facilidade de manobra, além de demandarem pouco espaço para sua operação.

As escavadeiras com “drag-line” são mais lentas e ocupam maior área de trabalho; apresentam, porém, grande alcance, permitindo a remoção de camadas extremamente moles sem necessidade de trafegar-se sobre elas.

E.1.3. Sequência executiva

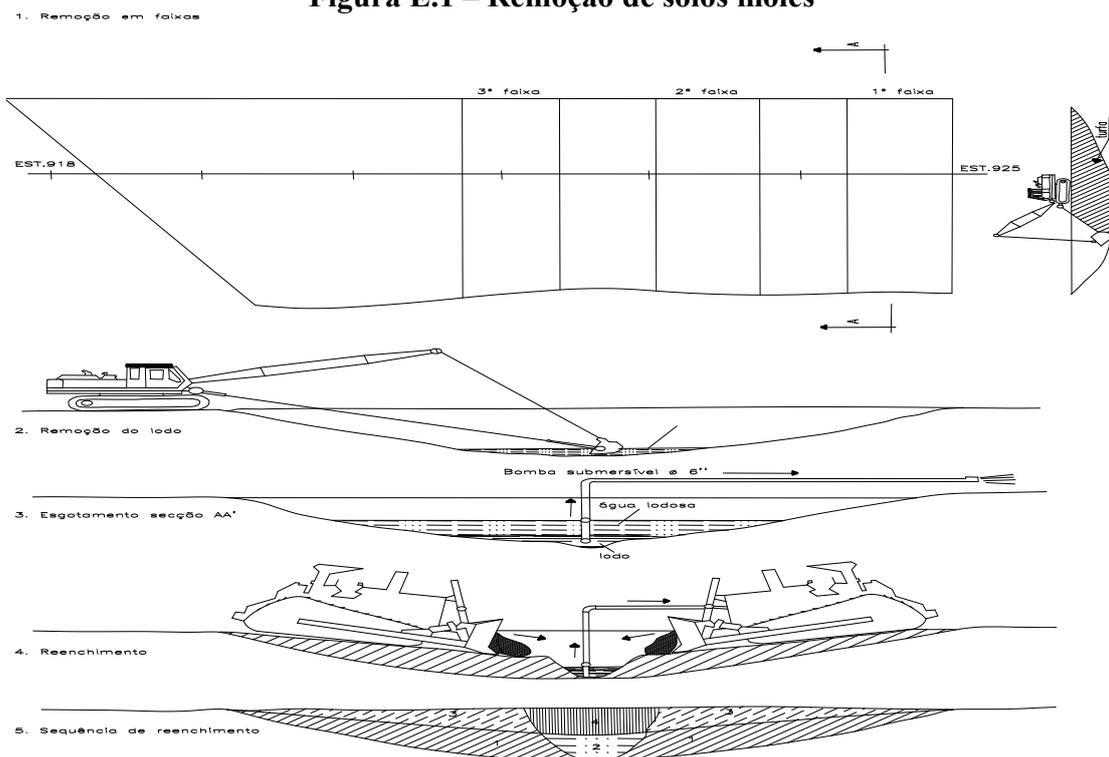
Para a remoção de solos turfosos recomenda-se: retirada do material imprestável em faixas alternadas, esgotamento da água do lençol freático e limpeza do solo remanescente.

A retirada do material não deve ser feita de forma indiscriminada, mas, ordenadamente, através da abertura de caixas alternadas, isto é, se forem abertas duas ou mais valas simultaneamente, convém que se deixe entre elas uma faixa de terreno natural ainda intocada. Este procedimento facilita o trabalho, porque limita bastante a quantidade de água e de lodo a ser retirada de cada vez. Quanto à largura e número dessas faixas, a fixação de valores depende das particularidades locais e do equipamento de escavação escolhido.

Como nos fundos de vale o lençol freático se encontra em níveis elevados, após a abertura das valas acumula-se grande volume de água, que deve ser retirada com bombas de sucção do tipo submersível, apropriadas ao esgotamento de água e lodo.

Após o esgotamento permanece no fundo da vala uma camada de lodo de espessura variável que, se não for removida, pode comprometer o comportamento do aterro executado no local, tornando-o instável e prejudicando a compactação.

Figura E.1 – Remoção de solos moles



O equipamento indicado para a retirada de lodo é a escavadeira “drag-line”, provida de caçamba perfurada, que permite o escoamento da água, mas retém a matéria sólida lodosa.

Reenchimento das valas com material importado.

Se houver a troca de solos, isto é, se a camada brejosa for substituída por novo aterro com solo escolhido, o reenchimento das faixas escavadas deve obedecer a alguns preceitos.

Imediatamente após a retirada do lodo e da água acumulada, deve-se lançar as primeiras camadas com solo, de preferência bastante arenoso, para permitir a percolação da água e impedir que esta atinja as camadas inferiores do aterro por capilaridade.

Deve-se iniciar o espalhamento do solo em camadas, a partir da extremidade para o centro, segundo a seção transversal da vala, trabalhando-se nos dois lados. É importante deixar um caimento nas camadas, para que as águas pluviais atinjam a parte mais profunda da vala e onde podem ser removidas por bombas de sucção (ver Figura E.1), permanecendo um trecho aberto entre os dois lados do aterro, que deve ser fechado posteriormente. Embora possa parecer trabalhoso, este procedimento é particularmente indicado na época das chuvas, evitando que a água se acumule no aterro, umedecendo-o e prejudicando a compactação.

A experiência mostrou que as primeiras camadas espalhadas até 1,0 m de altura permanecem muito úmidas, o que impede o seu adensamento adequado. Nesse caso, deve-se obter um mínimo de adensamento, através de repetida passagem dos equipamentos, sem preocupar-se com o grau de compactação atingido.

O próprio solo do aterro se desloca, através seu peso, para o ponto mais baixo da vala, algum resíduo de lodo ainda presente e que pode ser retirado posteriormente.

Completada uma faixa, passa-se à seguinte, assegurando-se um piso firme para os veículos de transporte trafegarem na etapa posterior.

O uso de faixas alternadas permite o emprego de uma ou mais equipes de escavação e transporte simultaneamente, visando a rapidez dos serviços, ao mesmo tempo em que possibilita o trabalho conjunto sem interferência ou congestionamentos que afetam a produção.

Este processo é aplicável quando a camada brejosa é de pequena espessura, encontrando-se logo abaixo uma de bom suporte.

A experiência mostrou que, até 3,0 m de profundidade, a remoção é o processo mais econômico e rápido de consolidação, se comparado com os outros métodos.

A escavação, neste caso, é trabalho típico para as escavadeiras com “drag-line”, que podem operar sobre a camada de topo, a qual, geralmente, apresenta um mínimo de suporte, por encontrar-se com teor de umidade baixo. Mas, à medida que se aprofunda a vala, o material se torna muito mole, especialmente depois de atingir o nível do lençol freático, quase sempre elevado nas baixadas.

O material de reposição deve ser de preferência, arenoso, para permitir a percolação da água (graças à sua alta permeabilidade), conseguindo-se, dessa forma, alguma compactação nessa camada quando for impraticável o uso de equipamentos. Todavia, com bombas de sucção pode-se conseguir o rebaixamento do lençol e proceder-se ao lançamento de materiais secos, permitindo o uso de equipamentos de compactação.

Este processo apresenta como vantagens a rapidez de execução e a possibilidade de saber-se com certeza se todo material imprestável foi, de fato, removido, garantindo-se a homogeneidade do aterro.

E.2 – REMOÇÃO DO MATERIAL INSTÁVEL POR DESLOCAMENTO

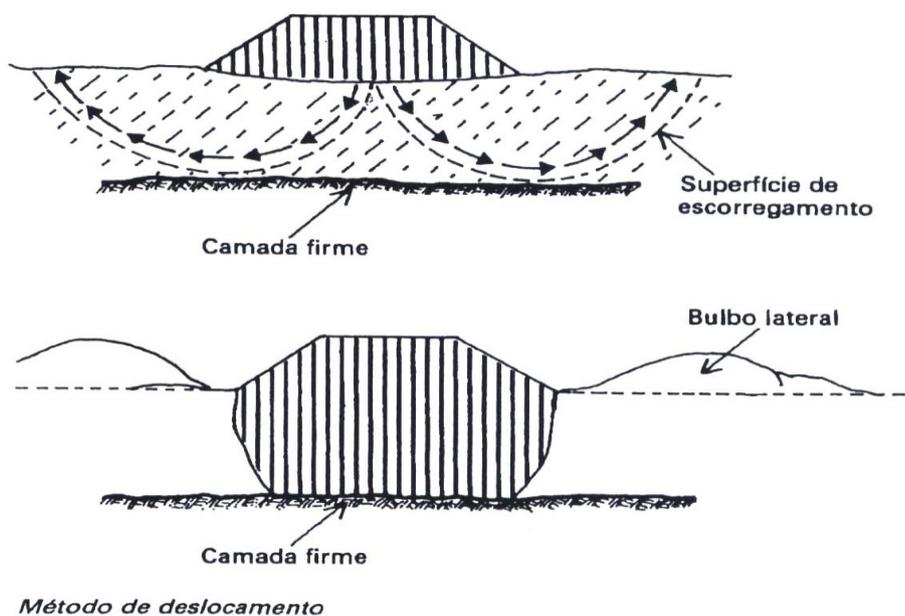
Quando a camada é muito mole, a ponto de não permitir a passagem das máquinas, ou possui espessura muito grande, tornando impraticável ou muito onerosa a remoção, somos obrigados a adotar outros métodos, conforme abordado a seguir:

E.2.1. Deslocamento por sobrecarga

Um dos processos utilizados é aproveitar o peso do próprio aterro para provocar o deslocamento do material instável, lateralmente, através da mobilização de tensões de cisalhamento que ultrapassam a sua capacidade de resistência.

Pode-se colocar excesso de carga no aterro, executando-o com altura maior do que a do projeto, a fim de que as maiores pressões geradas por esta sobrecarga (pré-adensamento) apressem o processo de adensamento, reduzindo substancialmente o tempo de recalque.

Figura E.2 – Deslocamento por sobrecarga



É necessário, porém, que o aumento das tensões de cisalhamento não leve à ruptura do solo instável e ao afundamento do solo do aterro. O volume de material usado na sobrecarga pode ser reutilizado em outro local.

Este processo permite o emprego simultâneo com o método dos drenos de areia, conseguindo-se maior redução do tempo de recalque.

Assim, com a expulsão da camada mole, o material do aterro afunda, vindo a ocupar parcialmente o espaço antes ocupado por ela. A porção deslocada vem aflorar na superfície, ao lado do aterro, elevando o terreno natural pela formação de bulbos.

Prosseguindo-se em várias etapas, obtém-se a expulsão total da camada mole, substituindo-a por solo de melhor qualidade, até encontrar o terreno firme subjacente.

As desvantagens do processo estão no consumo excessivo de terra, que ocorre frequentemente para conseguir-se a estabilização do aterro, onerando demasiadamente o custo das obras. Outra dificuldade é não ser possível o controle efetivo da homogeneidade da camada, sendo normal a permanência de bolsões de material mole, que podem prejudicar o comportamento do aterro, sem que haja possibilidade de removê-los.

E.2.2. Deslocamento por explosivos

Há casos em que a camada mole suporta, sem a ocorrência de escorregamento lateral, o peso do aterro, de maneira que o método de expulsão não é aplicável. Por outro lado, sendo a camada profunda, torna-se antieconômica a sua remoção.

Tem sido utilizado, com êxito, o processo de deslocamento do material instável com o emprego de explosivos.

A lama resiste às pressões devidas à sobrecarga do aterro, pela sua pequena coesão e pressões hidrostáticas existentes. A detonação de explosivos (dinamite) em sua massa provoca uma onda de choque, cuja energia é suficiente para superar a pequena resistência do material, expulsando-o lateralmente, conforme método a seguir descrito.

O processo pode ser iniciado com uma série de detonações superficiais, antes do lançamento do aterro, de maneira a liquefazer a camada mole superficial, mediante a dispersão da fase sólida na fase líquida, bem como a remover o entrelaçado de raízes de vegetação.

Em seguida, lança-se o material de aterro, em espessura maior que a de projeto, levando-se em conta o recalque, devido à expulsão do material mole.

Completado o aterro, executam-se cinco linhas de furos para a colocação do explosivo. Uma delas coincide com o eixo da rodovia, outras duas, com as extremidades da crista, e as duas laterais com o pé do aterro. Cada linha de furo deve distar 3,0 m da seguinte, possuindo tal profundidade, que situe a carga na metade da espessura da camada mole.

Figura E.3 – Deslocamento por explosivos

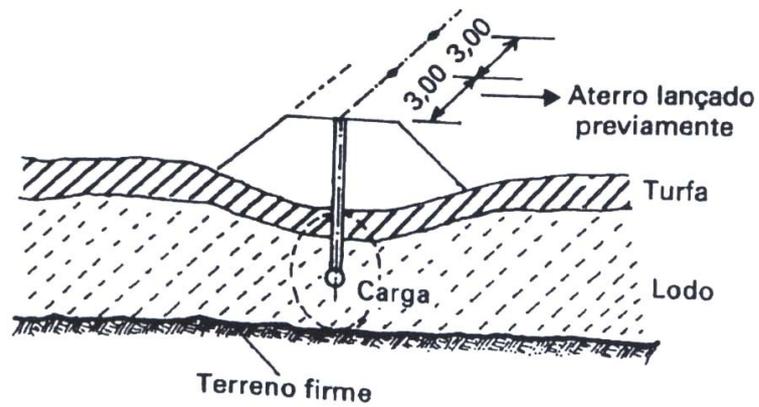
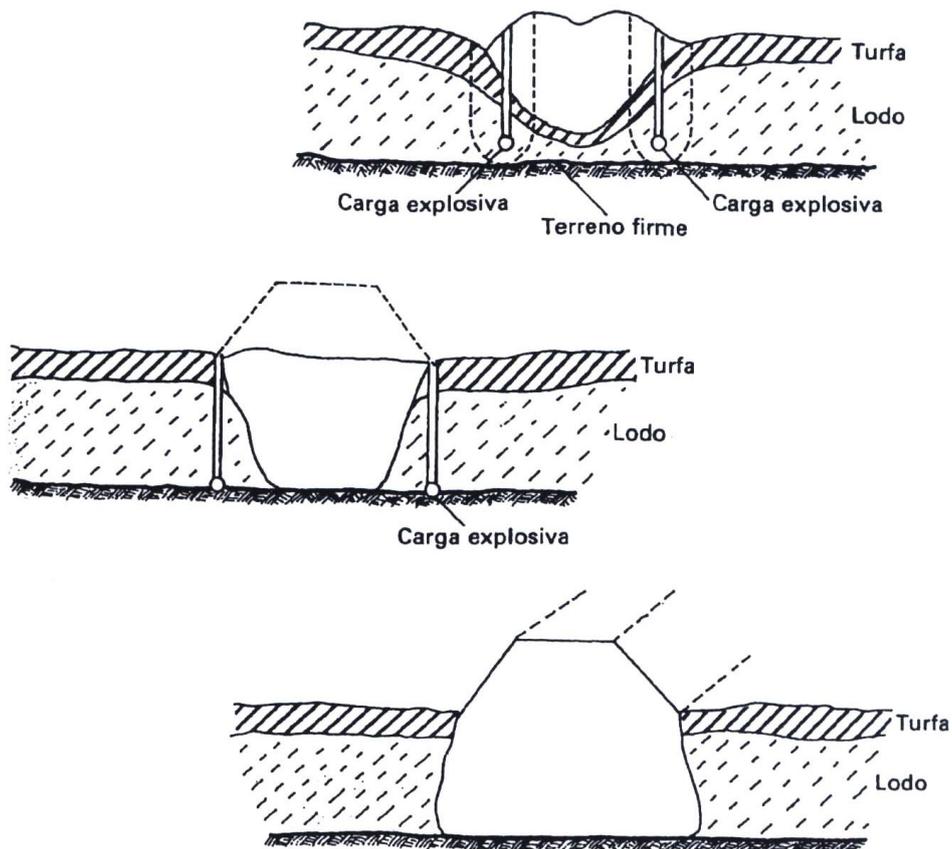


Figura E.4 – Deslocamento por explosivos



O explosivo usado pode ser a gelatina a 40 %, resistente à água, com um consumo de 150 a 200 g/m³ de material a deslocar.

A detonação é feita em etapas, explodindo em primeiro lugar a linha do eixo do aterro. Em seguida, as duas laterais e, por fim, as extremidades junto às saias.

Após a ação das ondas de choque, todo o material instável deve ser expulso sob o aterro, havendo o abatimento da massa de terra. É necessário se efetuar algumas sondagens, a fim de verificar a permanência de algum bolsão de material mole, que pode ocasionar problemas futuros. Em caso positivo é indispensável repetir o processo, até a remoção completa do solo instável.

E.3. OUTRAS SOLUÇÕES

E.3.1. Construção de drenos verticais de areia

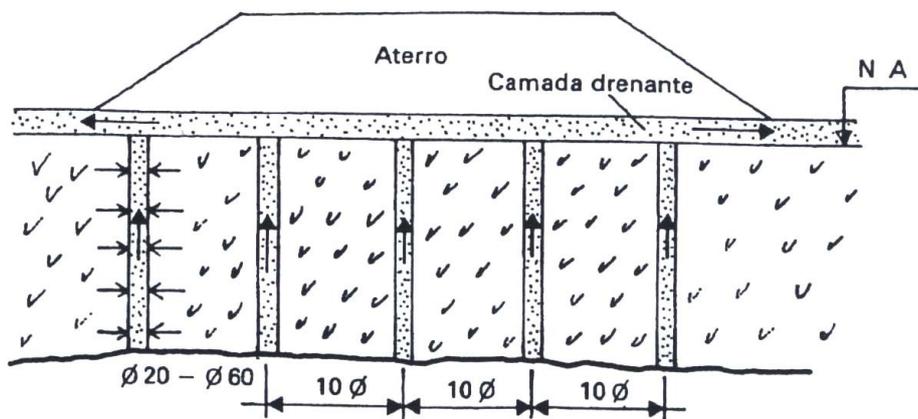
O processo dos drenos de areia, também chamados, impropriamente, de “estacas” de areia, visa a acelerar, em curto prazo, o adensamento da camada mole, aumentando a resistência ao cisalhamento.

Os drenos verticais devem ser construídos por sondas rotativas ou pela cravação de tubos (camisas com altura suficiente para atingir a camada profunda de bom suporte), sendo o material interno removido por jatos de água.

Em seguida, são cheios de material filtrante, possuindo alto coeficiente de permeabilidade em relação ao da camada mole.

Uma camada de areia é lançada sobre o topo dos drenos, numa largura ligeiramente maior do que a do futuro aterro. Em seguida, executa-se o aterro sobre a camada filtrante.

Figura E.5 – Drenos verticais de areia



A pressão originada pela sobrecarga do aterro faz com que a água da camada mole percole até encontrar o dreno vertical, que é o caminho mais curto e de maior permeabilidade para o seu escoamento, até atingir a base do aterro e sair pela camada drenante.

Dessa forma, o adensamento da camada mole é acelerado através da rápida perda de água, reduzindo o volume de vazios pela aproximação das partículas do solo.

Ao mesmo tempo, porém, a saída da água ocasiona o aumento da resistência ao cisalhamento pela diminuição da pressão neutra, concluindo-se que, com este processo, se consegue um adensamento acelerado, aliado à melhoria da capacidade de suporte do solo e diminuindo o risco de escorregamento lateral da camada mole.

O dimensionamento dos drenos é feito através dos conhecimentos da Mecânica dos Solos. Em geral, o diâmetro dos furos varia de 20 até 60 cm, sendo a distância entre os drenos da ordem de dez vezes o valor do diâmetro.

De maneira geral, são três os processos para a execução dos drenos verticais de areia:

- a) O primeiro consiste em cravar um tubo fechado por uma bucha ou outro dispositivo que permita abrir a extremidade inferior, encher o tubo com água e areia devidamente graduada e retirá-lo. Este processo é bem prático porque evita a retirada do material do solo, ficando automaticamente eliminada a necessidade de limpar o tubo e de remover a lama do mesmo. Também a quantidade de água necessária é diminuta e o canteiro não se transforma num lamaçal intransitável.
- b) O segundo processo é executado cravando um tubo aberto, através do solo, por qualquer processo. Uma vez cravado o tubo até a profundidade desejada, ele é esvaziado do material que aí penetrou por meio de pressão de ar e água. Depois do tubo limpo, procede-se ao enchimento com areia e à retirada do mesmo. Requer maiores equipamentos e em maior quantidade, como sejam bombas, compressores e tubulações etc.
- c) O terceiro processo consiste em executar no solo perfurações manuais ou mecânicas, retirando a terra à medida que se escava, revestindo o furo com um tubo, se as paredes desmoronam. Em seguida, aberto o poço, enche-se com areia, retirando-se o tubo. A perfuração pode ser feita manual ou mecanicamente. Se manual, em geral, são utilizados trados de 12", com braçadeiras de 0,5 m e segmentos de 1,50 m, que se vão justapondo com luvas nas emendas. Em média, 05

(cinco) homens fazem, com cada trado, 20 m de poço vertical por dia. Existem também máquinas para perfuração mecânica.

Digna de nota é a dupla vantagem das estacas de areia, que além de suportarem diretamente as cargas, funcionando como estacas, exercem ainda o trabalho principal de dreno vertical, possibilitando a expulsão da água existente na camada mole, aumentando a resistência do solo.

Atualmente, é de largo uso o processo que substitui as estacas de areia por “fitas” de geotêxtil, que facilitam substancialmente a execução e cujo desempenho é idêntico ao das estacas.

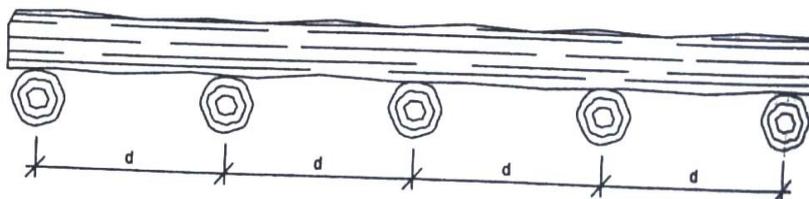
E.3.2. Construção de estivas de madeira

É um processo também usado, que consiste em armar-se uma “fogueira” sobre o terreno mole, sendo comum o uso de toros de eucalipto.

Os toros devem estar espaçados de 20 cm a 50 cm e, geralmente, bastam duas camadas para a consolidação do aterro. Estes toros são normalmente cortados em comprimentos que permitam a sua colocação manual. Quando se trata de turfa, o terreno não deve ser desmatado, pois a vegetação existente ajuda o processo de estabilização. Com a construção dos aterros, os toros afundam e ficam permanentemente imersos dentro do solo úmido, garantindo a sua não deterioração ao longo dos anos.

Os aterros sobre as toras são construídos pelo método de “ponta de aterro”, compactando-se as camadas superiores pelo processo convencional.

Figura E.6 – Estivas de madeira

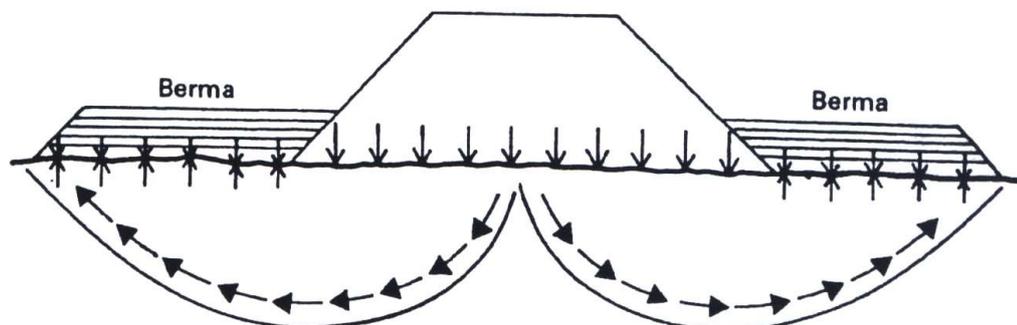


E.3.3. Construção de bermas de equilíbrio

Sob certas condições, é possível evitar-se o deslocamento dos materiais instáveis, durante a execução do aterro, construindo-se camadas laterais, que servem de contrapeso aos empuxos resultantes da carga do aterro principal, denominadas bermas de equilíbrio.

Evitam a formação dos bulbos e o deslocamento do material instável, bem como o afundamento do material de boa qualidade do aterro, obtendo-se um processo de estabilização rápido e econômico.

Figura E.7 – Bermas de equilíbrio



E.3.4 - Utilização de geotêxteis

Vem sendo de uso cada vez maior na execução de aterros sobre solos moles. Consiste em colocação de “mantas” com características apropriadas, em posições cuidadosamente definidas (horizontal e verticalmente), sobre as quais vão sendo colocadas as diversas camadas de solo.

Requerem cuidados especiais para garantia da drenagem e do próprio andamento dos trabalhos, geralmente exigindo a execução manual de aterro nas suas primeiras camadas.

O geotêxtil distribui carga do maciço e facilita a drenagem. É de fácil aplicação e tem custo bastante competitivo, quando comparado com o de outras soluções.

E.3.5 - Utilização de “geogrades”

As “geogrades” são estruturas que oferecem uma opção no reforço interno do solo, o que permite a construção de estruturas de terra de baixo custo e com boa confiabilidade. Esse reforço interno permite substituir encostas convencionais, de pouca inclinação, por encostas com inclinações mais acentuadas. A economia consequente da diminuição do volume de terraplenagem pelo uso de “geogrades” deve ser mais significativa, quanto maior for a altura do aterro.

Assim, já não mais limitados pelo ângulo natural de repouso do solo, os projetistas estão criando encostas mais íngremes ao invés de muros de contenção.

As “geogrades” são feitas de plástico resistente, nos tipos biaxial e uniaxial.

O método construtivo é relativamente simples. Após preparar a fundação do aterro colocam-se os “panos” da “geograde”, jogando-se o aterro, em camadas, sobre esta, compactando-o em seguida. Ao espalhar o solo sobre a “geograde”, devem ser preferidos equipamentos sobre pneus, objetivando não danificar a mesma.

As “geogrades” são também utilizadas para fixar a terra vegetal nos taludes, visando permitir a execução do revestimento vegetal.

ANEXO F
PROCEDIMENTOS E AÇÕES AMBIENTAIS
NA FASE DE OBRAS

ANEXO F

PROCEDIMENTOS E AÇÕES AMBIENTAIS NA FASE DE OBRAS

Objetivando orientar e/ou subsidiar o monitoramento ambiental na fase de execução das obras é apresentada a seguir, sob a forma de tabelas e planilhas, a seguinte documentação:

As Tabelas F.1 a F.5, contendo procedimentos e ações ambientais, vinculados às atividades relativas à execução das obras.

Tabela F.1 – Providências iniciais
Procedimentos e ações ambientais na fase de obras

Subatividade	Fatores/Eventos Geradores	Procedimentos e Ações a serem adotados	Ocasião e Frequência
Obtenção de LI	Falta de L I	Providenciar a “Licença de Instalação”, evitando o embargo da obra	Antes de iniciar as construções das obras
	Pendências no atendimento das exigências	Providenciar o cumprimento das exigências e condicionantes da L I	Semanal
Licenças e Autorizações para as áreas de apoio	Falta de Licenças / Autorizações para as áreas de apoio	Providenciar as autorizações dos órgãos ambientais competentes (IBAMA, Prefeituras Municipais e outros)	Observar os prazos de validade
Cuidados específicos relativos ao canteiro de obras	Surgimento de doenças transmissíveis	Controlar a saúde no ingresso de efetivos da mão de obra	Na contratação
	Surgimento de vetores de doenças	Controlar a captação / abastecimento de água; manejo do lixo e depósito de materiais	Semanal
		Controlar sistema de filtragem de graxas e óleos, tanques de combustível, lubrificantes, asfaltos etc.	Quinzenal
		Controlar o manejo dos efluentes, rede de esgotos e destino dos dejetos	Mensal
	Poluição das águas (superficiais e subterrâneas)	Manter úmidas superfícies de caminhos de serviço, pátios etc.	Diária
	Poluição do ar	Providenciar a regulagem das usinas e os filtros, ciclones etc.	Diária
Possibilidade de acidentes com o pessoal da obra	Utilizar roupas próprias e equipamentos de proteção, sendo obrigatório o uso de coletes refletivos ou fosforescentes em serviços móveis pelos trabalhadores que estão sobre o leito rodoviário ou próximo do fluxo de veículos. Todos os veículos de serviço, que transitam em velocidade reduzida ou permanecem estacionados no leito rodoviário, devem ser equipados com dispositivos de sinalização especial, constante de faixas horizontais e/ou verticais, com largura mínima de 0,15m, nas cores laranja e branca, alternadamente, tanto na traseira como na dianteira. Quando para uso noturno, devem ser refletivas.	Diária	
Identificação de sítios históricos/ arqueológicos	Empreendimentos afetando sítios históricos, arqueológicos e espeleológicos detectados nos Estudos Ambientais e inspeção das áreas	Verificar o potencial indicado nos Estudos Ambientais na área a ser diretamente afetada, com apoio de pessoal especializado. Caso haja evidências de vestígios históricos ou arqueológicos, deve-se recorrer a equipes especializadas, que providenciarão a autorização e seguirão procedimentos estabelecidos pelo IPHAN.	Antes da execução da limpeza e terraplenagem das áreas de interesse

**Tabela F.2 – Serviços preliminares
Procedimentos e ações ambientais na fase de obras**

Subatividade	Fatores/Eventos Geradores	Procedimentos e Ações a serem adotados	Ocasião e Frequência
Desmatamento e limpeza	Falta da Autorização	Obter autorizações do IBAMA	Antes de Iniciar o desmatamento
	Início do desmatamento e limpeza	Realizar o manejo adequado do desmatamento e o atendimento aos compromissos firmados nas autorizações	Durante todo o serviço
	Irregularidades na área desmatada	Estocar convenientemente o solo da camada vegetal, em local não sujeito à erosão, para uso posterior na superfície resultante	Diária
	Incêndios / proliferação de animais peçonhentos	Manter os limites impostos pelos Licenciamentos / Autorizações Específicas	Diária
	Surgimento de erosões e riscos de instabilidade	Observar o exato cumprimento das Notas de Serviço	Diária
Desmatamento e Limpeza	Assoreamento de corpos d'água / bloqueio dos talwegues	Manejar adequadamente a remoção e depósito da vegetação. Estocar adequadamente a camada de terra orgânica, para futuro emprego.	Diária
		Reconformar a topografia, utilizando a reposição da camada de terra orgânica estocada, evitando-se o carregamento deste material.	Diária
	Obstrução de bueiros	Manejar adequadamente a vegetação removida, evitando-se enredamento de restos vegetais. Desassorear e limpar os bueiros	Diária
Desvio de tráfego	Possibilidade de acidentes	Implantar sinalização adequada, inclusive para a noite (nenhum serviço deve ser iniciado sem que a sinalização correspondente esteja implantada)	Diária
		Estabelecer velocidade máxima compatível com a via utilizada	
		Manter a pista umedecida, para evitar a suspensão de poeira	
		Observar o funcionamento adequado das obras de drenagem principalmente nas travessias de cursos d'água	Quinzenalmente ou diária nas temporadas de chuvas
		Demolir completamente o desvio construído, para evitar caminhos preferenciais para águas pluviais	Após o final de sua utilização
Caminhos de Serviço	Surgimento de erosões na estrada ou nos terrenos adjacentes	Observar o funcionamento adequado das obras de drenagem, principalmente nas travessias de cursos d'água	Quinzenalmente ou diária, nas temporadas de chuvas
	Assoreamento de corpos d'água e talwegues		
	Retenção no fluxo das águas superficiais		
	Rompimento de bueiros		Diária, quando ocorrer
	Ocorrência de poeira, ocasionando poluição e perigo de acidente	Aspergir a água nos trechos poeirentos	
	Ocorrência de lama	Adequar a drenagem das águas pluviais e remover a camada de lama	Diária, quando ocorrer
	Tráfego perigoso dos equipamentos com risco de acidentes	Sinalizar e controlar a velocidade, especialmente em trechos com tráfego de terceiros	Diária, quando em utilização

Subatividade	Fatores/Eventos Geradores	Procedimentos e Ações a serem adotados	Ocasião e Frequência
Caminhos de Serviço	Término de utilização	Desmanchar totalmente o caminho de serviço, quando terminada a necessidade de sua utilização, bem como os bueiros e obras de drenagem, fazendo voltar o terreno às suas condições originais Recompor a cobertura vegetal da área utilizada pelo caminho de serviço	Após o final da utilização
Desapropriações e reassentamentos	Desapropriações de propriedades Remoção de aglomerados tipo favela	Acompanhar os processos por via administrativa (acordo entre partes, quanto ao preço), ou por processo judicial (falta de acordo, seguindo o rito judicial estabelecido em lei) Cadastrar as moradias subnormais a serem atingidas, bem como as famílias, para evitar o oportunismo de invasores Elaborar pesquisa socioeconômica e preparar Plano de Reassentamento Efetuar a remoção, segundo o Plano de Reassentamento aprovado pelo Órgão Ambiental e/ou Órgãos Financiadores Fazer acompanhamento da situação das famílias reassentadas Manter vigilância após a remoção das famílias e o desmanche das moradias atingidas, para evitar nova ocupação Recolher os materiais resultantes de desmanche em locais adequados próprios à deposição desses resíduos (Lixões)	Só deve ter início após a Licença Prévia da Obra. Tão logo seja definida a área afetada. Após o cadastramento. Após aprovado o plano, a critério do DNIT. Até o término da obra. Permanente Durante a remoção

Tabela F.3 – Terraplenagem
Procedimentos e ações ambientais na fase de obras

Subatividades	Fatores/Eventos Geradores	Procedimentos e Ações a serem adotados	Ocasião e Frequência
Execução de cortes em materiais de 1ª e 2ª categorias (solos e rochas alteradas)	Possibilidade de erosões	Cobrir a superfície do talude com vegetação ou outro método de proteção preconizado. Controlar a pega da vegetação e avaliar a necessidade de repasse. Verificar a adequação dos dispositivos de drenagem.	Após execução do corte Semanalmente Semanalmente
	Escorregamentos e queda de blocos	Controlar a ocorrência, adotando, conforme a causa, um ou mais dos procedimentos a seguir: - cobertura da superfície do talude; - implantação de mantas vegetais, tirantes e aplicação de gunita; - criação de banquetas; - contenção do talude por meio de estruturas adequadas de contenção (gabiões ou outras); - redução da inclinação do talude.	Semanalmente
		Deixar as cristas sem arestas vivas, fazendo uma concordância por meio de um arco de circunferência. Observar a existência de superfícies propícias a deslizamento, devido à posição de estruturas geológicas. Implantar dispositivos de drenagem adequados (crista e pé de corte).	Semanalmente
			Após execução do corte
	Ocorrência de nuvens de poeira com perigo de acidentes	Aspergir água nos trechos poeirentos.	Diária, quando ocorrer
Ocorrência de lama no trajeto dos equipamentos	Remover as camadas de lama nos trechos atingidos.	Diária, quando ocorrer	
Velocidade excessiva dos equipamentos com perigo de acidentes	Controlar a velocidade em trechos com tráfego de terceiros.	Diária, quando ocorrer	
Queda de material transportado durante o trajeto, em trechos urbanos ou semiurbanos	Cobrir as caçambas com lonas Remover o material tombado sobre a via	Diária, quando ocorrer	
Execução de cortes em materiais de 3ª categoria (rochas)	Retirada da capa superior (material terroso)	Proceder como prescrito para o item “Execução de cortes”.	Antes de iniciar a execução
	Desmonte de Rocha	Utilizar somente pessoal habilitado ao uso de explosivos.	Durante a execução

Subatividades	Fatores/Eventos Geradores	Procedimentos e Ações a serem adotados	Ocasião e Frequência
Execução de cortes em materiais de 3ª categoria (rochas) – cont.		Depositar em bota-fora, caso o material escavado não seja aproveitado para corpo de aterro, ou outras finalidades, procedendo como prescrito para o item “Execução de Bota-foras”	Diária, quando ocorrer
	Queda de blocos	Utilizar os processos recomendados para a estabilização: aparafusamento de rochas, injeções de cimento, fixação com obras de concreto, rede metálica, gunitagem etc., em caso de instabilidade durante a execução do desmonte.	Durante a execução
Execução de aterros	Erosões e/ou instabilidade	Proteger, tão logo possível, os taludes e valetas de drenagem com revestimento vegetal ou outro preconizado. Deixar as cristas sem arestas vivas, fazendo uma concordância por meio de um arco de circunferência. Manter inclinação adequada ou corrigir a drenagem. Compactar o material depositado. Observar a ocorrência de erosão interna (Piping).	Semanal Aumentar a frequência em épocas de chuva Semanal
	Recalques	Observar as condições da fundação. Conforme o caso, adotar bermas ou outra solução indicada por estudos geotécnicos, além de manter drenagem adequada e fazer compactação. Monitorar o comportamento das obras-de-arte localizadas no aterro.	Semanal
Execução de Empréstimos	Empréstimos dentro da faixa de domínio	Proceder analogamente ao prescrito para o item “Execução de Cortes”. Dar preferência ao alargamento dos cortes do corpo estradal ou ao escalonamento dos seus taludes. Solicitar o licenciamento dos órgãos ambientais, iniciando a exploração somente após a regularização por Licenciamento Ambiental e devidas autorizações.	Antes de iniciar a operação Antes de iniciar a operação
	Empréstimos fora da faixa de domínio	Estocar convenientemente o solo vegetal (camada superior), para posterior utilização na recuperação da área	Durante a execução
	Erosões e assoreamentos dos talvegues	Proceder analogamente ao prescrito para o item “Execução de Cortes”.	2 a 3 vezes na semana
	Ocorrência de poeira	Aspergir água nos trechos poeirentos.	Diária, quando ocorrer

Subatividades	Fatores/Eventos Geradores	Procedimentos e Ações a serem adotados	Ocasião e Frequência
Execução de Empréstimos	Ocorrência de lama Velocidade excessiva Queda de material durante o transporte	Remover as camadas de lama, . Controlar a velocidade, principalmente em trechos com tráfego de terceiros. Cobrir as caçambas com lona. Remover o material tombado sobre a via.	Diária, quando ocorrer Durante o transporte Diariamente
Execução de bota-foras	Bota-foras dentro da faixa de domínio Bota-foras fora da faixa de domínio Erosões, instabilidade e recalques.. Ocorrência de poeira Queda de material durante o transporte.	Disponibilizar preferencialmente o material como alargamento dos aterros do corpo estradal ou como bermas Executar compactação em todo o volume depositado, idêntica à do aterro da plataforma da terraplenagem Observar os cuidados recomendados em “Bota-foras dentro da faixa de domínio”, além de: – Privilegiar as áreas que já se encontram degradadas; – Obter autorização do proprietário; – Verificar se a área escolhida não está em “Área de Preservação Permanente” ou “Área de Proteção Ambiental”; – Verificar a obtenção do “Licenciamento Ambiental”. Proceder analogamente ao recomendado para o item “Execução de Aterros” Proceder analogamente ao prescrito para o Item “Empréstimos fora da faixa de domínio”	Na execução Diária Antes de iniciar a execução Semanal Diária, quando ocorrer
Solos para serviços de pavimentação (empréstimo para pavimentação).	Execução de empréstimo dentro ou fora da faixa de domínio.	Proceder analogamente ao recomendado para o item “Execução de empréstimo em terraplenagem”.	Conforme indicado no item citado

**Tabela F.4 – Exploração de materiais de construção
Procedimentos e ações ambientais na fase de obras**

Subatividades	Fatores/Eventos Geradores	Procedimentos e Ações a serem adotados	Ocasião e Frequência
Exploração de pedreiras cascalheiras e areais	Autorização para a exploração, por parte do proprietário e dos órgãos competentes	Obter a Licença de Instalação e Licença de Funcionamento junto ao DNPM, Prefeitura e Órgão Ambiental competente, conforme prescrito, quando a jazida não for de exploração comercial.	Antes de iniciar a exploração
	Descumprimento das exigências de LI ou LF	Solicitar a documentação de regularidade ambiental, quando a jazida for de exploração comercial Observar o cumprimento de todas as exigências condicionantes na LI e LF.	Semanal Quinzenalmente
	Poluição das águas (superficiais ou subterrâneas). Poluição do ar (tráfego perigoso dos equipamentos nos caminhos de serviços).	Proceder analogamente ao prescrito para o item relativo ao “Canteiro de Obras” (Tabela F.1) Proceder analogamente ao prescrito para o item relativo à “Execução de Empréstimos”.	Quinzenalmente Diária
	Queda de material transportado durante o trajeto	Proceder analogamente ao prescrito para o item “Empréstimos fora da faixa de domínio”.	Diária, quando em utilização
	Final da exploração	Executar a recuperação ambiental da área, quando não for de exploração comercial, conforme previsto no PRAD - Plano de Recuperação de Área Degradada.	Na conclusão da exploração
	Termo de Encerramento e Devolução ao Proprietário	Solicitar a vistoria, pelos técnicos dos Órgãos Ambientais competentes, após a recuperação. Devolver a área a seu titular, através de “Termo de Encerramento / Devolução / Recebimento, a fim de cessarem as responsabilidades do DNIT, quanto a eventuais degradações posteriores”.	Ao fim da recuperação

**Tabela F.5 – Drenagem e obras-de-arte
Procedimentos e ações ambientais na fase de obras**

Subatividades	Fatores/Eventos Geradores	Procedimentos e Ações a serem adotados	Ocasião e Frequência
Drenagem superficial	Localização errada dos dispositivos de drenagem.	Corrigir a localização inadequada, muito frequente, principalmente nos projetos feitos por programação eletrônica.	Especialmente durante a ocorrência de chuvas.
	Erosão ao longo das sarjetas de crista de cortes ou nos pontos de descarga.	Adotar sistemática de revestimento das mesmas (vegetal ou até mesmo concreto de cimento, conforme o caso), se o terreno for suscetível à erosão. Por economia, ou devido a programas de projetos por computação, o final das sarjetas é fixado nos PPs (passagem de corte para aterro), o que frequentemente leva à erosão no talude do aterro. Prolongá-las até um ponto mais favorável e usar dissipador de energia, se necessário.	Mensal, de preferência após a ocorrência de chuvas
Bueiros	Inundações a montante dos bueiros, por ocasião das chuvas mais fortes, alagando propriedades lindeiras.	Verificar as condições de projeto, onde devem ser consideradas, no cálculo da vazão, as possíveis alterações futuras do uso do solo das bacias. Constatado o subdimensionamento, adequar/complementar a obra existente.	Verificar a condição de escoamento por ocasião das chuvas mais fortes.
	Erosões na boca de jusante de bueiros.	Verificar o comprimento e a declividade da obra. Em alguns casos há necessidade de prolongá-la ou adotar dissipadores de energia, junto à boca de jusante.	Semanal
Corta-rios	Possibilidade de inundações a montante e a jusante da rodovia (surgimento de lagos)	Melhorar as condições de escoamento do corta-rio, quando for rompida a situação de equilíbrio que existia entre o curso d'água e o terreno onde ele percorria. Em terrenos instáveis, há uma tendência do curso d'água voltar ao seu leito inicial.	Especialmente durante a ocorrência de chuvas
	Possibilidade de erosões a jusante, com abatimento de encostas e margens, com possíveis efeitos sobre benfeitorias.	Melhorar a proteção das margens, quando houver indicativo de aumento de velocidade e consequente ação da energia liberada.	Especialmente durante a ocorrência de chuvas.
	Possibilidade de erosão das saias dos aterros e retroerosão do terreno, atingindo a rodovia.. Perdas d'água em porosidades naturais, com ressurgências em outros locais.	Implantar solução análoga ao item anterior. Efetuar análise e executar as obras adequadas, quando houver indicativo da existência de fendas, cavernas, camadas com alta permeabilidade. Problema de difícil solução, que pode até inviabilizar o corta-rio, conforme o caso.	Especialmente durante a ocorrência de chuvas. Especialmente durante a ocorrência de chuvas.

Subatividades	Fatores/Eventos Geradores	Procedimentos e Ações a serem adotados	Ocasião e Frequência
Pontes e viadutos	Pontes: Possibilidade de transporte de troncos e galhadas, em bacias com incidência de desmatamento, formando os "balseiros". Viadutos: Possibilidade de acidentes nos desvios de tráfego implantados.	Analisar necessidade de reprojeter a infraestrutura, para adequar o espaçamento entre os pilares, se possível locando-os fora do leito normal. Além da restrição ao escoamento da massa líquida, esses balseiros podem provocar o deslocamento dos pilares a acarretar erosão nos aterros dos encontros. Proceder como prescrito no item "Desvios de Tráfego".	Antes de iniciar a execução e especialmente durante a ocorrência de chuvas. Diária

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAM, Isaac; ROCHA, Aroldo Vieira. *Manual prático de terraplenagem*. Salvador: ABEOR, 2000.
- BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. *Manual de implantação básica*. 2. ed. Rio de Janeiro, 1996. (IPR. Publ., 696).
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Geral. *Manual de custos rodoviários*. 3. ed. Rio de Janeiro, 2003. 7v. em 13.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 725).
- _____. *Diretrizes básicas para elaboração de estudos e programas ambientais rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço*. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 729).
- _____. *Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço*. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 726).
- _____. *Manual de conservação rodoviária*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. (IPR. Publ., 710).
- _____. *Manual de drenagem de rodovias*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 724).
- _____. *Manual para atividades ambientais rodoviárias*. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 730).
- CARVALHO, Manoel Pacheco de. *Caderneta de campo, emprego da transição em espiral nos traçados rodoviários*. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], [1949].
- _____. *Curso de estradas*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Científica, 1967.
- CHIAVENATO, Idalberto. *Recursos humanos*. Ed. compacta. São Paulo: Atlas, 1986.
- CORRÊA, Afonso Newton Antunes. *Manual de projeto de terraplenagem*. 1983.
- RICARDO, Hélio de Souza; CATALANI, Guilherme. *Manual prático de escavação: terraplenagem e escavação*. São Paulo: Pini, 2007.

ÍNDICE

Apresentação	5
Lista de ilustrações – Figuras	7
Lista de ilustrações – Fotos	13
Lista de ilustrações – Planilhas	15
Lista de ilustrações – Quadros	17
Lista de ilustrações – Tabelas	19
Sumário	21
1. Introdução	25
1.1. Considerações gerais	27
1.2. 1ª Versão do manual	27
1.3. 2ª Versão do manual	28
1.4. 3ª Versão do manual	29
2. Definições e princípios básicos	33
2.1. Generalidades	35
2.1.1. O transporte rodoviário no Brasil	35
2.1.1.1. Considerações iniciais	35
2.1.1.2. A magnitude e a importância da malha rodoviária	36
2.1.1.3. A política setorial do Ministério dos Transportes	38
2.1.2. A classificação das rodovias	40
2.1.2.1. Considerações iniciais	40
2.1.2.2. Critérios de classificação de rodovias	40
2.1.2.3. Definição e análise das diferentes classes de rodovias	42
2.1.3. As rodovias com revestimento terroso	43
2.1.3.1. Considerações iniciais	43
2.1.3.2. Recomendações para a introdução de melhoramentos	44
2.1.3.3. O revestimento primário	45
2.2. A infraestrutura e a superestrutura rodoviária	45
2.2.1. A plataforma da rodovia	45
2.2.1.1. Considerações iniciais	45
2.2.1.2. Os elementos constituintes da plataforma	46

2.2.1.3.	Elementos adicionais afins e particularidades	51
2.2.2.	Sistema de drenagem	53
2.2.2.1.	Considerações iniciais	53
2.2.2.2.	Drenagem de transposição de talvegues	54
2.2.2.3.	Drenagem superficial	57
2.2.2.4.	Drenagem profunda.....	61
2.2.2.5.	Esquema do sistema de drenagem	66
2.2.2.6.	Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem do DNIT	66
2.2.3.	Obras-de-arte especiais	67
2.2.3.1.	Considerações iniciais.....	67
2.2.3.2.	Principais elementos componentes das pontes.....	67
2.2.3.3.	Tipos básicos de pontes.....	69
2.2.4.	Obras complementares	69
2.2.4.1.	Considerações iniciais.....	69
2.2.4.2.	Sinalização rodoviária.....	70
2.2.4.3.	Cercas.....	71
2.2.4.4.	Defensas	72
2.2.4.5.	Dispositivos de proteção dos taludes	72
2.2.4.6.	Outros componentes.....	73
2.2.5.	O pavimento.....	73
2.2.5.1.	Considerações iniciais.....	73
2.2.5.2.	Classificação dos pavimentos	73
2.2.5.3.	Seção transversal do pavimento.....	74
2.3.	Temas específicos outros	75
2.3.1.	O tratamento ambiental.....	75
2.3.1.1.	Considerações iniciais.....	75
2.3.1.2.	Definição do tratamento ambiental.....	75
2.3.1.3.	Etapas de trabalho do tratamento ambiental	79
2.3.1.4.	Definições e considerações adicionais.....	80
2.3.2.	O projeto de engenharia rodoviária.....	81
2.3.2.1.	Considerações iniciais.....	81
2.3.2.2.	Fases da elaboração do projeto	82
2.3.2.3.	Documentação integrante do projeto de engenharia	83
2.3.3.	Manutenção e o desempenho das rodovias	84

2.3.3.1.	Considerações iniciais	84
2.3.3.2.	Os sistemas componentes da rodovia e suas funções	84
2.3.3.3.	Modalidades de serviços de manutenção rodoviária.....	85
3.	O condicionamento ambiental	87
3.1.	Considerações iniciais.....	89
3.2.	O instrumental técnico – normativo específico.....	90
3.2.1.	O manual para atividades ambientais rodoviárias.....	90
3.2.2.	As diretrizes básicas para elaboração dos estudos e programas ambientais	91
3.2.3.	A Norma 070/2006-PRO - Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras - Procedimento.	93
3.3.	Agentes intervenientes no tratamento ambiental e respectivas atribuições	94
3.3.1.	Atividades de cunho normativo e de acompanhamento e supervisão.....	94
3.3.2.	Atividades de fiscalização e execução dos serviços	95
3.4.	Aspectos da interface projeto de engenharia x estudos ambientais	96
3.5.	Impactos e medidas mitigadoras e compensatórias	100
3.5.1.	A avaliação dos impactos.....	100
3.5.2.	Definição e proposição de medidas mitigadoras e compensatórias	101
3.5.3.	Listagem representativa dos impactos e das medidas de proteção ambiental.....	102
3.6.	Plano básico ambiental – PBA.....	106
3.6.1.	A finalidade do PBA e sua constituição.....	106
3.6.2.	Os programas ambientais e sua correspondência, com os impactos.....	106
3.6.3.	A apresentação/incorporação da componente ambiental no projeto de engenharia	108
3.7.	O processo de implantação/implementação do PBA	110
3.7.1.	O processo e os agentes atuantes	110
3.7.2.	Os instrumentos adotados no processo	110
3.7.3.	O programa de monitoramento ambiental	111
4.	O projeto de engenharia	113
4.1.	Considerações gerais.....	115
4.2.	Estudos geológicos.....	116
4.2.1.	Objetivo.....	116
4.2.2.	Elaboração dos estudos	116
4.2.2.1.	Fase preliminar.....	116
4.2.2.2.	Fase definitiva	118
4.2.3.	Produtos finais.....	123

4.2.3.1.	Relatório preliminar (formato A4).....	123
4.2.3.2.	Relatório final (formato A4).....	123
4.3.	Estudos hidrológicos.....	124
4.3.1.	Objetivo.....	124
4.3.2.	Elaboração dos estudos.....	124
4.3.2.1.	Fase preliminar.....	124
4.3.2.2.	Estudos hidrológicos propriamente ditos.....	126
4.3.3.	Produtos finais.....	127
4.3.3.1.	Relatório preliminar (formato A4).....	127
4.3.3.2.	Relatório final do Projeto Básico (formato A4).....	127
4.4.	Estudos topográficos.....	128
4.4.1.	Objetivo.....	128
4.4.2.	Elaboração dos estudos.....	128
4.4.2.1.	Fase preliminar.....	128
4.4.2.2.	Fase de Projeto Básico.....	129
4.4.2.3.	Fase de Projeto Executivo.....	130
4.4.3.	Produtos finais.....	157
4.4.3.1.	Relatório preliminar – Aerofotogrametria (formato A4/A3).....	157
4.4.3.2.	Relatório preliminar – Topografia convencional (formato A4/A3).....	158
4.4.3.3.	Relatório final da fase de Projeto Básico – Topografia convencional (formato A4/A3).....	158
4.4.3.4.	Relatório final – Aerofotogrametria (formato A4/A3).....	159
4.4.3.5.	Relatório final (formato A1/A3/A4).....	159
4.5.	Estudos geotécnicos.....	160
4.5.1.	Objetivo.....	160
4.5.2.	Elaboração dos estudos.....	160
4.5.2.1.	Fase preliminar.....	160
4.5.2.2.	Fase de Projeto Executivo.....	164
4.5.3.	Produtos finais.....	188
4.5.3.1.	Relatório final do Projeto Básico.....	188
4.5.3.2.	Relatório final.....	188
4.6.	Projeto geométrico.....	189
4.6.1.	Objetivo.....	189
4.6.2.	Elaboração do projeto.....	190

4.6.2.1.	Fase de Projeto Básico	190
4.6.2.2.	Fase de Projeto Executivo.....	191
4.6.3.	Produtos finais.....	193
4.6.3.1.	Relatório final do Projeto Básico (formato A4/A3).....	193
4.6.3.2.	Relatório final (formato A4/A3)	194
4.7.	Projeto de terraplenagem	194
4.7.1.	Objetivo.....	194
4.7.2.	Elaboração do projeto	195
4.7.2.1.	Fase de Projeto Básico	195
4.7.2.2.	Fase de Projeto Executivo.....	195
4.7.3.	Produtos finais.....	207
4.7.3.1.	Relatório final do Projeto Básico	207
4.7.3.2.	Relatório final (formato A4/A3)	208
4.8.	Projeto de drenagem.....	209
4.8.1.	Objetivo.....	209
4.8.2.	Elaboração do projeto	209
4.8.2.1.	Fase de Projeto Básico	209
4.8.2.2.	Fase de Projeto Executivo.....	212
4.8.3.	Produtos finais.....	214
4.8.3.1.	Relatório final do Projeto Básico (formato A4).....	215
4.8.3.2.	Relatório final (formato A4)	215
4.9.	Outros componentes de projetos	216
5.	Materiais utilizados e incorporados à implantação da rodovia	217
5.1.	Considerações iniciais.....	219
5.1.1.	A formação do solo e a ação dos agentes naturais.....	219
5.1.2.	Solos residuais	220
5.1.3.	Solos transportados	222
5.2.	Identificação dos solos	224
5.3.	Fases do solo	225
5.3.1.	Fase sólida	225
5.3.2.	Frações de solo.....	226
5.3.3.	Fase líquida	226
5.3.4.	Fase gasosa.....	227
5.4.	Terminologia recomendada para rochas e solos	228

5.4.1. Rochas	228
5.4.2. Solos.....	228
5.5. Propriedades dos solos	230
5.5.1. Propriedades gerais dos solos	230
5.5.2. Propriedades físicas e mecânicas	234
5.6. Caracterização dos solos	243
5.6.1. Granulometria (DNER-ME 051/94 e DNER-ME 080/97)	243
5.6.2. Limites de consistência	245
5.6.3. Índice de Grupo.....	246
5.6.4. Equivalente de areia (EA)	246
5.6.5. Índice de Suporte Califórnia (Califórnia Bearing Ratio) (DNER-ME 049/94).....	247
5.7. Classificação dos solos.....	247
5.7.1. Enfoque fundamentado nos parâmetros e conceitos de mecânica dos solos	247
5.7.2. Enfoque pertinente à execução da terraplenagem.....	250
5.7.3. Definição das categorias, segundo o DNIT	252
5.7.4. Importância econômica da classificação.....	253
5.7.5. A utilização dos materiais escavados nos cortes para execução de aterros	255
5.8. Materiais utilizados nas obras-de-arte e de drenagem	256
6. Modalidades de serviços	259
6.1. Atividades preliminares	261
6.1.1. Exame do projeto de engenharia	261
6.1.2. Instalação do canteiro de serviços.....	261
6.1.3. Mobilização dos equipamentos	261
6.1.4. Construção de caminhos de serviço	262
6.1.5. Serviços topográficos.....	263
6.1.5.1. Locação	263
6.1.5.2. Marcação dos “Off-sets”	263
6.1.5.3. Relocação do eixo e dos “Off-sets”	265
6.2. Limpeza, desmatamento e destocamento.....	266
6.2.1. Considerações iniciais.....	266
6.2.2. Caracterização dos fatores que afetam a execução do desmatamento	267
6.2.3. Aspectos construtivos e particularidades	268
6.2.4. Outros elementos de obstrução	270
6.3. Execução dos cortes	271

6.3.1. Considerações iniciais.....	271
6.3.2. Modalidades de cortes.....	272
6.3.3. Aspectos construtivos e particularidades	272
6.3.3.1. Escavação de materiais de 1ª categoria.....	273
6.3.3.2. Escavação de materiais de 2ª categoria.....	274
6.3.3.3. Escavação de materiais de 3ª categoria (rochas).....	275
6.4. Execução dos aterros.....	280
6.4.1. Considerações iniciais.....	280
6.4.2. A importância da compactação dos aterros.....	281
6.4.3. Aspectos construtivos e particularidades	282
6.4.4. Compactação de aterros	283
6.4.4.1. Particularidades dos solos ante a compactação.....	284
6.4.4.2. Mecânica da compactação	285
6.4.4.3. Equipamentos de compactação	286
6.4.4.4. O processo de compactação no campo	288
6.4.4.5. Execução de aterros com materiais rochosos.....	289
6.5. Taludes.....	290
6.5.1. Considerações iniciais.....	290
6.5.2. Estabilidade dos taludes	291
6.5.3. Execução e controle dos taludes	294
6.5.3.1. Taludes de cortes.....	294
6.5.3.2. Taludes de aterro	295
6.5.4. Escalonamento dos taludes	297
6.6. Acabamento final	298
6.7. Execução de aterros sobre solos moles	299
6.7.1. Considerações iniciais.....	299
6.7.2. Estabilidade dos aterros e consolidação das fundações	300
6.7.3. Aterros sobre solos moles – Aspectos construtivos	302
6.7.3.1. Considerações iniciais.....	302
6.7.3.2. O processo executivo	303
6.7.3.3. Soluções especiais.....	304
6.7.3.4. Execução de aterros junto a encontros com obras-de-arte.....	306
6.8. Serviços de drenagem e obras-de-arte correntes.....	307
6.8.1. Considerações iniciais.....	307

6.8.2.	Aspectos construtivos	308
6.8.2.1.	Execução de sarjetas e valetas	309
6.8.2.2.	Execução de bueiros.....	312
6.8.2.3.	Execução de drenos profundos	314
6.9.	Serviços complementares.....	315
6.9.1.	Considerações iniciais.....	315
6.9.2.	Proteção vegetal dos taludes	315
6.9.3.	Outras complementações	316
7.	Canteiro de serviços e instalações.....	317
7.1.	Canteiro de serviços	319
7.1.1.	Considerações iniciais.....	319
7.1.2.	Canteiro central.....	320
7.1.3.	Canteiros auxiliares.....	324
7.2.	Instalações de pedreiras e esquemas de britagem	325
7.2.1.	Considerações iniciais.....	325
7.2.2.	Fases da britagem e equipamentos específicos	327
7.2.3.	Exploração de pedreiras	331
7.2.3.1.	Investigação	331
7.2.3.2.	Plano de ataque	331
7.2.3.3.	Exploração	331
7.2.4.	Produção de agregados.....	335
8.	Equipamentos.....	343
8.1.	Considerações iniciais.....	345
8.2.	Modalidades e finalidade dos equipamentos de terraplenagem.....	346
8.2.1.	Unidades de tração	346
8.2.2.	Unidades escavo - empurradoras	349
8.2.3.	Unidades escavo - transportadoras.....	351
8.2.4.	Unidades escavo - carregadoras.....	353
8.2.5.	Unidades aplainadoras	355
8.2.6.	Unidades de transporte.....	356
8.2.7.	Unidades compactadoras.....	359
8.2.8.	Equipamentos auxiliares	362
8.2.8.1.	Betoneiras.....	363
8.2.8.2.	Bombas d'água.....	363

8.2.8.3.	Grupos geradores	364
8.2.8.4.	Vibradores para concreto	365
8.2.8.5.	Compactadores manuais	366
8.3.	Manutenção dos equipamentos	367
8.4.	Locomoção dos equipamentos de terraplenagem	367
8.4.1.	Considerações iniciais	367
8.4.2.	Mecânica do movimento das máquinas	368
8.4.3.	Considerações sobre as resistências atuantes	369
8.4.3.1.	Resistência de rampa	369
8.4.3.2.	Resistência de rolamento	370
8.4.3.3.	Resistência de inércia	371
8.4.3.4.	Resistência do ar	371
8.4.4.	Força de aderência	372
8.4.5.	Condições de movimento	372
8.4.5.1.	Primeira condição de movimento	372
8.4.5.2.	Segunda condição de movimento	373
8.4.5.3.	Consolidação das condições	373
8.5.	As patrulhas de equipamentos	374
8.5.1.	Considerações iniciais	374
8.5.2.	O ciclo dos equipamentos	375
8.5.3.	A constituição das patrulhas	375
8.5.4.	O tempo operativo e o tempo improdutivo	376
8.5.5.	A produção das equipes mecânicas	376
9.	A segurança operacional	381
9.1.	Atendimento à segurança	383
9.2.	Sinalização de obras e emergências	383
9.2.1.	Funções da sinalização de obras e emergências	383
9.2.2.	Condições determinantes	384
9.2.3.	Características da sinalização vertical	386
9.2.4.	Características da sinalização horizontal	392
9.2.5.	Dispositivos de canalização e segurança	395
9.2.6.	Projetos-tipo	405
9.3.	Segurança operacional dos trabalhadores de implantação rodoviária	406
9.3.1.	Vestuário protetor	406

9.3.2. Trabalhos com materiais betuminosos.....	407
9.3.3. Construção e limpeza de taludes.....	408
9.3.4. Construção e limpeza de bueiros.....	409
9.3.5. Escavações de valas.....	410
9.3.6. Corte de árvores.....	410
9.3.7. Operações com equipamentos.....	412
9.3.8. Trabalhos com o emprego de inseticidas e herbicidas.....	414
9.3.9. Trabalhos nas proximidades de cabos de eletricidade.....	414
9.3.10. Trabalhos com o emprego de explosivos.....	416
9.3.11. Primeiros socorros.....	417
9.3.12. Advertências finais.....	423
10. Controle da qualidade.....	425
10.1. Considerações iniciais.....	427
10.2. A gestão da qualidade.....	428
10.2.1. As atribuições dos agentes participantes.....	428
10.2.2. A garantia e o controle da qualidade.....	430
10.2.3. O plano da qualidade.....	430
10.2.4. A avaliação da qualidade.....	432
10.2.5. Requisitos para o controle.....	433
10.2.5.1. Autocontrole.....	433
10.2.5.2. Controle externo.....	435
10.2.6. A efetividade da gestão da qualidade.....	435
10.2.6.1. Plano de verificação de efetividade de gestão da qualidade (PVEGQ).....	436
10.2.6.2. Determinação da efetividade da gestão da qualidade do empreendimento rodoviário.....	437
10.2.7. O desempenho da qualidade.....	437
10.3. O controle da execução das obras e a implementação prática do modelo da gestão da qualidade.....	438
10.3.1. Considerações gerais.....	438
10.3.2. Considerações específicas.....	438
10.3.2.1. Constituição do plano de garantia da qualidade (PGQ).....	438
10.3.2.2. Controle interno.....	440
10.3.2.3. Auditoria da qualidade interna (AQI).....	441
10.3.2.4. Controle externo.....	442

11. Medições e pagamentos	447
11.1. Considerações gerais.....	449
11.2. Abrangência das medições.....	449
11.3. Composição das medições	450
11.4. Modelos de impressos para elaboração das medições	450
11.4.1. Modelo A: Medição resumo	450
11.4.2. Modelo B: Classificação	451
11.4.3. Folhas de medição.....	451
11.5. Procedimento para elaboração das medições.....	452
11.5.1. Medições de serviços preliminares	452
11.5.2. Medição de serviços de terraplenagem	453
11.5.3. Medição dos serviços de obras-de-arte correntes	469
11.5.4. Medição de serviços complementares.....	470
12. Determinação do custo de execução de serviço de implantação.....	471
12.1. Estudos preliminares	473
12.2. Pesquisa de mercado	473
12.3. Os componentes do custo e o preço total	474
12.4. Custo unitário dos insumos	480
12.4.1. Custo da mão-de-obra	480
12.4.2. Custo dos materiais	482
12.4.3. Custo dos equipamentos.....	483
12.4.3.1. Custo de propriedade	483
12.4.3.2. Custo de manutenção	484
12.4.3.3. Custo de operação	484
12.4.4. Produção das equipes mecânicas	487
12.4.5. Custo dos transportes	487
12.4.5.1. Modalidade de transporte.....	487
12.4.5.2. Equações de transporte.....	488
12.5. Custos unitários de serviços.....	489
Anexo A – A metodologia de Brückner.....	493
A.1. Considerações iniciais.....	495
A.2. Cálculo das ordenadas de Brückner	495
A.3. O diagrama de Brückner	497
A.4. Considerações complementares.....	498

Anexo B – Memória de cálculo dos quantitativos dos serviços executados.....	505
B.1. Considerações gerais.....	507
B.2. As programações trimestrais.....	509
B.3. As medições dos serviços	512
B.4. Análise comparativa	513
B.5. Registro dos cálculos e dos resultados.....	518
B.5.1. Serviços preliminares – Norma DNIT 104/2009ES	518
B.5.2. Caminhos de serviço – Norma DNIT 105/2009-ES	519
B.5.3. Cortes – Norma DNIT 106/2009-ES	520
B.5.4. Empréstimos – Norma DNIT 107/2009-ES.....	521
B.5.5. Aterros – Norma DNIT 108/2009-ES	522
Anexo C – Serviços de conservação	523
C.1. Considerações iniciais	525
C.2. Correção de defeitos localizados.....	526
C.2.1. Relativamente à correção de ocorrências na plataforma	526
C.2.2. Relativamente à ocorrência de poeira em suspensão	527
C.3. Regularização da plataforma	528
C.4. Reconformação da plataforma de terraplenagem	529
C.5. Recomposição de aterros erodidos	532
C.6. Recuperação de maciços instáveis	534
C.6.1. Reconformação geométrica da superfície do talude a ser tratado, com alteração de sua declividade	534
C.6.2. Execução da regularização na superfície dos taludes a serem tratados sem alteração de sua declividade.....	540
C.7. Execução do revestimento primário	541
C.8. Reconformação e recomposição do revestimento primário da pista.....	546
C.8.1. Recomposição em faixas contínuas da pista.....	546
C.8.2. Execução de remendos isolados em revestimento primário	549
C.9. Manutenção dos dispositivos de drenagem e de obras-de-arte correntes	550
C.10. Processos indutores de instabilidade	560
C.10.1. Processos erosivos	560
C.10.2. Processos devidos à liquefação de solos superficiais	561
C.10.3. Processos de instabilidade propriamente ditos	561
Anexo D - Obras de estabilização de taludes.....	565

D.1. Contra a erosão	567
D.2. Contra os processos de liquefação de solos superficiais em encostas de grande desenvolvimento	567
D.3. Obras de estabilização propriamente ditas	568
D.3.1. Obras de estabilização sem elementos de contenção	568
D.3.2. Obras de estabilização com elementos de contenção	569
D.4. Recuperação de obras de contenção	573
Anexo E – Aterros sobre solos moles.....	575
E.1. Remoção do solo de má qualidade e substituição por material de melhores características	577
E.1.1. Considerações iniciais	577
E.1.2. Seleção dos equipamentos	578
E.1.3. Sequência executiva	578
E.2. Remoção do material instável por deslocamento	581
E.2.1. Deslocamento por sobrecarga	581
E.2.2. Deslocamento por explosivos	582
E.3. Outras soluções	584
E.3.1. Construção de drenos verticais de areia	584
E.3.2. Construção de estivas de madeira	586
E.3.3. Construção de bermas de equilíbrio	586
E.3.4. Utilização de geotêxteis	587
E.3.5. Utilização de “geogrades”	587
Anexo F – Procedimentos e ações ambientais na fase de obras	589
Referências bibliográficas.....	601
Índice	605